

**HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA DEL  
PROCESO DE CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN  
DIVERSIFICADOS, SEGÚN EL MODELO VALOR EN RIESGO**

**JAIME DANIEL ALVARADO AGUDELO  
DANIEL EDUARDO ARDILA PATIÑO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2006**

**HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA DEL  
PROCESO DE CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN  
DIVERSIFICADOS, SEGÚN EL MODELO VALOR EN RIESGO**

**JAIME DANIEL ALVARADO AGUDELO  
DANIEL EDUARDO ARDILA PATIÑO**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero de Sistemas**

**Director**

**LEONEL PARRA PINILLA  
Ingeniero de Sistemas**

**Codirector**

**LUISA JULIANA ALVARADO AGUDELO  
Administradora de Empresas  
UPTC  
Especialista en gerencia financiera  
Universidad Jorge Tadeo Lozano**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA**

**2006**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Jaime Daniel agradece a**

A Luis Jaime y Olga del Socorro, mis padres;  
Para ellos todo el mérito, para ellos todo el agradecimiento.

A Daniel Ardila, mi compañero de proyecto;  
por su talento indiscutible, su buen humor y su berraquera.

## **AGRADECIMIENTOS**

**Daniel Eduardo agradece a**

A mis padres Luis Eduardo Ardila y Elsa Yanira Patiño por apoyarme a lo largo de mi vida y dedicarme el tiempo necesario para mi formación integral.

A mi compañero de proyecto por su dedicación y esfuerzo para poder sacar este proyecto adelante.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>4</b>
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.1 OBJETIVO GENERAL .....	4
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.1.2.1 Objetivos específicos del producto final como software.....	4
1.1.2.2 Objetivos específicos del producto final como herramienta educativa .....	7
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	7
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
2.1 PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN Y MEDICIÓN DEL RIESGO .....	9
2.1.1 LA TEORÍA MODERNA DE CARTERA DE VALORES DE HARRY MAX MARKOWITZ.....	9
2.1.2 MODELOS DE MEDICIÓN DEL RIESGO .....	12
2.1.2.1 Modelo De Simulación Histórica.....	16
2.1.2.2 Modelo de Simulación de Monte Carlo.....	16
2.1.2.3 MODELO DE PORTAFOLIO O DE VARIANZA COVARIANZA .....	17
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO VaR.....	23
2.1.4 ESQUEMA CONCEPTUAL.....	24
2.1.4.1 RIESGO.....	25
2.1.4.2 DURACIÓN O SENSIBILIDAD.....	27
2.1.4.3 VARIACIONES MÁXIMAS PROBABLES Y LAS VOLATILIDADES REALES PARA LOS FACTORES DE RIESGOS.....	28
2.1.4.4 DEUDA PÚBLICA.....	29
2.1.5 MODELOS FINANCIEROS Y ECONÓMICOS.....	31
2.1.5.1 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN Y LA SENSIBILIDAD DE UN TÍTULO VALOR.....	31
2.1.5.2 MODELO ESTÁNDAR PARA MEDICIÓN DE RIESGO DE MERCADO .....	35
2.2 INGENIERÍA DEL SOFTWARE.....	41
2.2.1 MODELOS DE CICLO DE VIDA DEL SOFTWARE.....	42
2.2.1.1 MODELO LINEAL SECUENCIAL.....	43
2.2.1.2 MODELO DE CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS.....	44
2.2.1.3 MODELO DRA (DESARROLLO RÁPIDO DE APLICACIONES).....	45
2.2.1.4 MODELO INCREMENTAL.....	46
2.2.1.5 MODELO ESPIRAL.....	47
2.2.1.6 MODELO DE DESARROLLO BASADO EN COMPONENTES.....	48
2.2.1.7 PROGRAMACIÓN EXTREMA.....	50
2.2.2 MATERIALES EDUCATIVOS COMPUTARIZADOS.....	51
2.3 ALGORITMOS GENÉTICOS Y COMPUTACIÓN EVOLUTIVA .....	53
2.3.1 INTRODUCCIÓN.....	53
2.3.2 ¿QUÉ ES UN ALGORITMO GENÉTICO?.....	54
2.3.3 MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN.....	56
2.3.4 MÉTODOS DE SELECCIÓN .....	58
2.3.5 MÉTODOS DE CAMBIO.....	60
2.3.6 VENTAJAS DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS.....	61
<b>3. ANÁLISIS.....</b>	<b>68</b>
3.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS .....	68
<b>4. DISEÑO.....</b>	<b>70</b>

4.1	ALCANCE DEL PROYECTO .....	70
4.1.1	MÓDULOS DEL SISTEMA .....	71
4.2	ESQUEMA DE ACCESO A DATOS .....	72
4.3	DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS DEL SISTEMA.....	73
4.3.1	USOS DEL SISTEMA POR PARTE DEL PROFESOR.....	73
4.3.2	USOS DEL SISTEMA POR PARTE DEL ESTUDIANTE .....	75
4.4	CONDICIONES DE USO ESPERADAS PARA EL SISTEMA .....	76
4.4.1	CONDICIONES FÍSICAS.....	76
4.4.2	CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN.....	76
4.5	ESQUEMA DE AUTENTICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS.....	77
4.6	HERRAMIENTAS SELECCIONADAS PARA EL DESARROLLO .....	77
<b>5.</b>	<b>DESARROLLO .....</b>	<b>78</b>
5.1	HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE APOYO .....	78
5.2	DESARROLLO DE HERRAMIENTA SOFTWARE .....	78
5.2.1	Interfaz de Ingreso .....	79
5.2.2	Módulo Principal.....	80
5.2.3	Módulo de Conceptos.....	82
5.2.4	Módulo de Simulaciones.....	84
5.2.5	Módulo de Administración .....	89
5.2.5.1	Administración de Títulos.....	90
5.2.5.2	Administración de Matrices.....	91
5.2.5.3	Administración de Modelos.....	92
5.2.5.4	Administración del Glosario.....	93
5.2.5.5	Recuperación de Datos Eliminados.....	93
5.2.6	Módulos de Resultados.....	94
<b>6.</b>	<b>PRUEBAS.....</b>	<b>96</b>
6.1	PRUEBAS DE DATOS FALTANTES.....	96
6.2	PRUEBA DE VALORES INVALIDADOS.....	96
6.3	PRUEBA DE RANGO.....	96
6.4	PRUEBAS DE CARGA Y RENDIMIENTO.....	97
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA SIGUIENTE VERSIÓN.....</b>	<b>98</b>
7.1	CONCLUSIONES.....	98
7.2	RECOMENDACIONES PARA LA SIGUIENTE VERSIÓN .....	100
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>101</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>102</b>

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pag</b>
<b>Cuadro 1.</b> Flujos de un título	33
<b>Cuadro 2.</b> Variaciones máximas probables y volatilidades	36
<b>Cuadro 3.</b> Matriz de correlaciones	37
<b>Cuadro 4.</b> Materiales educativos computarizados	51
<b>Cuadro 5.</b> Módulos diseñados para VPI	71

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 2.1.</b> Modelos de valor en Riesgo.	15
<b>Figura 2.2.</b> Modelo lineal secuencial	43
<b>Figura 2.3.</b> Modelo de construcción de prototipos	44
<b>Figura 2.4.</b> Modelo DRA	45
<b>Figura 2.5.</b> Modelo Incremental.	46
<b>Figura 2.6.</b> Modelo en espiral.	47
<b>Figura 2.7.</b> Desarrollo basado en componentes.	49
<b>Figura 2.8.</b> Modelo de proyecto XP	50
<b>Figura 2.9.</b> Árboles de programación	56
<b>Figura 2.10.</b> Cruzamiento y mutación	60
<b>Figura 4.1.</b> Casos de uso para el profesor	73
<b>Figura 4.2.</b> Casos de uso para el estudiante	74
<b>Figura 5.1.</b> Ingreso a VPI.	78
<b>Figura 5.2.</b> Registro del usuario.	79
<b>Figura 5.3.</b> Interfaz Principal (Profesor).	80
<b>Figura 5.4.</b> Interfaz Principal (Estudiante).	80
<b>Figura 5.5.</b> Conceptos Básicos	82
<b>Figura 5.6.</b> Glosario.	82
<b>Figura 5.7.</b> Simulación de Títulos Valor.	83
<b>Figura 5.8.</b> Cargar simulación de Portafolios.	84
<b>Figura 5.9.</b> Simulación de Portafolios.	85
<b>Figura 5.10.</b> Resultados de la Simulación	87
<b>Figura 5.11.</b> Ver Portafolios.	87
<b>Figura 5.12.</b> Reporte del Usuario	88
<b>Figura 5.13.</b> Administración de Títulos.	89
<b>Figura 5.14.</b> Administrar Matrices.	90
<b>Figura 5.15.</b> Administrar Modelos.	91
<b>Figura 5.16.</b> Administración del Glosario	92
<b>Figura 5.17.</b> Recuperación de Archivos	93
<b>Figura 5.18.</b> Módulo de Cursos	94
<b>Figura 5.19.</b> Reporte de Curso.	94

**LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<b>A.</b> Evolución del almacenamiento de información de vpi	103
<b>B.</b> Propuesta de diseño de software formulada por la codirectora del proyecto en su tesis de especialización.	110

## RESUMEN

### TITULO:

HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA DEL PROCESO DE CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN DIVERSIFICADOS, SEGÚN EL MODELO VALOR EN RIESGO\*

### AUTORES: \*\*

ALVARADO AGUDELO, Jaime Daniel  
ARDILA PATIÑO, Daniel Eduardo

### PALABRAS CLAVES:

Software, portafolios de inversión, valor en riesgo, algoritmos genéticos, CDT, TES, bonos.

### DESCRIPCIÓN:

El desarrollo de herramientas informáticas pedagógicas, que apoyen la formación financiera de los estudiantes de las ciencias administrativas y gerenciales, resulta de gran pertinencia al advertir la complejidad matemática y procedimental que han alcanzado los modelos usados para labores tan primordiales como la medición del riesgo de un portafolio de inversión. Es a partir de este problema que surge el presente proyecto, sintetizado en una herramienta software llamada VPI: *valorando portafolios de inversión*.

VPI ofrece apoyo para quienes estudian el tema de la medición del riesgo de un portafolio de inversión diversificado.

Dicho Apoyo consiste en un esquema completo que parte de los conceptos básicos de la materia para llegar al núcleo del sistema que recurre a simulaciones para que estudiantes y profesores, en la práctica, puedan avanzar con firmeza y profundidad en su estudio del tema en cuestión. En esta primera versión de VPI, se han considerado los instrumentos de renta fija: CDT's, TES tasa fija y Bonos.

---

\* Trabajo de Grado modalidad investigación.

\*\* Facultad de Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Leonel Parra Pinilla.

## ABSTRACT

### TITLE:

SOFTWARE TOOL FOR THE LEARNING AND TEACHING OF THE DIVERSIFIED PORTFOLIO CONFORMATION PROCESS, ACCORDING TO THE VALUE AT RISK MODEL.\*

### AUTHORS: \*\*

ALVARADO AGUDELO, Jaime Daniel  
ARDILA PATIÑO, Daniel Eduardo

### KEYWORDS:

Software, investment portfolios, value at risk, genetic algorithms, CDT, TES, bonds.

### DESCRIPTION:

The development of pedagogical computer science tools, that support the financial formation of students from administrative and management sciences, has great pertinence when warning the mathematical and procedural complexity that has been reached by the models used to perform fundamental procedures such as the measurement of an investment portfolio's risk. It is from this problem that this project arises, synthesized in a software tool called VPI: valuing investment portfolios (in Spanish: valorando portafolios de inversion).

VPI offers support for those who study how to measure the risk of a diversified investment portfolio.

This support consists of a complete scheme that starts from the basic concepts on this matter in order to get to the core of the system that uses simulations so that students and professors, actually, can advance steadily and deeply in their study of this discussed matter. In this first version of VPI, the following fixed income instruments have been considered: CDT's (CD's), fixed income TES (Colombian government securities) and Bonds.

---

\* Graduate Homework

\*\* Facultad de Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Leonel Parra Pinilla.

## INTRODUCCIÓN

Existen incontables situaciones que podríamos llamar *de difícil práctica*. Se hace referencia aquí a aquellas labores donde sólo la vida real brinda un escenario adecuado para sembrar teoría y cultivarla con la siempre necesaria práctica. Cada una de estas cuestiones *de difícil práctica* es ciertamente un lugar de trabajo ideal para la ingeniería del software.

Le tecnología ha creado una nueva dimensión en la que es posible crear alternativas aceptables para el mundo real. Aunque esto tiene el sabor de la más tecnócrata proclama, no es tal cosa. No se ha creado una nueva realidad; por el contrario, se ha quitado una capa del velo que la mantiene en misterio y ha nacido la era en la que el hombre además de ser en la realidad, es capaz de jugar en la ella.

Así como los simuladores de vuelo nos dan la oportunidad de que un piloto se capacite mientras estrellaba un avión repleto de pasajeros contra el suelo sin que nadie muera realmente, el mundo de las finanzas requiere de ambientes en los que los gerentes, tesoreros o administradores puedan aprender a invertir sin quebrar sus empresas en el intento. Este proyecto tiene como objetivo general construir un ambiente de ese tipo para apoyar el aprendizaje de un campo de las finanzas que está delimitado así: medición del riesgo de un portafolio de inversión compuesto por CDT's, TES tasa fija y Bonos según la metodología Value at Risk VaR.

El fruto de este proyecto de grado lleva por nombre VPI: *valorando portafolios de inversión*. Se trata de una herramienta software enfocada al apoyo de cualquier

asignatura académica en la cual se estudie el tema en cuestión; se recalca el hecho de que VPI no pretende enseñar, sino apoyar la enseñanza y el aprendizaje.

La historia de VPI se remonta a la maestría en gerencia financiera de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. La codirectora de este proyecto, especialista Luisa Juliana Alvarado adelantó sus estudios del mencionado programa en la ciudad de Duitama; su proyecto de grado consistió en una propuesta para la realización de una herramienta software de la naturaleza de VPI. En dicho proyecto se establecieron las características generales que VPI debía cumplir, y se recopiló la teoría que serviría como sustento del desarrollo para dos estudiantes de ingeniería de sistemas sin conocimientos previos de la materia. En síntesis, el proyecto de grado de nuestra codirectora consistió en la materia prima que permitiría a ingenieros de sistemas cumplir con los deseos de un especialista en gerencia financiera sin tener que convertirse ellos mismos en especialistas en el tema, lo cual por supuesto no es un objetivo del presente proyecto.

La estructura de VPI es modular. En uno de estos módulos, se cubren los conceptos básicos de la materia a manera de información disponible para consulta, que junto al extenso y administrable glosario dan un soporte teórico de índole general.

En otro módulo se realiza simulación de títulos valor a fin de permitir al estudiante una primera interacción en la que podrá observar mediante simulaciones realizadas por él o mediante ejemplos predefinidos, la dinámica de un título valor y las relaciones entre las características que lo componen.

Entre los módulos orientados al estudiante, se llega al módulo hacia el cual todos los demás confluyen: el de simulación de portafolios. En éste el estudiante tomará decisiones frente a un modelo pre construido y podrá comparar su rendimiento gracias a un algoritmo genético que encuentra una solución muy cercana a la

óptima para el modelo en cuestión y entrega datos comparativos entre la solución construida por el estudiante y la mencionada solución lograda por VPI.

Junto con toda una estructura de módulos que permiten administrar el funcionamiento del sistema y obtener consolidaciones del desempeño de un grupo de estudiantes, VPI constituye la primera versión de una herramienta que tiene potencial para convertirse en un apoyo relevante de quienes tienen por misión instruir a los estudiantes que recién ingresan al complejo mundo de las ciencias financieras.

Ahora que se ha introducido al lector al *por qué* y al *qué* de este proyecto, se ofrece una invitación a explorar los capítulos de este libro que describen detalladamente los aspectos que han rodeado el desarrollo de nuestro proyecto desde un enfoque de ingeniería de sistemas en el cual se expondrá la forma en que fue diseñado y desarrollado.

## **1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1 OBJETIVOS**

#### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un software pedagógico para apoyar el aprendizaje en el campo de la valoración de portafolios de inversión, interactuando con el usuario en el proceso de la cuantificación del Valor en Riesgo de un portafolio conformado por cuatro tipos de papeles (Bonos en dólares, Bonos ordinarios, TES Tasa Fija y Bonos Yankees).

#### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

##### **1.1.2.1 Objetivos específicos del producto final como software**

Desarrollar un sistema software de tipo modular, de acuerdo a las siguientes características:

- Módulo introductorio en el cual se presentarán al usuario de forma dinámica, concreta y ágil, los conceptos básicos que atañen al tema de la valoración del riesgo de portafolios de inversión. Los conceptos mínimos a abarcar en dicho módulo son:
  - Esquema de la estructura del Sistema Financiero Colombiano.
  - Portafolio de Inversión.
  - Portafolio de Inversión diversificado.
  - Títulos que se emplearán. (CDT, TES, BONOS)
  - Título Valor.
  - Títulos de Renta Fija.
  - Riesgo.

- Volatilidad
  - Instrumentos para medir el riesgo (varianza, covarianza, desviación estándar, coeficiente de correlación)
  - Clases de Riesgo.
  - Factores de Riesgo.
  - Duración.
  - Sensibilidad.
  - Matriz Transpuesta.
  - Matriz de correlaciones.
  - Marco Legal General.
  - Fuentes de información para la medición del riesgo.
- 
- Módulo de profundización en el concepto de *Título Valor* en el cual, por medio de simulaciones y ejemplos interactivos, el usuario adquirirá habilidades y conocimientos orientados a la toma de decisiones fundamentales: comprar, vender o mantener un *Título Valor* siguiendo el paradigma de formación en la práctica. Los conceptos mínimos que se deberán incluir en este módulo son:
    - Nombre del Título.
    - Emisor.
    - Tasa Nominal de compra.
    - Tasa Efectiva Anual.
    - Tasa portafolio.
    - Tasa del Mercado.
    - Fecha de emisión.
    - Fecha de compra.
    - Fecha de valoración.
    - Fecha de vencimiento.
    - Tiempo al vencimiento.
    - Valor Nominal.

- Plazos de pago.
  - Factores de Riesgo.
- 
- Módulo de modelos prácticos en el cual el usuario, una vez obtenidos los conocimientos básicos, comenzará un ciclo de aprendizaje basado en la experiencia mediante escenarios de simulación. Dicha simulación se basará en casos de estudio bien sea prediseñados al interior del software, o creados por un usuario haciendo uso de herramientas para dicho propósito que deberán hacer parte del sistema software. Este módulo contará con todas las herramientas necesarias para administrar la información que se genera al usarlo, de modo tal que el mismo módulo sea una fuente de realimentación para la experiencia del usuario [permitiendo] existir la posibilidad de almacenar nuevos modelos creados por el usuario, y de exportarlos de modo tal que puedan ser usados por otros usuarios en otros equipos.
  
  - Módulo de apoyo al orientador, compuesto por herramientas para permitir a un usuario que cumple con el rol orientador de un grupo de usuarios, el desarrollo de los siguientes procesos y actividades:
    - Conocer detalles de la experiencia de cada uno de sus usuarios; las actividades que ellos han realizado, el tiempo que les ha tomado y la forma en que se han desempeñado en el caso de las simulaciones.
    - Coordinar actividades grupales en las que su grupo de usuarios experimente colectivamente, en tiempo real, de acuerdo a un plan trazado por el orientador. El orientador debe poder definir modelos para que los usuarios de su grupo trabajen con ellos de manera individual, pero rigiéndose por parámetros dictaminados desde el sistema del orientador.

- Evaluar el progreso de cada uno de los usuarios, con la posibilidad de comparar los indicadores individuales con respecto a los demás individuos o con respecto a un desempeño esperado previamente definido.

### **1.1.2.2 Objetivos específicos del producto final como herramienta educativa**

Desarrollar un sistema software que apoye los procesos de aprendizaje del proceso de valoración de riesgo de portafolios de inversión, con esquemas de trabajo específicos diseñados para los siguientes escenarios:

- Un profesor u orientador que tiene a cargo un grupo de estudiantes a quienes necesita:
  - Introducir al tema en cuestión.
  - Consolidar conceptos previamente estudiados llevándolos a la práctica.
  - Evaluar sus conocimientos y habilidades en la materia.
- Cualquier persona que por iniciativa o necesidad personal requiere desarrollar o potenciar habilidades en la materia que es objeto de este proyecto; especialmente las personas que ocupan cargos de gerencia financiera en alguna organización, quienes necesitan desarrollar y potenciar habilidades en cuanto a la toma de decisiones para la inversión de capitales libres.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de herramientas informáticas pedagógicas, que apoyen la formación financiera de los estudiantes de las ciencias administrativas y gerenciales, resulta de gran pertinencia al advertir la complejidad matemática y procedimental que han

alcanzado los modelos usados para labores tan primordiales como la que atañe a este proyecto: la medición del riesgo de un portafolio de inversión.

En la actualidad, los únicos sistemas educativos informáticos de calidad disponibles en Colombia, orientados al problema abordado en este proyecto, están hechos en inglés y se orientan hacia la economía de Estados Unidos; esto constituye un claro problema que demanda una solución urgente.

Este proyecto constituye un aporte al avance, por un lado, del área administrativa gerencial, y por otro, de la ingeniería del software educativo. Esta última área necesita, para desarrollarse, de la incursión de sus practicantes en campos diversos, para adquirir experiencias que estimulen la fuerza de la ingeniería de sistemas como poder de progreso en una sociedad en la cual el conocimiento se presenta como piedra angular de un desarrollo profundo.

Desde el campo administrativo gerencial, este proyecto apoyará la formación de profesionales capaces de tomar decisiones acertadas en cuanto se enfrenten a la necesidad de decidir en dónde invertir excesos de liquidez (tanto recursos personales como empresariales), logrando la conformación de portafolios diversificados que minimicen el riesgo y maximicen la rentabilidad, mediante el estudio de casos reales.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN Y MEDICIÓN DEL RIESGO**

#### **2.1.1 LA TEORÍA MODERNA DE CARTERA DE VALORES DE HARRY MAX MARKOWITZ**

Este economista estadounidense nace en 1927, Es premio Nóbel de Ciencias Económicas en 1990 (compartido con Merton H. Miller y William F. Sharpe) por sus trabajos en el campo de la teoría de la economía financiera.

Su contribución básica es la “teoría de la elección de cartera”. Planteó un modelo para la elección de una cartera de valores en condiciones de incertidumbre. El riesgo no depende sólo del riesgo aislado de cada valor, sino de la aportación de cada uno al total. Como los ingresos también se encuentran correlacionados, no es posible eliminar el riesgo por grande que sea la cartera.

Ha trabajado, sobre todo, en el tema de la asignación de los recursos disponibles para constituir una cartera de valores mobiliarios entre los diferentes activos financieros disponibles. Lo que usualmente se llama el modelo de Markowitz es una tecnología, un algoritmo, que permite solucionar el problema de como repartir dichos recursos entre los diferentes títulos, valores mobiliarios o activos financieros de tal modo que la cartera resultante sea la mejor entre las posibles.

Markowitz, está considerado como uno de los padres fundadores de la moderna economía financiera, Nueva Economía Financiera, debido a sus trabajos pioneros sobre la elección de carteras.

Los cambios de los mercados mundiales no son idénticos. Al mezclar clases de activos con baja correlación a cada uno en la proporción apropiada, el riesgo puede ser disminuido al nivel de la cartera. La estrategia de asignación de inversiones a nivel mundial junto con la teoría moderna de cartera de valores ofrecen a los inversionistas la mejor oportunidad de realizar la tasa de rendimiento del mercado con un riesgo mínimo. Es más, siguiendo esta teoría, la bolsa de valores puede llegar a ser eficiente, y la técnica de invertir pasivamente provee el costo mas bajo, disminuye el riesgo, y aumentando al máximo la probabilidad del éxito de la cartera en la mayoría de las clases de activos.

Investigaciones sobre finanzas demuestran que el mayor determinante de la ejecución de sus inversiones es la asignación de activos: en que mercados invertir, en que segmentos del mercado, y en que proporción. Una asignación de activos apropiada para las necesidades de los inversores les dará la tasa de rendimiento más favorable para el nivel de riesgo que hayan elegido. De acuerdo con Markowitz, se reduce el riesgo a medida que aumenta la diversificación, es decir cuantas más acciones distintas posea el portafolio.

De esta forma, se estaría bastante cerca de la diversificación óptima cuando se conforma una cartera con no menos de doce acciones. A partir de allí, la diferencia entre poseer doce acciones o cien no modifica sustancialmente el nivel de riesgo.

Sin embargo, existen otros aspectos a tener en cuenta para alcanzar una diversificación exitosa:

- El portafolio no debe estar integrado solamente por acciones, sino también por otros activos tales como efectivo, bonos, fondos mutuos, y hasta derivados.

- No sólo son buenas las acciones líderes. En realidad es mejor poseer acciones con distintos retornos esperados, para que las ganancias de unas neutralicen las pérdidas de las otras.

- Las acciones a poseer deben abarcar distintos sectores industriales, para poder reducir el riesgo no sistemático inherente al sector.

- 5 El riesgo sistemático, que representa el de todo el mercado y no sólo de una compañía o sector, no puede ser minimizado con la diversificación, y de ahí que el riesgo total nunca pueda ser eliminado completamente. Eso quiere decir que un portafolio óptimamente diversificado puede llegar a tener que enfrentar pérdidas.

Por otra parte, el nivel de tolerancia al riesgo depende de cada inversor. Este nivel es dinámico, llegando a variar incluso durante la vida de cada uno. A medida que uno envejece, la tolerancia al riesgo disminuye, por lo que la diversificación también debe ser dinámica.

Los principios básicos de la selección de las carteras se reducen en una declaración lógica a que los inversores preferirán aumentar la rentabilidad esperada por sus carteras y reducir el riesgo, o sea, la desviación típica de la rentabilidad. A las carteras que proporcionan la mayor rentabilidad esperada para una desviación típica dada, se las denomina carteras eficientes. Para determinar qué carteras son eficientes, un inversor debe ser capaz de expresar la rentabilidad esperada y la desviación típica de cada acción y el grado de correlación para cada par de valores.

En conclusión, diversificar el portafolio es una condición necesaria para reducir el riesgo de pérdidas en una inversión, pero no es suficiente para asegurar una

buena rentabilidad. La clave para proteger y hacer crecer simultáneamente el patrimonio está en elaborar una estrategia que combine una ganancia interesante con un riesgo aceptable.

Una de las principales decisiones que debe tomar un inversor antes de decidir a dónde colocar sus ahorros, es qué proporción de riesgo y rentabilidad está dispuesto a asumir.

La teoría económica ha demostrado que estos dos componentes esenciales de toda inversión están directamente relacionados: a mayor rentabilidad esperada, mayor nivel de incertidumbre(o riesgo de pérdida).

Los especialistas coinciden en que la diversificación no es un seguro contra todo riesgo, aunque, sí resulta eficaz para ayudar a alcanzar los objetivos de inversión de largo plazo, minimizando al mismo tiempo su riesgo. Sin embargo, no hay que olvidarse que este riesgo nunca puede ser eliminado del todo.

El riesgo de una cartera bien diversificada, depende del riesgo de mercado de los activos incluidos en ella. Es importante en este sentido proteger los activos con una disciplina y criterio estable a través del tiempo.

No hay expertos que acierten siempre; el futuro de las inversiones en su corto plazo es inexplicable y es importante establecer una estrategia adecuada, diversificando activos en aquellas proporciones adecuadas para el nivel de riesgo deseado.

### **2.1.2 MODELOS DE MEDICIÓN DEL RIESGO**

El riesgo de capital, y concretamente el VaR se define como la pérdida máxima que una institución financiera podría observar por una determinada posición o

cartera de inversión, en la caso de presentarse un cambio en los factores de riesgo, durante un horizonte de inversión definido y con un nivel de confianza establecido. “El punto de partida para llegar al VaR en la llamada posición de la cartera: es decir, el valor a precios de mercado, bajo la hipótesis de que los precios siguen algún tipo de ley aleatoria, el precio de mercado de la cartera en una fecha futura es también una variable aleatoria”<sup>1</sup>.

De acuerdo con esta definición, la estimación del VaR involucra cuatro elementos que deben definirse de manera precisa si el objetivo es realizar estimaciones confiables:

- **Grado de sensibilidad del valor de la cartera de inversión :**

Partiendo de una base de datos real con los precios de una muestra de activos financieros, se conforma un portafolio de dos activos y se mide su nivel de exposición al riesgo, aplicando variación en algunos factores de riesgo.; sin embargo, la relación entre el cambio en los factores de riesgo y el cambio en el valor del portafolio puede tomar diferentes formas, como son:

- a. Relación lineal. La respuesta porcentual de una cartera es equivalente al cambio porcentual en los factores de riesgo.
- b. Relación convexa. En este caso la respuesta del valor de la cartera ante cambios en los factores de riesgo, aunque siguen una tendencia, esta no es lineal.

---

<sup>1</sup> VILARIÑO SANZ, Angel. Turbulencias financieras y riesgos de mercado. 1ª. Ed. España : Prentice Hall. 2001. p. 189

- c. Relación irregular. Se pueden observar relaciones no lineales entre los cambios del valor de la cartera y los cambios en los factores de riesgo, sobre todo cuando la cartera incluye títulos opcionales.

La elección del modelo VaR apropiado dependerá del tipo de relación que hay entre los cambios en los factores de riesgo de los instrumentos que conforman la cartera de inversión y el cambio en el valor del portafolio.

- **Forma de la distribución de probabilidad:**

En la práctica, la mayoría de los modelos que se utilizan para estimar el riesgo del capital suponen que las distribuciones son normales o lognormales (es decir, con la forma de una campana), ya que con solo dos parámetros – media y desviación estándar – es posible replicar la información contenida en toda la distribución.

- **Horizonte de inversión:**

Según los estudiosos en la materia se deben tomar períodos bastante significativos como para sacar estimaciones que reflejen realidades, de forma tal que una muestra muy pequeña puede arrojar información sesgada. Para determinar el horizonte de inversión se deberían tener en cuenta los siguientes factores:

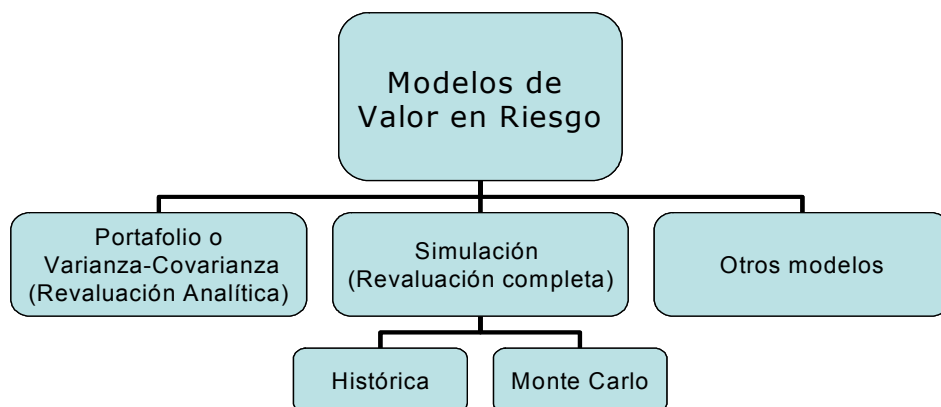
- a. Liquidez y tamaño de la posición.
- b. Propósito de la posición de riesgo.
- c. Desarrollo de los mercados.
- d. Factores de Riesgo:
- e. Supuestos del modelo.

Inicialmente se debe definir con qué modelo se va a iniciar, para que a partir de el, determinar si va a ser más relevante la desviación estándar, la varianza, el coeficiente de correlación, el nivel de confianza, el beta.

Como se puede observar, son diversos los elementos que influyen en la determinación óptima del horizonte de inversión. A pesar de ello, y para efectos de determinar los requerimientos de capital, por concepto de riesgo de mercado el Comité de Basilea definió un horizonte de inversión de dos semanas (10 días hábiles)<sup>2</sup> para su evaluación.

- **Nivel de confianza.**

Supone que las pérdidas esperadas se pueden modelar utilizando la metodología, limitándolas de manera discrecional con aproximaciones que oscilan entre el 95 y 99.9 por ciento, como lo estima el acuerdo de Basilea. Implica determinar de un número de resultados probables de pérdidas o ganancias, en cuantos de ellos un intermediario requiere que la estimación de las pérdidas máximas (VaR) sea inferior a las que realmente podría observarse. En un marco de regulación prudencial, determinar el nivel de confianza debe ser una decisión interna de las instituciones financieras.



<sup>2</sup> Comité de Basilea (1996)

## **Figura 2.+1. Modelos de valor en Riesgo**

### **2.1.2.1 Modelo De Simulación Histórica**

Consiste en generar escenarios de los factores de riesgo (tasa de interés, tipo de cambio, precio de las acciones, etc.) a partir de la información observada en un determinado número de días.

### **2.1.2.2 Modelo de Simulación de Monte Carlo**

Los métodos de Monte Carlo utilizan secuencias de números pseudo aleatorios, que se obtienen mediante una fórmula. Estos números imitan el comportamiento de determinadas variables aleatorias. La definición de lo que se entiende por una secuencia de números aleatorios no es sencilla, por lo que se suelen utilizar definiciones prácticas basadas en el cumplimiento de determinadas propiedades típicas de una variable aleatoria que se contrastan mediante determinados tests.

La estructura de las aplicaciones financieras de los métodos de Monte Carlo es relativamente sencilla. Mediante la generación de las variables aleatorias adecuadas a cada problema, se obtienen numéricamente las sendas temporales de los precios de los activos. Repitiendo muchas veces este proceso se dispone de la información muestral que permite estimar el estadístico deseado<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> VILARIÑO SANZ, Angel. Turbulencias financieras y riesgos de mercado.1ª.Ed. España : Prentice Hall. 2001. p.242

### 2.1.2.3 MODELO DE PORTAFOLIO O DE VARIANZA COVARIANZA

El modelo analítico, de portafolio o de varianza-covarianza parte de la teoría del portafolio de Markowitz<sup>4</sup>, quien demostró que para estructurar un portafolio de inversión, solo se necesita conocer el valor esperado y la desviación estándar de los rendimientos del portafolio, donde dichos parámetros, en el contexto de un portafolio, tienen las siguientes características.

- a. El rendimiento del portafolio es igual al rendimiento promedio ponderado de cada uno de los activos que integran la cartera de inversión.
- b. Sin embargo, el riesgo (desviación estándar) del portafolio no es equivalente a la desviación estándar ponderada de cada activo.

Otros resultados que Markowitz encuentra y que se deben tener en cuenta especialmente cuando se estime el VaR de un portafolio de inversión son:

- a. El riesgo de un portafolio de inversión tiene dos componentes: riesgo sistemático o no diversificable y riesgo diversificable.
- b. Se debe conocer toda la matriz de varianza-covarianza del portafolio; para encontrar una solución, esta matriz debe ser definida positiva, lo que requiere que el número de observaciones sea mayor al número de activos.

De acuerdo con este modelo, si una cartera de inversión se conforma con 2 activos, X e Y, cuyos factores de riesgo son  $FR_X$  y  $FR_Y$  y la relación entre el cambio en el valor del portafolio (V) y el cambio en los factores de riesgo es lineal, el cambio en el valor de la cartera se define como:

---

<sup>4</sup> Markowitz (1959)

$$\Delta V = \frac{\partial V}{\partial FR_x} \Delta FR_x + \frac{\partial V}{\partial FR_y} \Delta FR_y$$

Si se supone que los precios cambian diariamente, la dispersión de las variaciones del valor del portafolio en relación con su valor inicial se pueden estimar a través de la varianza de los cambios en el valor del portafolio.

$$GeR = \sqrt{\text{varianza}(\Delta V)} = \sqrt{\text{varianza} \left[ \frac{\partial V}{\partial FR_x} \Delta FR_x + \frac{\partial V}{\partial FR_y} \Delta FR_y \right]} = \sqrt{\delta \Omega \delta'}$$

Donde  $\delta$  es la matriz de varianza covarianza y  $\delta'$  es el vector de sensibilidades o ponderaciones de las posiciones (el supraíndice representa la transpuesta del vector fila), es decir:

$$\delta = \begin{bmatrix} \frac{\partial V}{\partial FR_x} & \frac{\partial V}{\partial FR_y} \end{bmatrix}; \delta' = \begin{bmatrix} \frac{\partial V}{\partial FR_x} \\ \frac{\partial V}{\partial FR_y} \end{bmatrix}; \Omega = \begin{bmatrix} \sigma_{FR_x}^2 & \sigma_{FR_x FR_y} \\ \sigma_{FR_x FR_y} & \sigma_{FR_y}^2 \end{bmatrix}$$

Para estimar el VaR, es decir, las pérdidas esperadas, dado un nivel de confianza definido y un horizonte de inversión deseado, las GeR se multiplican por la raíz cuadrada del tiempo, y por el parámetro  $\Phi$ , que dado el supuesto de normalidad permite alcanzar dicho nivel de confianza.

$$VaR = \Phi * \sqrt{\delta \Omega \delta'} * \sqrt{T}$$

La versión de los modelos de portafolio de mayor difusión es la de RiskMetrics que desarrolló JP Morgan, de acuerdo con este modelo el VaR se calcula como:

$$VaR = \Phi * \sigma_P * \sqrt{T}$$

Donde esta ecuación es similar a la anterior, con la excepción de que la desviación estándar del portafolio ( $\sigma_P$ ) se calcula a partir de la información de las posiciones del portafolio ( $\omega$ ) y de la matriz varianza covarianza ( $\Omega$ ) de los rendimientos de los factores de riesgo, es decir<sup>5</sup>

$$VaR = \Phi * \sqrt{\begin{bmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \dots & \omega_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \dots & \sigma_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \vdots \\ \omega_n \end{bmatrix}} * \sqrt{T}$$

O bien en términos de volatilidades y correlaciones:

$$VaR = \Phi * \sqrt{\begin{bmatrix} \omega_1 * \sigma_1 & \omega_2 * \sigma_2 & \dots & \omega_n * \sigma_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \dots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \dots & \rho_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \dots & \rho_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 * \sigma_1 \\ \omega_2 * \sigma_2 \\ \vdots \\ \omega_n * \sigma_n \end{bmatrix}} * \sqrt{T}$$

<sup>5</sup> El modelo de RiskMetrics supone que los rendimientos condicionales se distribuyen normalmente con media cero y varianza unitaria. Donde la varianza del portafolio se estima con base en un modelo de promedios móviles ponderados exponencialmente.

Donde:

$\rho$  = Coeficiente de correlación.

$\sigma$  = Desviación estándar

$\sigma_{ij} = \rho_{ij} * \sigma_i * \sigma_j$  = Covarianzas

$\sigma_{ij} = \sigma_j^2$  = Varianzas

**Ventajas del modelo:**

- a. Es un modelo que se basa en la teoría del portafolio, es decir, es un modelo transparente que permite a los usuarios entender y evaluar las medidas de riesgo.
- b. La normalidad y la independencia serial permite una aproximación prudente del uso de los datos, ya que con solo dos parámetros, la media y la desviación estándar se puede construir la distribución de probabilidad de los cambios en el valor del portafolio.

- c. Es posible realizar análisis de sensibilidad al suponer diferentes valores de la matriz de varianza covarianza.
  
- d. A pesar de que el modelo no captura los eventos extremos, la estimación sistemática del VaR permite realizar un análisis de riesgo-rendimiento y una asignación del capital bajo indicadores de rendimiento ajustados por el riesgo.
  
- e. Se destaca que una de las deficiencias del modelo es que no toma en cuenta los eventos extremos; sin embargo, debe mencionarse que cuando esos eventos se presentan, los supuestos de liquidez y de amplitud en los mercados se invalidan, lo que puede traducirse en estimaciones de riesgo sesgadas.
  
- f. Al igual que en los modelos de simulación, los riesgos de diferentes mercados se pueden agregar.
  
- g. Dado el supuesto de normalidad y de independencia serial de los rendimientos, es posible calcular el VaR con diferentes horizontes de inversión, siempre y cuando estos cambios en el horizonte sean reducidos, a partir de la regla de la raíz cuadrada del tiempo el cual supone que los cambios son infinitesimales.

**Desventajas del modelo:**

- b. La evidencia muestra que en términos generales las distribuciones de los rendimientos de los activos financieros muestran características leptocurtóticas (colas más anchas que una normal), lo que puede subestimar la estimación del VaR, el cual se concentra precisamente en las colas de la distribución.

Así mismo, se ha probado que cuando el portafolio mantiene consistentemente posiciones cortas o largas, la distribución será sesgada a la izquierda o a la derecha, en ese orden.

- c. El modelo realiza estimaciones locales de riesgo, es decir, considera los cambios en los factores de riesgo alrededor de los niveles vigentes de las posiciones financieras. Eso significa que de presentarse un evento extremo, las pérdidas que podrían observarse ni siquiera aparecerían en la distribución estimada a partir de la matriz de varianza covarianza histórica.
- d. El modelo supone que las relaciones entre los cambios en los factores de riesgo y los cambios en el valor del portafolio son lineales, sin embargo, en el caso de instrumentos con convexidad como los bonos, o no lineales como las opciones la estimación del VaR puede ser muy ineficiente.
- e. La explicación a la alta dirección de los resultados del VaR, obtenidos a partir del modelo de portafolio seguramente requerirá de mayores esfuerzos que los que se realizan con el modelo de simulación histórica.

### 2.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO VaR

Es uno de los métodos de mayor aplicabilidad para medir nivel de exposición al riesgo, por la facilidad de su operación, por la universalidad del mismo hasta el punto que Basilea lo propone como el método de mayor aceptación y precisión. Además tiene otras ventajas planteadas por diversos estudiosos:

- a. La estimación del VaR sirve para portafolios y carteras expresados en moneda local, y/o en moneda extranjera, lo que permite medir el riesgo, de los capitales en las diversas monedas cada uno por independiente y comparar los riesgos de las diferentes posiciones de una institución financiera, es decir, el VaR permite construir portafolios de referencia (benchmark).
- b. La metodología de valor en riesgo se puede aplicar a todas las posiciones de riesgo o carteras de inversión y a todos los niveles de una institución financiera. Recientemente, los modelos de VaR también se están aplicando a aseguradoras, fondos de pensiones, y otras instituciones financieras.
- c. El riesgo de portafolio se genera por las fluctuaciones de los factores de mercado, como las tasas de interés, el tipo de cambio los precios de los activos financieros, y de crédito, la tasa de mora, el índice de precios al consumidor, la unidad de valor real.
- d. En vista de que el modelo se deriva de otros modelos estadísticos y financieros, ha sido llevado a escenarios matemáticos muy sencillos de aplicar por su formulación en hojas de cálculo, permite que se pueda

calcular, sin mayor complicación, a partir de las bases de datos y de la disponibilidad de los indicadores del mercado. Esto hace que sea de fácil interpretación por los responsables de las tomas de decisiones y por quienes deben rendir cuentas a los clientes, a los inversionistas, a los niveles directivos y a las entidades de vigilancia y control.

- e. En entidades bancarias y del sector financiero en general que son por gerencias, subgerencias, divisiones, departamentos etc, el modelo Var permite a la dirección evaluar el comportamiento de las unidades de negocio y determinar la estrategia de la institución financiera bajo una base de rendimientos ajustados por riesgos, es decir, permiten asignar el capital a las áreas de negocio en función de los rendimientos esperados y del nivel de riesgo que se debe soportar para alcanzarlo.

Una limitación del VaR es que parte de datos históricos para el caso de portafolios con renta variable, lo cual hace que los resultados no tomen en cuenta eventualidades impredecibles del mercado.

Otra limitación es que si se toman series demasiado pequeñas se corre el riesgo de excluir datos relevantes de períodos fuertes dentro de la empresa, marcados por tendencias al alza o a la baja y que no quedan incluidos dentro de la muestra, por lo que los resultados sesgan la toma de decisión.

#### **2.1.4 ESQUEMA CONCEPTUAL**

### **2.1.4.1 RIESGO.**

Es el grado de variabilidad o contingencia del retorno de una inversión. En términos generales se puede esperar que, a mayor riesgo, mayor rentabilidad de la inversión. Existen varias clases de riesgos: de mercado, solvencia, jurídico, de liquidez, de tasa de cambio, riesgo de tasa de interés.

#### **2.1.4.1.1 MEDICIÓN DEL RIESGO.**

Una distribución de frecuencias muestra como los rendimientos de los activos financieros individuales o del portafolio se han comportado históricamente. También se interpreta el riesgo como la volatilidad de un activo financiero que se mide por la dispersión de los resultados posibles. Una medida de interpretación es el rango o diferencia entre rentabilidades extremas.

La medición del riesgo (volatilidad) se hace con la variación o dispersión alrededor de la media ( $\mu$ ) y se expresa en unidades de la desviación estándar, representada por ( $\sigma$ ) y la probabilidad de ocurrencia ( $P_i$ ). En un portafolio la media es su rendimiento promedio y la desviación estándar se define como la volatilidad. El riesgo expresado por la desviación estándar es equivalente a la raíz de la varianza.

También es importante mencionar el concepto de la covarianza, la que se define como una medida de relación lineal entre dos variables aleatorias, describiendo la relación entre las variables, es decir cuál será el comportamiento de un activo al generarse una variación en el valor de otro activo. Las variables pueden ser los precios o los rendimientos de un portafolio.

La covarianza se determina así:

$$\text{COV} ( R_i , R_j ) = 1/n \sum ( R_i - \mu_i ) ( R_{ij} - \mu_j )$$

La covarianza refleja cómo se mueven dos activos. Si la covarianza es positiva significa que cuando uno de los activos sube, el otro también lo hace y si por el contrario la covarianza es negativa, implica que cuando (A) aumenta, (B) disminuye. Si además la covarianza es cercana a cero significa que los dos activos son independientes.

El resultado de la covarianza no es fácil de interpretar, por lo tanto se emplea otro indicador más fuerte como es la correlación, que realmente mide el grado de movimiento conjunto entre las dos variables o también puede ser la relación lineal entre ambas. La correlación usualmente se encuentra entre  $-1$  y  $+1$ .

Se expresa:

$$\text{Corr}(R_a R_b) = \rho_{ab} = \text{COV}(R_a R_b) / \sigma_a \sigma_b$$

Siempre se da que:  $-1 < \rho < 1$

Donde:

$\rho_{ab}$  Es la correlación entre los activos a y b

$\text{COV}(R_a R_b)$  Es la covarianza entre los activos a y b

$\sigma_a$  Es la volatilidad del activo a

$\sigma_b$  Es la volatilidad del activo b

Este coeficiente se interpreta cuando presenta signo positivo como que las dos variables se mueven en la misma dirección y mientras más cercano sea a la unidad, mayor será el grado de dependencia mutua. Por el contrario el signo negativo refleja que los activos se mueven en sentido contrario. Mientras más cercano sea a cero significa que hay mayor grado de independencia entre las variables.

#### **2.1.4.2 DURACIÓN O SENSIBILIDAD**

La inversión en renta fija, bien sea de tasa fija o de tasa variable implica la consideración de las fluctuaciones de las tasas que de una o otra manera afectan la rentabilidad y colocan al inversionista en posición de riesgo. Por lo tanto es importante medir permanentemente la exposición, mediante la medición de la sensibilidad ante los cambios en las tasas, y para ello se aplica el concepto de la Duración, la que a su vez permite administrar adecuadamente los portafolios.

Los factores que afectan la Duración o la sensibilidad de un título a la tasa de interés son:

- El plazo de la inversión: es decir que cuando el plazo de un título se incrementa, su Duración también varía.
- La tasa de interés del mercado: al variar la tasa de referencia o de mercado en sentido de incremento, la Duración disminuye.
- La frecuencia de los pagos de interés: una alta frecuencia de pagos, implica reducción de la duración.
- La tasa de interés del título: cuando el título se enfrenta a una menor tasa de interés, automáticamente se incrementa la Duración y a mayor Duración mayor riesgo.

La Duración tiene las siguientes características:

- A mayor plazo mayor Duración

5 A menor tasa de interés (flujos menores)

De lo anterior se concluye que la Duración permite medir la sensibilidad de título ante los cambios en la tasa de interés; adicionalmente sirve de herramienta para administrar los riesgos de las tasas de interés y de ahí se deduce que para protegerse se puede recurrir a los productos derivados para ajustar la duración de los portafolios.

De los planteamientos anteriores se puede deducir una definición de la Duración “como el tiempo promedio ponderado en que se recupera el valor presente del flujo de pagos”.

La Duración no se identifica con la maduración o plazo de vencimiento del flujo de pagos del título valor.

#### **2.1.4.3 VARIACIONES MÁXIMAS PROBABLES Y LAS VOLATILIDADES REALES PARA LOS FACTORES DE RIESGOS**

Las variaciones máximas probables y las volatilidades reales para los factores de riesgos corresponden a los indicadores macroeconómicos que influyen en el comportamiento económico a saber: la DTF, la tasa de los Repos, la tasa Interbancaria, la Tasas Real, la Libor, la tasa de los créditos de Consumo el comportamiento del mercado de las divisas para dólares, la tasa de los TES, la UVR, la TRM, el Euro, el Yen y el Índice General de Bolsa de Valores de Colombia., por cada uno de los factores la Superbancaria mide el

comportamiento de los precios y de las tasas las fluctuaciones las toma para períodos de 10 días y para un año y las expresa en términos absolutos y relativos en algunos de los indicadores. Esta información puede ser consultada en la página [www.superbancaria.gov.co](http://www.superbancaria.gov.co).

#### **2.1.4.4 DEUDA PÚBLICA**

Es la deuda que tiene el Estado con personas naturales o jurídicas en el ámbito nacional, la cual ha sido contraída principalmente mediante la emisión de títulos valor en el Mercado Público de Valores, es lo que se denomina Deuda Pública Interna. A la compra-venta de estos títulos ya sea en el mercado primario o secundario o a través de una bolsa de valores o el mercado mostrador, es lo que se conoce como el Mercado de Deuda Pública.

##### **2.1.4.4.1 TÍTULOS DE TESORERÍA TES**

Son títulos emitidos por el Gobierno Nacional creados por la Ley 51 de 1990 y administrados por el Banco de la República. Son títulos a la orden, no gozan de liquidez primaria antes de su vencimiento y son libremente negociables en el mercado secundario. El plazo se determina de acuerdo con las necesidades de regulación del mercado monetario y de los requerimientos presupuestales o de tesorería y fluctúa entre 1 y 10 años.

El rendimiento de los títulos lo determina el Gobierno nacional de acuerdo con las tasas del mercado para el día de los mismos. Dichos títulos pueden ser emitidos a una tasa fija, indexados al IPC, emitidos en unidades de valor real (UVR), o en dólares.

##### **Clase B a TASA FIJA (En Pesos).**

Tienen como objetivo sustituir los Títulos de Ahorro Nacional TAN, obtener recursos para financiar el presupuesto nacional y efectuar operaciones temporales

de tesorería del Gobierno Nacional. Son denominados en pesos colombianos y su plazo es de uno (1) a cinco (5) años. Cada título está conformado por el principal, el cual se amortiza al final del periodo, y un cupón de intereses anual (un cupón para los TES de un año, dos cupones para los de dos años y tres cupones para los de tres años). Se puede negociar como título completo (principal y cupones) o el principal y el cupón son negociables en forma independiente. Devengan intereses anuales con pago al vencimiento de cada periodo, sobre los cuales, de acuerdo con las normas vigentes, el banco realiza la respectiva retención en la fuente.

#### **Clase B a TASA VARIABLE (Indexados al IPC).**

Los recursos obtenidos a través de su colocación se utilizan para la financiación de mediano y largo plazo de los gastos que estén incorporados dentro del presupuesto nacional. Son denominados en pesos colombianos y su plazo es de uno (1) a más años calendario. Pagan intereses año vencido con tasa de interés variable, liquidada como una tasa compuesta con base en el Índice de Precios al Consumidor – IPC certificado por el DANE para el mes anterior al del pago y el Porcentaje Contractual Aprobado – PCA (Margen), siendo este el componente de rendimiento que se reconoce.

#### **2.1.4.4.2 BONOS**

Los Bonos son títulos que representan una parte de un crédito constituido a cargo de una entidad emisora. Su plazo mínimo es de un año; en retorno de su inversión recibirá una tasa de interés que fija el emisor de acuerdo con las condiciones de mercado, al momento de realizar la colocación de los títulos. Por sus características estos títulos son considerados de renta fija. Además de los bonos ordinarios, existen en el mercado bonos de prenda y bonos de garantía general y específica y bonos convertibles en acciones.

#### **2.1.4.4.3 CDT (CERTIFICADO DE DEPÓSITO A TÉRMINO)**

Instrumento de inversión de renta fija que puede negociarse en el mercado secundario de la bolsa de valores pero que no es redimible sino hasta su vencimiento. Generalmente, esta tasa se da en modalidad trimestre anticipado. Su cálculo es semanal y refleja la tasa de interés una semana atrás.

### **2.1.5 MODELOS FINANCIEROS Y ECONOMÉTRICOS**

Encontramos en este aparte, los modelos financieros y econométricos que se usaron en el desarrollo del software.

#### **2.1.5.1 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN Y LA SENSIBILIDAD DE UN TÍTULO VALOR.**

La Duración se calcula a partir de los títulos valores de renta fija con tasa fija, para lo cual se requiere partir de la determinación del precio del título, estimar los flujos de pagos esperados, valorarlos a precios de mercado y medir los efectos en el precio por cambios en las tasas de interés.

Determinación del precio de un título valor.

- El precio de un título de renta fija es equivalente al valor presente del flujo de pagos estimado.
- Las estimaciones son los flujos de pagos esperados calculados a partir de la tasa del portafolio, los que se deben descontar a la tasa de mercado y esta tasa se denomina la de descuento.

- Para estimar el flujo de pagos esperado se requiere conocer el valor nominal del título y los pagos periódicos de los rendimientos.
- El Valor presente se expresa matemáticamente:

$$P = F_1 / (1+\%)^{N^1} + \dots + F_N / (1+\%)^{N^N}$$

Donde,

P = Precio del título

$F_N$  = Flujo de pagos

% = Rendimiento

N = Períodos

- La valoración a precios de mercado: implica determinar el Riesgo o Margen de Solvencia, el que se calcula a partir de la fecha de emisión y se obtiene la TIR del emisor la que se compara con la TIR del mercado y si la diferencia es positiva se concluye que hay riesgo del garante.
- Posteriormente se valora el título a la fecha de negociación y se descuenta a la tasa vigente en la fecha, también denominada Tasa Básica o Tasa de Referencia y se le adicionan los puntos del riesgo.
- Cuando cambia la tasa de interés del mercado se afecta el precio del portafolio de forma inversa a saber:

- Cuando la tasa de interés aumenta, el precio y el rendimiento disminuye.

6 Cuando la tasa de interés disminuye, el precio y el rendimiento aumentan.

### Determinación de la Duración

- El efecto en el precio del título debido a los cambios en las tasas de interés se mide mediante la Duración.
- La Duración expresa en un número la sensibilidad del precio del título de renta fija con relación a las variaciones del rendimiento.
- La Duración sintetiza en un número la sensibilidad del rendimiento de un título, porque explica cómo el plazo y la tasa de interés se afectan por su exposición a los cambios en la tasa de mercado.
- La Duración se expresa matemáticamente así:

$$D = \left[ \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+\%)^n * t} \right] / VP$$

Donde:

D = Duración del título

% = Tasa interna de rentabilidad del título en la fecha de la valoración

N = Plazo de amortización del título

Ft = Flujos de pagos

VP = Valor actual del título

- La Duración Corregida o la Sensibilidad se expresa como:

$$\Delta P / P = (D / (1 + \%)^t) \Delta \%$$

Para esclarecer el cálculo de la Duración se ilustra con un ejemplo:

Ejemplo Práctico.

Un inversionista tiene dentro de su portafolio un título de \$100.000.000 con vencimiento a cinco años, tasa en portafolio del 30% año vencido. La tasa del mercado de los títulos de la misma naturaleza es del 31%. ¿Cuál es el efecto del incremento en la tasa del 30.0% al 31.0%?

- FLUJOS DEL TITULO

Período	Flujos	Valor Actual	Valor Actual * t
1	30.000.000	22.900.763	22.900.763
2	30.000.000	17.481.499	34.962.997
3	30.000.000	13.344.656	40.033.967
4	30.000.000	10.186.760	40.747.040
5	130.000.000	33.696.661	168.483.307
	TOTAL	97.610.339	307.128.074

**Cuadro 1. Flujos de un título**

Sabiendo que la Duración es igual a la sumatoria de los valores de los flujos, multiplicados por t y dividida por la sumatoria de los valores actuales simples, se obtiene:

- Duración = 307.128.074 / 97.610.339 = 3.15 años

Lo que se interpreta como que el tiempo promedio ponderado en que se recupera el valor presente del flujo de pagos del título es de 3.15 años.

Para analizar el efecto de la variación en la tasa del 30% al 31% del mercado, se hace referencia a la Sensibilidad la cual se calcula así:

- Al aplicar la fórmula de la Sensibilidad:  $(D / (1 + \Delta)) * \Delta \%$
- Sensibilidad =  $3.15 / 1.31 = 2.4$

Este valor se interpreta diciendo que frente el incremento del 30% al 31% es decir un incremento de 0.01 en las tasas de interés, el precio del título disminuirá en  $2.4 * 0.01 = 0.024$  (2.4%).

La sensibilidad de la variación del 2.4% implica una variación en el precio del título en pesos de:

$\$ 97.610.339 * 2.4\% = \$ 2.342.648$ , es decir que el valor actual del título es de  $\$97.610.339 - 2.342.648 = \$ 95.267.690$

### **2.1.5.2 MODELO ESTÁNDAR PARA MEDICIÓN DE RIESGO DE MERCADO**

El modelo estándar establecido por la Superintendencia Bancaria para la medición del riesgo de mercado es un modelo de factores, con 13 factores de riesgo (Cuadros 4 y 5).

En este tipo de modelos, si el comportamiento de cada factor de riesgo no depende de los otros factores de riesgo (cero correlación), los valores en riesgo elevados al cuadrado para cada factor se pueden sumar aritméticamente, y el valor en riesgo corresponderá a la raíz cuadrada de esta suma.

En el caso contrario, y específicamente en el modelo estándar definido por la Superintendencia, es necesario agregar los valores en riesgo de cada factor a través de la metodología que se describe a continuación.

El método de agregación consiste en sumar los Valores en Riesgo originados por cada uno de los factores de riesgo de los cuadros 4 y 5, teniendo en cuenta la correlación que existe entre estos.

Para ello, a continuación se explica el procedimiento a seguir para la agregación del VeR de cada factor de riesgo, la obtención de las correlaciones entre los factores de riesgo y la suma de los valores en riesgo teniendo en cuenta dichas correlaciones.

- El coeficiente de correlación ( $\rho$ ) se encuentra entre  $-1$  y  $1$ . Cuando es igual a  $0$  – se puede decir que los factores son independientes.

- Si  $\rho$  toma un valor positivo los factores de riesgo tienden a moverse en la misma dirección.

- 7 Si  $\rho$  toma un valor negativo los factores de riesgo tienden a moverse en direcciones opuestas.

En teoría, los portafolios están contruidos de tal manera, que la relación entre los instrumentos que lo componen hacen que el riesgo agregado del portafolio sea menor que la suma de los riesgos individuales.

Esto se conoce como diversificación del portafolio. Por esto se da el nombre de Valor en Riesgo “diversificado” a aquel que se calcula utilizando las correlaciones entre los factores de riesgo.

Las variaciones máximas probables de las tasas de interés se expresan en términos de puntos básicos. Las volatilidades de los tipos de cambio y otros índices se expresan en términos porcentuales.

Código del Factor F	Factor	Período de estudio	Fuente	Procedimiento	Variación 10 días	Variación 1 año
1	DTF	1984-2003	BR	Montecarlo	30	126
2	Tasa de Repos	1999-2003	SBC	Montecarlo	250	
3	Tasa Interbancaria	1999-2003	SBC	Montecarlo	135	
4	Tasa Real	2000-2003	SBC	Montecarlo		12.4
5	Libor	1998-2003	BR	Lognormal	6.86	41.18
6	Tasa Crédito Consumo	1999-2003	SBC	Montecarlo	222	
7	Money Market USD	1999-2003	FLAR	Lognormal	12	
8	Tasa de TES	1999-2003	BVC	Montecarlo	150	250
9	UVR	1993-2003	BR	Montecarlo		3.9%
10	TRM	1998-2003	SBC	Montecarlo	2.63%	
11	EURO	2000-2003	BR	Lognormal	5.45%	
12	YEN	1998-2003	BR	Lognormal	5.18%	
13	IGBC	1994-2003	BVC	Lognormal	6%	9%
14	Rentabilidad – FCO	2000 -2003	SBC	GARCH (1,1)	12.06%	
15	DJIA	1998 – 2003	Yahoo Finance	GARCH (1,1)	3.70%	

**Cuadro 2. Variaciones máximas probables y volatilidades**

S.B.: Superintendencia Bancaria

B.R.: Banco República

B.V.C: Bolsa de Valores de Colombia

FLAR: Fondo Latino Americano de Reserva

IGBC.: Índice General de la Bolsa de Colombia

### 2.1.5.2.1 MATRIZ DE CORRELACIONES

A continuación se da a conocer la matriz de correlaciones semidefinida positiva<sup>6</sup> entre los 15 factores de riesgo enumerados en los Cuadros 4 y 5. Esta matriz se utilizará para calcular el valor en riesgo del portafolio.

Matriz de Correlaciones															
	DTF	REPOS	INTER	REAL	LIBOR	CONS	MM	TES	UVR	TRM	EURO	YEN	IGBC	RFOND	DJIA
DTF	1,000	0,925	0,948	0,804	0,842	0,954	0,844	0,678	0,838	-0,493	-0,765	-0,744	-0,862	0,870	0,672
REPOS	0,925	1,000	0,973	0,612	0,845	0,961	0,843	0,647	0,860	-0,270	-0,579	-0,555	-0,860	0,776	0,566
INTER	0,948	0,973	1,000	0,627	0,857	0,962	0,858	0,654	0,898	-0,259	-0,579	-0,550	-0,832	0,780	0,616
REAL	0,804	0,612	0,627	1,000	0,613	0,676	0,617	0,499	0,424	-0,781	-0,915	-0,884	-0,712	0,772	0,755
LIBOR	0,842	0,845	0,857	0,613	1,000	0,884	0,999	0,662	0,702	-0,110	-0,476	-0,415	-0,874	0,634	0,627
CONS	0,954	0,961	0,962	0,676	0,884	1,000	0,887	0,644	0,871	-0,285	-0,624	-0,592	-0,871	0,796	0,612
MM	0,844	0,843	0,858	0,617	0,999	0,887	1,000	0,654	0,706	-0,112	-0,478	-0,413	-0,874	0,631	0,634
TES	0,678	0,647	0,654	0,499	0,662	0,644	0,654	1,000	0,573	-0,272	-0,519	-0,503	-0,650	0,493	0,385
UVR	0,838	0,860	0,898	0,424	0,702	0,871	0,706	0,573	1,000	-0,105	-0,389	-0,368	-0,694	0,665	0,371
TRM	-0,493	-0,270	-0,259	-0,781	-0,110	-0,285	-0,112	-0,272	-0,105	1,000	0,877	0,898	0,340	-0,606	-0,486
EURO	-0,765	-0,579	-0,579	-0,915	-0,476	-0,624	-0,478	-0,519	-0,389	0,877	1,000	0,978	0,585	-0,718	-0,730
YEN	-0,744	-0,555	-0,550	-0,884	-0,415	-0,592	-0,413	-0,503	-0,368	0,898	0,978	1,000	0,571	-0,732	-0,630
IGBC	-0,862	-0,860	-0,832	-0,712	-0,874	-0,871	-0,874	-0,650	-0,694	0,340	0,585	0,571	1,000	-0,718	-0,523
RFOND	0,870	0,776	0,780	0,772	0,634	0,796	0,631	0,493	0,665	-0,606	-0,718	-0,732	-0,718	1,000	0,501
DJIA	0,672	0,566	0,616	0,755	0,627	0,612	0,634	0,385	0,371	-0,486	-0,730	-0,630	-0,523	0,501	1,000

### Cuadro 3. Matriz de correlaciones

La correlación entre dos factores de riesgo  $k$  y  $l$  se calcula como:

$$\rho_{kl} = \frac{\sigma_{kl}}{\sigma_k \sigma_l} \quad (3)$$

donde:

$\rho_{kl}$ : Coeficiente de correlación entre los factores de riesgo  $k$  y  $l$ .

$\sigma_{kl}$ : Covarianza entre el factor de riesgo  $k$  y el factor de riesgo  $l$ .

$\sigma_k$ : Desviación estándar del factor de riesgo  $k$ .

$\sigma_l$ : Desviación estándar del factor de riesgo  $l$ .

La covarianza puede estimarse a partir de las muestras de los factores de riesgo  $k$  y  $l$  como:

<sup>1</sup> La matriz semidefinida positiva garantiza que el valor en riesgo calculado es positivo.

$$\hat{\sigma}_{kl} = \frac{1}{(T)} \sum (x_{t,k} - \hat{\mu}_k)(x_{t,l} - \hat{\mu}_l) \quad (4)$$

donde:

$\hat{\sigma}_{kl}$ : Covarianza entre el factor de riesgo k y el factor de riesgo l.

$x_{t,k}$ : Ocurrencia del factor de riesgo k.

$x_{t,l}$ : Ocurrencia del factor de riesgo l.

$\hat{\mu}_k$ : Media muestral del factor de riesgo k.

$\hat{\mu}_l$ : Media muestral del factor de riesgo l.

La desviación de un factor se puede estimar a partir de la muestra del factor así:

$$\hat{\sigma}_k = \sqrt{\frac{1}{(T)} \sum (x_{t,k} - \hat{\mu}_k)^2} \quad (5)$$

donde:

$\hat{\sigma}_k$ : Desviación del factor de riesgo k

T: Tamaño de la muestra.

$x_{t,k}$ : Ocurrencia del factor de riesgo k.

$\hat{\mu}_k$ : Media muestral del factor de riesgo k.

Una vez determinada la correlación entre los diferentes factores de riesgo que componen el portafolio, se puede proceder a calcular el VeR diversificado.

El valor en riesgo de un portafolio puede estimarse como:

En este caso, cuando las correlaciones entre los tres factores de riesgo es 1, es decir, que los factores tienden a moverse en la misma dirección, el valor en riesgo del portafolio equivale a la suma aritmética de los valores en riesgo de cada uno de los factores de riesgo.

Cuando las correlaciones entre los factores de riesgo no son exactamente 1 el valor en riesgo del portafolio no es igual a la suma aritmética de los valores en riesgo de cada uno de los factores que lo componen.

Por ejemplo, si se supone que:

- Valor en riesgo por el factor de riesgo  $k$  ( $VeR_k$ ) es de \$2'000.000
- Valor en riesgo por el factor de riesgo  $l$  ( $VeR_l$ ) es de \$1'000.000
- Valor en riesgo por el factor de riesgo  $m$  ( $VeR_m$ ) es de \$1'500.000
- Que la correlación entre los factores de riesgo  $k$  y  $l$  es de 0.5
- Que la correlación entre los factores de riesgo  $k$  y  $m$  es de  $-0.5$
- Que la correlación entre los factores de riesgo  $l$  y  $m$  es de 0.1

$$VeR_{portafolio} = \sqrt{[2'000.000 \quad 1'000.000 \quad 1'500.000] \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0.5 & -0.5 \\ 0.5 & 1 & 0.1 \\ -0.5 & 0.1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2'000.000 \\ 1'000.000 \\ 1'500.000 \end{bmatrix}}$$

$$VeR_{portafolio} = \sqrt{6'550.000'000.000} = 2'559.297$$

En este caso, los valores se compensan a causa de las correlaciones, por lo tanto, el valor en riesgo del portafolio es menor que la suma aritmética de los valores en riesgo de cada uno de los factores de riesgo.

## 2.2 INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Según el IEEE<sup>7</sup>, software se define como la suma total de los programas de computador, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que pertenecen a un sistema de cómputo. Cuando se produce un software se busca suplir las necesidades del usuario, en este contexto, la ingeniería de software es el estudio de los principios y metodologías para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de software.

---

<sup>7</sup> IEEE Std 610.12-1990, IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology.

La ingeniería de software según la definición propuesta por Fritz Bauer<sup>8</sup> es el establecimiento y uso de principios robustos de la ingeniería a fin de obtener económicamente software que sea fiable y que funcione eficientemente sobre máquinas reales. El IEEE<sup>9</sup> ha desarrollado una definición más completa: “la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable hacia el desarrollo, operación y mantenimiento del software; es decir, la aplicación de ingeniería al software”

La ingeniería de software abarca tres elementos clave: métodos, herramientas, y procesos; los cuales suministran bases para construir de forma productiva software de alta calidad. Los métodos indican como construir técnicamente el software, abarcando una amplia serie de tareas que incluyen la planificación y estimación de proyectos, el análisis de requisitos, el diseño de estructuras de datos, programas y procedimientos, la codificación, las pruebas y el mantenimiento. Los métodos introducen frecuentemente una notación específica para la tarea en cuestión y una serie de criterios de calidad. Los procesos definen la secuencia en que se aplican los métodos, los documentos que se requieren, los controles que permiten asegurar la calidad y las directrices que permiten a los gestores evaluar los progresos. Las herramientas proporcionan un enfoque automático o semi-automático para el proceso y para los métodos.

### **2.2.1 MODELOS DE CICLO DE VIDA DEL SOFTWARE.**

Con el objetivo de lograr un producto de calidad que satisfaga las necesidades de los usuarios finales, un ingeniero del software o un equipo de ingenieros debe incorporar una estrategia que permita al equipo desarrollador implementar todas las etapas requeridas por el proceso de construcción, así como los controles que

---

<sup>8</sup> Naur, P., y B. Randall, Software Engineering: A Report on a Conference sponsored by the NATO Science Committee, NATO, 1969.

<sup>9</sup> IEEE, Op. Cit.

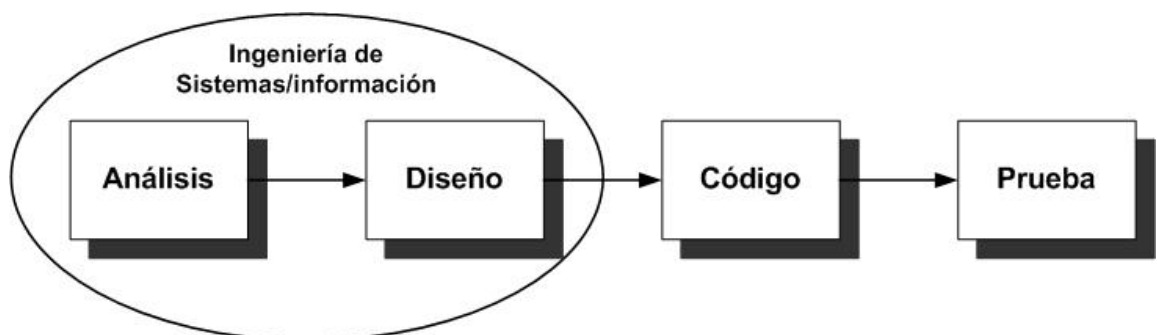
se requieran para la correcta operación del mismo. Esta estrategia se conoce como ciclo de vida del software. En los siguientes numerales se describen los modelos de ciclo de vida del software, según la tipología identificada por Pressman [1].

### 2.2.1.1 MODELO LINEAL SECUENCIAL.

También conocido como “modelo en cascada”, el modelo lineal secuencial ordena rigurosamente las etapas del ciclo de vida del software, de tal forma que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la inmediatamente anterior.

El modelo lineal secuencial comprende las siguientes actividades:

- Ingeniería y modelado de Sistemas/Información
- Análisis de los requisitos del software
- Diseño
- Generación de código
- Pruebas
- Mantenimiento



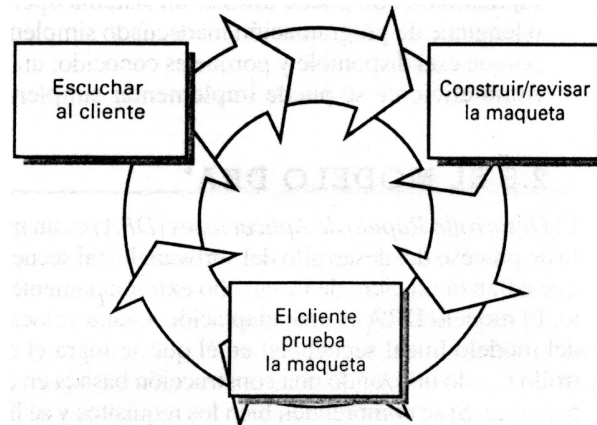
Fuente: Roger Pressman. Ingeniería del Software: un enfoque práctico. Pág. 20

**Figura 2.2. Modelo lineal secuencial**

### **2.2.1.2      MODELO DE CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS.**

El modelo de construcción de prototipos es útil cuando se define un conjunto de objetivos generales para el software, pero no se identifica los requisitos detallados de entrada, proceso o salida. También es recomendable en los casos en los que el responsable del desarrollo del software puede no estar seguro de la eficacia de un algoritmo, de la capacidad de adaptación de un sistema operativo, o de la forma en que debería tomarse la interacción hombre máquina.

El modelo de construcción de prototipos comienza con la recolección de requisitos. El desarrollador y el cliente definen los objetivos globales para el software, identifican los requisitos conocidos y las áreas del esquema donde es obligatoria más definición. Entonces aparece un diseño rápido, el cual se centra en una representación de esos aspectos del software que serán visibles para el usuario/cliente. El diseño rápido lleva a la construcción de un prototipo evaluado por el cliente/usuario y se utiliza para refinar los requisitos del software a desarrollar. La iteración ocurre cuando el prototipo se pone a punto para satisfacer las necesidades del cliente, permitiendo al mismo tiempo que el desarrollador comprenda mejor lo que se necesita hacer.



Fuente: Roger Pressman. Ingeniería del Software: un enfoque práctico. Pág. 21

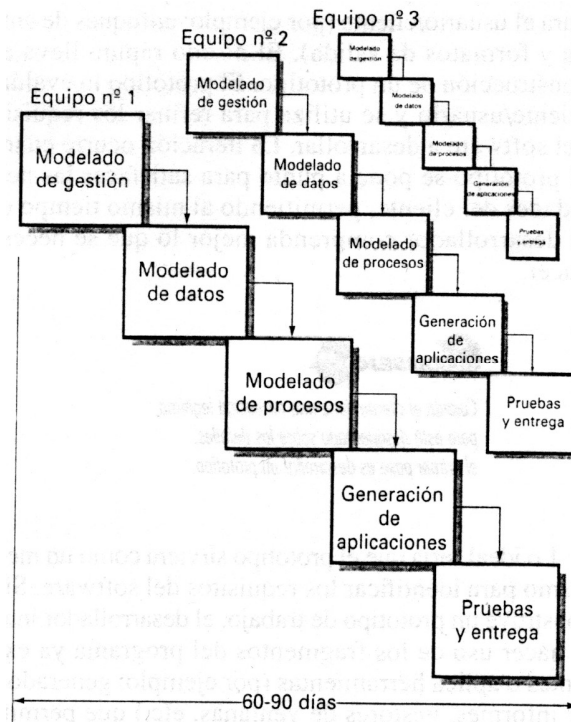
**Figura 2.3 Modelo de construcción de prototipos**

### 2.2.1.3 MODELO DRA (DESARROLLO RÁPIDO DE APLICACIONES).

También conocido como RAD (Rapid Application Development), es un modelo de ciclo de vida lineal secuencial que enfatiza un ciclo de desarrollo extremadamente corto. El modelo DRA es una adaptación a alta velocidad del modelo lineal secuencial en el que se logra el desarrollo rápido utilizando una construcción basada en componentes. Si se comprenden bien los requisitos y se limita el ámbito del proyecto, el proceso DRA permite al equipo de desarrollo crear un sistema completamente funcional en períodos cortos de tiempo.

El enfoque DRA comprende las siguientes fases:

- Modelado de gestión
- Modelado de datos
- Modelado del proceso
- Generación de aplicaciones
- Pruebas y entrega



Fuente: Roger Pressman. Ingeniería del Software: un enfoque práctico. Pág. 22

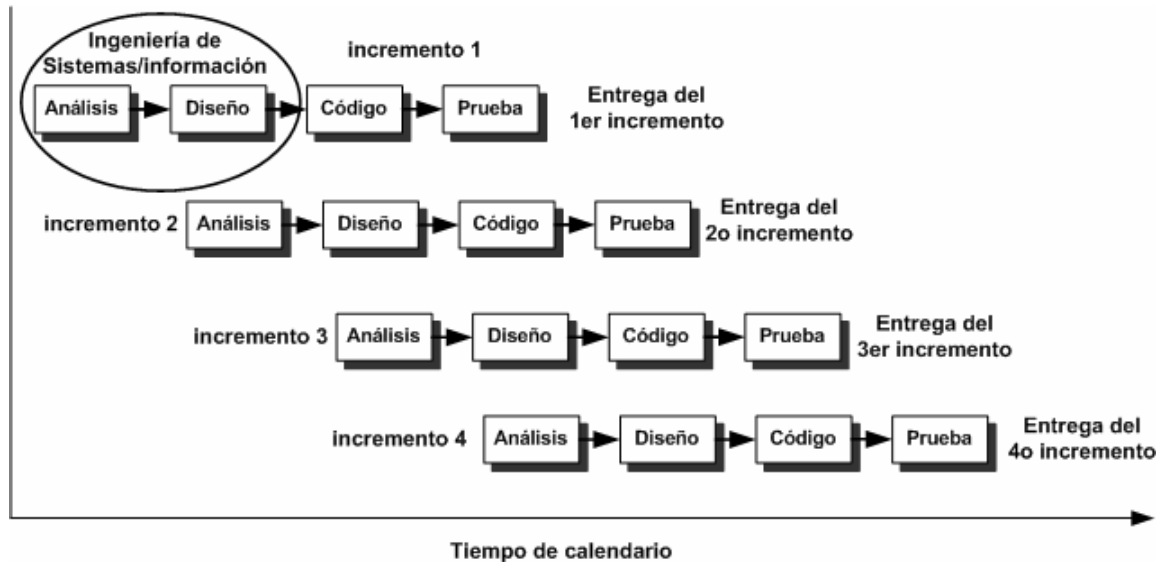
**Figura 2.4. Modelo DRA**

#### 2.2.1.4 MODELO INCREMENTAL.

Combina elementos del modelo lineal secuencial con el modelo de construcción de prototipos. El modelo incremental aplica secuencias lineales de forma escalonada mientras progresa el tiempo en el calendario. Cada secuencia lineal produce un incremento en el software.

Cuando se utiliza un modelo incremental, el primer incremento a menudo es un producto esencial. Es decir, se afrontan requisitos básicos, pero muchas funciones suplementarias quedan sin extraer. Como resultado de la utilización y/o evaluación, se desarrolla un plan para el incremento siguiente, el cual busca modificar el producto central a fin de cumplir mejor las necesidades del cliente y la

entrega de funciones, y características adicionales. Este proceso se repite siguiendo la entrega de cada incremento, hasta que se elabore el producto completo.



Fuente: Roger Pressman. Ingeniería de Software: un enfoque práctico. Pág. 24

**Figura 2.5. Modelo Incremental.**

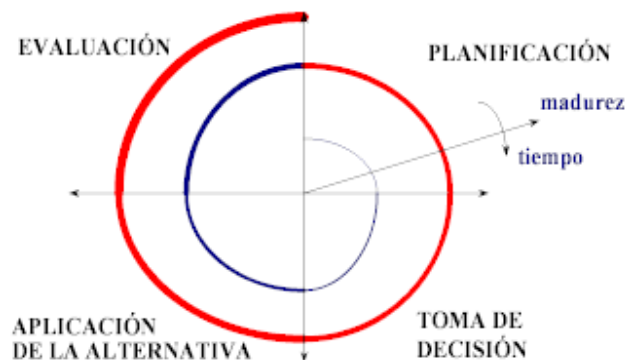
### 2.2.1.5 MODELO ESPIRAL

Es un modelo de proceso de software que conjuga la naturaleza iterativa de construcción de prototipos con los aspectos controlados y sistemáticos del modelo lineal secuencial. Proporciona el potencial para el desarrollo rápido de versiones incrementales del software. Durante las primeras iteraciones, la versión incremental podría ser un modelo en papel o prototipo. Durante las últimas iteraciones, se producen versiones cada vez más completas del sistema diseñado.

El modelo en espiral se divide en un número de actividades, también llamadas regiones de tareas, donde cada una de las regiones de tareas se compone de un conjunto de tareas. Generalmente existen entre tres y seis regiones de tareas.

Las regiones de tareas son:

- Comunicación con el cliente: tareas requeridas para establecer comunicación entre el desarrollador y el cliente.
- Planificación: las tareas requeridas para definir recursos, el tiempo y otra información relacionada con el proyecto.
- Análisis de riesgos: tareas requeridas para evaluar riesgos técnicos y de gestión.
- Ingeniería: tareas requeridas para construir una o mas representaciones de la aplicación.
- Construcción y acción: tareas requeridas para construir probar, instalar, y proporcionar soporte al usuario.
- Evaluación del cliente: tarea requerida para obtener la reacción del cliente según la evaluación de las representaciones del software creadas durante la etapa de ingeniería e implementada durante la etapa de instalación.



Fuente: <http://www.getec.etsit.upm.es/docencia/gproyectos/planificacion/cvida.htm>

**Figura 2.6. Modelo en espiral.**

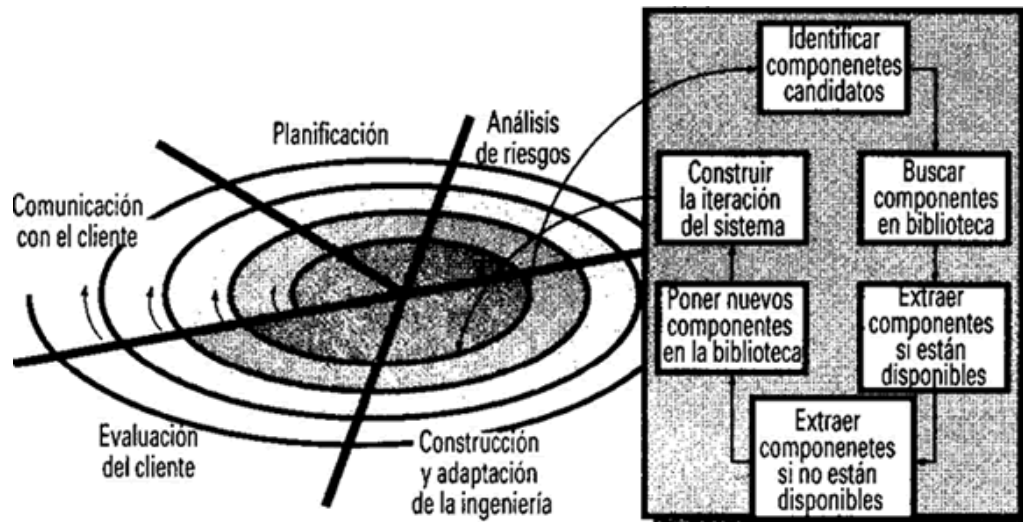
#### 2.2.1.6 MODELO DE DESARROLLO BASADO EN COMPONENTES.

Este modelo toma como base las tecnologías de objetos para proporcionar un marco de trabajo para la ingeniería del software. El modelo enfatiza la creación de clases que encapsulan tanto los objetos como los algoritmos que se utilizan para

manejar los datos. Si se diseñan y se implementan adecuadamente, las clases orientadas a objetos son reutilizables por las diferentes aplicaciones y arquitecturas de sistemas basados en computadora.

El modelo de desarrollo basado en componentes incorpora muchas de las características del modelo en espiral: es evolutivo por naturaleza, y exige un enfoque iterativo para la creación del software.

La actividad de la ingeniería comienza con la identificación de clases candidatas, lo cual se lleva a cabo examinando los datos que se van a manejar por parte de la aplicación y el algoritmo que se va a aplicar para conseguir el tratamiento. Los datos y algoritmos se empaquetan en una clase. Las clases creadas en los proyectos de ingeniería del software anteriores, se almacenan en una biblioteca de clases o diccionario de datos, una vez sean identificadas las clases candidatas, la biblioteca de clases se examina para determinar la existencia de estas clases. En caso de que existan, se extraen y se vuelven a utilizar. Se compone así la primera iteración de la aplicación a construirse, mediante las clases extraídas de la biblioteca y las clases nuevas construidas para cumplir las necesidades únicas de la aplicación. El flujo del proceso vuelve a la espiral y volverá a introducir por último la iteración ensambladora de componentes a través de la actividad de ingeniería.



Fuente: Roger Pressman. Ingeniería de Software: un enfoque práctico. Pág. 28  
**Figura 2.7 Desarrollo basado en componentes.**

### 2.2.1.7 PROGRAMACIÓN EXTREMA.

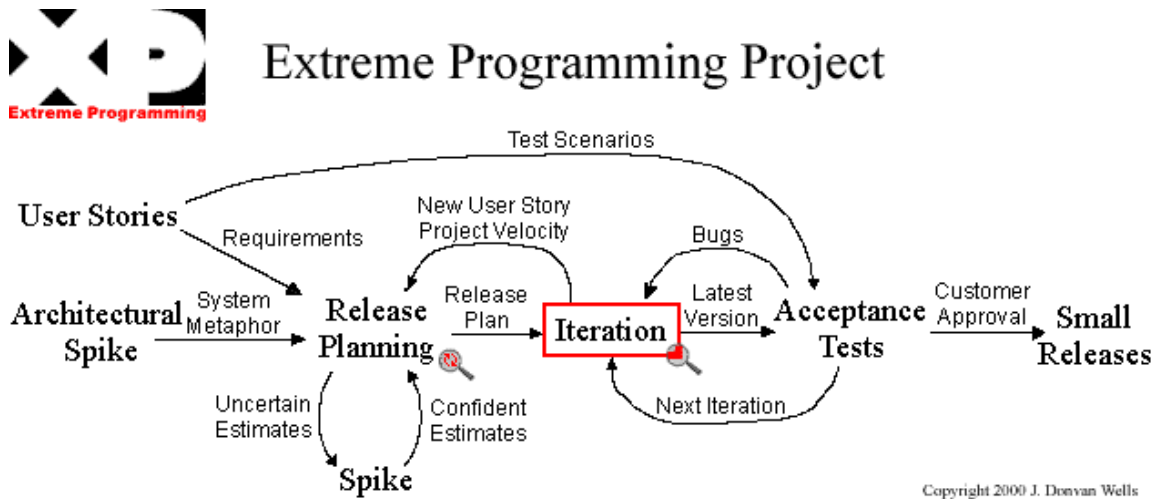
La programación extrema o extreme programming (XP), es la más popular de las metodologías ágiles de desarrollo de software (SCRUM, DSDM, Crystal, etc.). Fue formulada por Kent Beck, y se basa en la simplicidad, comunicación, retroalimentación y valor añadido.

La programación extrema supone que es imposible prever todo antes de comenzar a programar. Es imposible capturar todos los requisitos del sistema, saber qué es todo lo que tiene que hacer, ni hacer un diseño correcto al principio. Es bastante normal hacer un diseño, ponerse a codificar, ver que hay faltantes o errores en el diseño, empezar a codificar fuera del diseño y al final el código y el diseño, o no se parecen, o se ha consumido mucho tiempo en cambiar la documentación de diseño para que se parezca al código.

En vez de tratar de luchar contra todo eso, lo asume y busca una forma de trabajar que se adapte fácilmente a esas circunstancias. Básicamente la idea de la programación extrema consiste en trabajar estrechamente con el cliente, haciendo pequeñas iteraciones (mini-entregas), cada dos semanas, donde no existe más

documentación que el código en sí; cada versión contiene las modificaciones necesarias según el cliente vaya retroalimentando el sistema (por eso es necesaria la disponibilidad del cliente durante todo el desarrollo).

Para suplir la falta de requisitos, casos de uso, y demás herramientas; XP utiliza historias de usuarios, la historia de usuario es una frase corta que representa alguna función que realizara el sistema. Cada historia de usuario no puede demorar en desarrollarse más de una semana, si así lo requiera, debe segmentarse.



Fuente: <http://www.extremeprogramming.org>

**Figura 2.8. Modelo de proyecto XP**

## 2.2.2 MATERIALES EDUCATIVOS COMPUTARIZADOS

Como material educativo computarizado se conoce a aquellas aplicaciones que apoyan directamente el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Una primera clasificación de materiales para asistir el aprendizaje los divide en algorítmicos y heurísticos.

En los materiales algorítmicos predomina el aprendizaje vía transmisión de conocimiento, desde quien sabe hacia quien lo desea aprender; quien diseña la herramienta planea secuencias de actividades para conducir al estudiante. El rol del alumno es asimilar el máximo de lo que se le transmite.

Por su parte, en los MECs de tipo heurístico predomina el aprendizaje por experimentación y descubrimiento; el diseñador crea ambientes ricos en situaciones que el alumno debe explorar; el alumno debe llegar al conocimiento a partir de la experiencia, creando sus propios modelos de pensamiento, sus propias interpretaciones del mundo, las cuales puede someter a prueba con la herramienta. Los sistemas tutoriales inteligentes no se pueden ubicar en una sola de las dos grandes categorías de MECs, toda vez que un sistema tutorial inteligente se caracteriza por mostrar un comportamiento inteligente adaptativo, es decir, adapta el tratamiento educativo en función de aquello que se desea aprender y de las características y desempeño del aprendiz. Tal clasificación puede resumirse en el cuadro 4.

<b>Enfoque educativo</b>	<b>Tipo de material educativo según la función que asume</b>
Algorítmico	Sistema tutorial Sistema de ejercitación y practica
Heurístico	Simuladores y juegos educativos Micromundos exploratorios Sistemas expertos
Algorítmico o heurístico	Sistema tutorial inteligente

**Cuadro 4. Materiales educativos computarizados**

Fuente: Pedro Salcedo Lagos. Ingeniería de Software educativo, teorías y metodologías que la sustentan. Revista Ingeniería Informática. Edición 6 (15 – sep – 2000). Universidad de Concepción – Chile.

## **2.3 ALGORITMOS GENÉTICOS Y COMPUTACIÓN EVOLUTIVA**

### **2.3.1 INTRODUCCIÓN**

De vez en cuando, los creacionistas acusan a la evolución de que carece de utilidad como teoría científica porque no produce beneficios prácticos y no tiene relevancia en la vida diaria. Sin embargo, tan sólo la evidencia de la biología demuestra que esta afirmación es falsa. Hay numerosos fenómenos naturales para los que la evolución nos ofrece un sólido fundamento teórico. Por nombrar uno, el desarrollo observado de la resistencia –a los insecticidas en las plagas de cultivos, a los antibióticos en las bacterias, a la quimioterapia en las células cancerosas, y a los fármacos antiretrovirales en virus como el VIH- es una consecuencia abierta de las leyes de la mutación y la selección, y comprender estos principios nos ha ayudado a desarrollar estrategias para enfrentarnos a estos nocivos organismos. El postulado evolutivo de la descendencia común ha ayudado al desarrollo de nuevos medicamentos y técnicas, al proporcionar a los investigadores una buena idea de con qué organismos deben experimentar para obtener resultados que probablemente serán relevantes para los seres humanos. Finalmente, el hombre ha utilizado con grandes resultados el principio de cría selectiva para crear organismos personalizados, distintos a cualquiera que se pueda encontrar en la naturaleza, para beneficio propio. El ejemplo canónico, por supuesto, es la diversidad de variedades de perros domésticos (razas tan diversas como los bulldogs, chihuahuas y dachshunds han sido producidas a partir de lobos en sólo unos pocos miles de años), pero ejemplos menos conocidos incluyen al maíz cultivado (muy diferente de sus parientes salvajes, que carecen de las familiares ``orejas'' del maíz cultivado), a los peces de colores (como los perros,

hemos criado variedades cuyo aspecto es drásticamente distinto al del tipo salvaje), y a las vacas lecheras (con ubres inmensas, mucho mayores que las necesarias para alimentar a una cría).

Los críticos pueden argumentar que los creacionistas pueden explicar estas cosas sin recurrir a la evolución. Por ejemplo, a menudo los creacionistas explican el desarrollo de la resistencia a los agentes antibióticos en las bacterias, o los cambios forjados en los animales domésticos por selección artificial, asumiendo que Dios decidió crear a los organismos en grupos fijos, llamados "tipos" o baramins. Aunque la microevolución natural o la selección artificial dirigida por humanos pueden producir diferentes variedades dentro de los "tipo-perro", "tipo-vaca" o "tipo-bacteria" creados originalmente, ninguna cantidad de tiempo o cambio genético puede transformar un "tipo" en otro. Sin embargo, nunca se explica cómo determinan los creacionistas lo que es un "tipo", o qué mecanismo impide a los seres vivos evolucionar más allá de sus límites.

Pero en las últimas décadas, el continuo avance de la tecnología moderna ha producido algo nuevo. Ahora la evolución está produciendo beneficios prácticos en un campo muy distinto y, esta vez, los creacionistas no pueden afirmar que su explicación se adapte a los hechos igual de bien. Este campo es la informática, y los beneficios provienen de una estrategia de programación llamada algoritmos genéticos. Este ensayo explicará qué son los algoritmos genéticos y mostrará de qué manera son relevantes en el debate evolución/creacionismo.

### **2.3.2 ¿QUÉ ES UN ALGORITMO GENÉTICO?**

Expuesto concisamente, un algoritmo genético (o AG para abreviar) es una técnica de programación que imita a la evolución biológica como estrategia para resolver problemas. Dado un problema específico a resolver, la entrada del AG es un conjunto de soluciones potenciales a ese problema, codificadas de alguna manera, y una métrica llamada función de aptitud que permite evaluar cuantitativamente a cada candidata. Estas candidatas pueden ser soluciones que

ya se sabe que funcionan, con el objetivo de que el AG las mejore, pero se suelen generar aleatoriamente.

Luego el AG evalúa cada candidata de acuerdo con la función de aptitud. En un acervo de candidatas generadas aleatoriamente, por supuesto, la mayoría no funcionarán en absoluto, y serán eliminadas. Sin embargo, por puro azar, unas pocas pueden ser prometedoras –pueden mostrar actividad, aunque sólo sea actividad débil e imperfecta, hacia la solución del problema.

Estas candidatas prometedoras se conservan y se les permite reproducirse. Se realizan múltiples copias de ellas, pero las copias no son perfectas; se introducen cambios aleatorios durante el proceso de copia. Luego, esta descendencia digital prosigue con la siguiente generación, formando un nuevo acervo de soluciones candidatas, y son sometidas a una ronda de evaluación de aptitud. Las candidatas que han empeorado o no han mejorado con los cambios en su código son eliminadas de nuevo; pero, de nuevo, por puro azar, las variaciones aleatorias introducidas en la población pueden haber mejorado a algunos individuos, convirtiéndolos en mejores soluciones del problema, más completas o más eficientes. De nuevo, se seleccionan y copian estos individuos vencedores hacia la siguiente generación con cambios aleatorios, y el proceso se repite. Las expectativas son que la aptitud media de la población se incrementará en cada ronda y, por tanto, repitiendo este proceso cientos o miles de rondas, pueden descubrirse soluciones muy buenas del problema.

Aunque a algunos les puede parecer asombroso y anti-intuitivo, los algoritmos genéticos han demostrado ser una estrategia enormemente poderosa y exitosa para resolver problemas, demostrando de manera espectacular el poder de los principios evolutivos. Se han utilizado algoritmos genéticos en una amplia variedad de campos para desarrollar soluciones a problemas tan difíciles o más difíciles que los abordados por los diseñadores humanos. Además, las soluciones que consiguen son a menudo más eficientes, más elegantes o más complejas que

nada que un ingeniero humano produciría. ¡En algunos casos, los algoritmos genéticos han producido soluciones que dejan perplejos a los programadores que escribieron los algoritmos en primera instancia!

### **2.3.3 MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN**

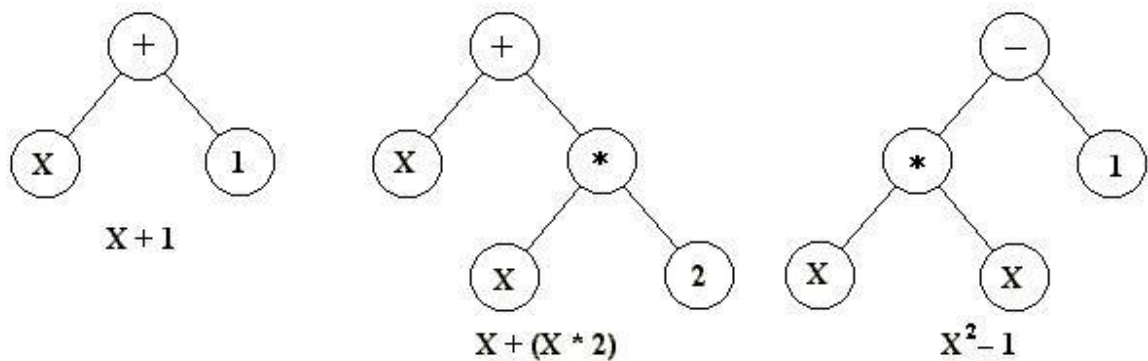
Antes de que un algoritmo genético pueda ponerse a trabajar en un problema, se necesita un método para codificar las soluciones potenciales del problema de forma que una computadora pueda procesarlas. Un enfoque común es codificar las soluciones como cadenas binarias: secuencias de 1s y 0s, donde el dígito de cada posición representa el valor de algún aspecto de la solución. Otro método similar consiste en codificar las soluciones como cadenas de enteros o números decimales, donde cada posición, de nuevo, representa algún aspecto particular de la solución. Este método permite una mayor precisión y complejidad que el método comparativamente restringido de utilizar sólo números binarios, y a menudo está intuitivamente más cerca del espacio de problemas.

Esta técnica se utilizó, por ejemplo, en el trabajo de Steffen Schulze-Kremer, que escribió un algoritmo genético para predecir la estructura tridimensional de una proteína, basándose en la secuencia de aminoácidos que la componen. El AG de Schulze-Kremer utilizaba números reales para representar los famosos “ángulos de torsión” entre los enlaces peptídicos que conectan a los aminoácidos. (Una proteína está formada por una secuencia de bloques básicos llamados aminoácidos, que se conectan como los eslabones de una cadena. Una vez que todos los aminoácidos están enlazados, la proteína se dobla formando una compleja estructura tridimensional, basada en cuáles aminoácidos se atraen entre ellos y cuáles se repelen. La forma de una proteína determina su función). Los algoritmos genéticos para entrenar a las redes neuronales también utilizan a menudo este método de codificación.

Un tercer método consiste en representar a los individuos de un AG como cadenas de letras, donde cada letra, de nuevo, representa un aspecto específico

de la solución. Un ejemplo de esta técnica es el método basado en codificación gramática de Hiroaki Kitano, en el que a un AG se le encargó la tarea de evolucionar un sencillo conjunto de reglas llamadas gramática libre de contexto, que a su vez se utilizaban para generar redes neuronales para una variedad de problemas.

La virtud de estos tres métodos es que facilitan la definición de operadores que causen los cambios aleatorios en las candidatas seleccionadas: cambiar un 0 por un 1 o viceversa, sumar o restar al valor de un número una cantidad elegida al azar, o cambiar una letra por otra. (Ver la sección sobre los métodos de cambio para más detalles acerca de los operadores genéticos). Otra estrategia, desarrollada principalmente por John Koza, de la Universidad de Stanford, y denominada programación genética, representa a los programas como estructuras de datos ramificadas llamadas árboles. En este método, los cambios aleatorios pueden generarse cambiando el operador o alterando el valor de un cierto nodo del árbol, o sustituyendo un subárbol por otro.



**Figura 2.9. Árboles de programación:** Tres sencillos árboles de programa del tipo utilizado normalmente en la programación genética. Debajo se proporciona la expresión matemática que representa cada uno.

Es importante señalar que los algoritmos evolutivos no necesitan representar las soluciones candidatas como cadenas de datos de una longitud fija. Algunos las

representan de esta manera, pero otros no; por ejemplo, la "codificación gramatical" de Kitano, explicada arriba, puede escalarse eficientemente para crear redes neuronales grandes y complejas, y los árboles de programación genética de Koza pueden crecer arbitrariamente tanto como sea necesario para resolver cualquier problema que se les pida.

#### **2.3.4 MÉTODOS DE SELECCIÓN**

Un algoritmo genético puede utilizar muchas técnicas diferentes para seleccionar a los individuos que deben copiarse hacia la siguiente generación, pero abajo se listan algunos de los más comunes. Algunos de estos métodos son mutuamente exclusivos, pero otros pueden utilizarse en combinación, algo que se hace a menudo.

- Selección elitista: se garantiza la selección de los miembros más aptos de cada generación. (La mayoría de los Ags no utilizan elitismo puro, sino que usan una forma modificada por la que el individuo mejor, o algunos de los mejores, son copiados hacia la siguiente generación en caso de que no surja nada mejor).
- Selección proporcional a la aptitud: los individuos más aptos tienen más probabilidad de ser seleccionados, pero no la certeza.
- Selección por rueda de ruleta: una forma de selección proporcional a la aptitud en la que la probabilidad de que un individuo sea seleccionado es proporcional a la diferencia entre su aptitud y la de sus competidores. (Conceptualmente, esto puede representarse como un juego de ruleta – cada individuo obtiene una sección de la ruleta, pero los más aptos obtienen secciones mayores que las de los menos aptos. Luego la ruleta se hace girar, y en cada vez se elige al individuo que "posea" la sección en la que se pare la ruleta).
- Selección escalada: al incrementarse la aptitud media de la población, la fuerza de la presión selectiva también aumenta y la función de aptitud se

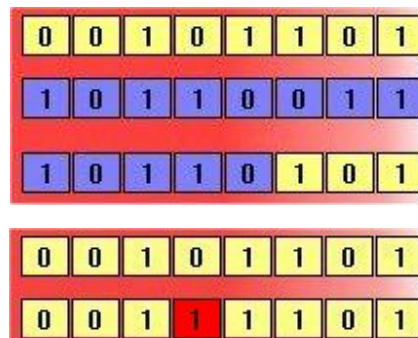
hace más discriminadora. Este método puede ser útil para seleccionar más tarde, cuando todos los individuos tengan una aptitud relativamente alta y sólo les distingan pequeñas diferencias en la aptitud.

- Selección por torneo: se eligen subgrupos de individuos de la población, y los miembros de cada subgrupo compiten entre ellos. Sólo se elige a un individuo de cada subgrupo para la reproducción.
- Selección por rango: a cada individuo de la población se le asigna un rango numérico basado en su aptitud, y la selección se basa en este ranking, en lugar de las diferencias absolutas en aptitud. La ventaja de este método es que puede evitar que individuos muy aptos ganen dominancia al principio a expensas de los menos aptos, lo que reduciría la diversidad genética de la población y podría obstaculizar la búsqueda de una solución aceptable.
- Selección generacional: la descendencia de los individuos seleccionados en cada generación se convierte en toda la siguiente generación. No se conservan individuos entre las generaciones.
- Selección por estado estacionario: la descendencia de los individuos seleccionados en cada generación vuelven al acervo genético preexistente, reemplazando a algunos de los miembros menos aptos de la siguiente generación. Se conservan algunos individuos entre generaciones.
- Selección jerárquica: los individuos atraviesan múltiples rondas de selección en cada generación. Las evaluaciones de los primeros niveles son más rápidas y menos discriminatorias, mientras que los que sobreviven hasta niveles más altos son evaluados más rigurosamente. La ventaja de este método es que reduce el tiempo total de cálculo al utilizar una evaluación más rápida y menos selectiva para eliminar a la mayoría de los individuos que se muestran poco o nada prometedores, y sometiendo a una evaluación de aptitud más rigurosa y computacionalmente más costosa sólo a los que sobreviven a esta prueba inicial.

### 2.3.5 MÉTODOS DE CAMBIO

Una vez que la selección ha elegido a los individuos aptos, éstos deben ser alterados aleatoriamente con la esperanza de mejorar su aptitud para la siguiente generación. Existen dos estrategias básicas para llevar esto a cabo. La primera y más sencilla se llama mutación. Al igual que una mutación en los seres vivos cambia un gen por otro, una mutación en un algoritmo genético también causa pequeñas alteraciones en puntos concretos del código de un individuo.

El segundo método se llama cruzamiento, e implica elegir a dos individuos para que intercambien segmentos de su código, produciendo una "descendencia" artificial cuyos individuos son combinaciones de sus padres. Este proceso pretende simular el proceso análogo de la recombinación que se da en los cromosomas durante la reproducción sexual. Las formas comunes de cruzamiento incluyen al cruzamiento de un punto, en el que se establece un punto de intercambio en un lugar aleatorio del genoma de los dos individuos, y uno de los individuos contribuye todo su código anterior a ese punto y el otro individuo contribuye todo su código a partir de ese punto para producir una descendencia, y al cruzamiento uniforme, en el que el valor de una posición dada en el genoma de la descendencia corresponde al valor en esa posición del genoma de uno de los padres o al valor en esa posición del genoma del otro padre, elegido con un 50% de probabilidad.



**Figura 2.10. Cruzamiento y mutación:** El diagrama de arriba ilustra el efecto de estos dos operadores genéticos en los individuos de una población de cadenas de 8 bits. El diagrama superior muestra a dos individuos llevando a cabo un cruzamiento de un punto; el punto de intercambio se establece entre las posiciones quinta y sexta del genoma, produciendo un nuevo individuo que es híbrido de sus progenitores. El segundo diagrama muestra a un individuo sufriendo una mutación en la posición 4, cambiando el 0 de esa posición de su genoma por un 1.

### 2.3.6 VENTAJAS DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

- El primer y más importante punto es que los algoritmos genéticos son intrínsecamente paralelos. La mayoría de los otros algoritmos son en serie y sólo pueden explorar el espacio de soluciones hacia una solución en una dirección al mismo tiempo, y si la solución que descubren resulta subóptima, no se puede hacer otra cosa que abandonar todo el trabajo hecho y empezar de nuevo. Sin embargo, ya que los Ags tienen descendencia múltiple, pueden explorar el espacio de soluciones en múltiples direcciones a la vez. Si un camino resulta ser un callejón sin salida, pueden eliminarlo fácilmente y continuar el trabajo en avenidas más prometedoras, dándoles una mayor probabilidad en cada ejecución de encontrar la solución.

Sin embargo, la ventaja del paralelismo va más allá de esto. Considere lo siguiente: todas las cadenas binarias (cadenas de ceros y unos) de 8 dígitos forman un espacio de búsqueda, que puede representarse como  $*****$  (donde \* significa "0 o 1"). La cadena 01101010 es un miembro de este espacio. Sin embargo, también es un miembro del espacio  $0*****$ , del espacio  $01*****$ , del espacio  $0*****0$ , del espacio  $0*1*1*1*$ , del espacio  $10*01**0$ , etcétera. Evaluando la aptitud de esta cadena particular, un algoritmo genético estaría sondeando cada uno de los espacios a los que

pertenece. Tras muchas evaluaciones, iría obteniendo un valor cada vez más preciso de la aptitud media de cada uno de estos espacios, cada uno de los cuales contiene muchos miembros. Por tanto, un AG que evalúe explícitamente un número pequeño de individuos está evaluando implícitamente un grupo de individuos mucho más grande –de la misma manera que un encuestador que le hace preguntas a un cierto miembro de un grupo étnico, religioso o social espera aprender algo acerca de las opiniones de todos los miembros de ese grupo, y por tanto puede predecir con fiabilidad la opinión nacional sondeando sólo un pequeño porcentaje de la población. De la misma manera, el AG puede dirigirse hacia el espacio con los individuos más aptos y encontrar el mejor de ese grupo. En el contexto de los algoritmos evolutivos, esto se conoce como teorema del esquema, y es la ventaja principal de los Ags sobre otros métodos de resolución de problemas.

- Debido al paralelismo que les permite evaluar implícitamente muchos esquemas a la vez, los algoritmos genéticos funcionan particularmente bien resolviendo problemas cuyo espacio de soluciones potenciales es realmente grande –demasiado vasto para hacer una búsqueda exhaustiva en un tiempo razonable. La mayoría de los problemas que caen en esta categoría se conocen como “no lineales”. En un problema lineal, la aptitud de cada componente es independiente, por lo que cualquier mejora en alguna parte dará como resultado una mejora en el sistema completo. No es necesario decir que hay pocos problemas como éste en la vida real. La no linealidad es la norma, donde cambiar un componente puede tener efectos en cadena en todo el sistema, y donde cambios múltiples que, individualmente, son perjudiciales, en combinación pueden conducir hacia mejoras en la aptitud mucho mayores. La no linealidad produce una explosión combinatoria: el espacio de cadenas binarias de 1.000 dígitos puede examinarse exhaustivamente evaluando sólo 2.000 posibilidades si el problema es lineal, mientras que si no es lineal, una búsqueda exhaustiva

requiere evaluar 21.000 posibilidades –un número que, escrito, ocuparía más de 300 dígitos.

Afortunadamente, el paralelismo implícito de los Ags les permite superar incluso este enorme número de posibilidades, y encontrar con éxito resultados óptimos o muy buenos en un corto periodo de tiempo, tras muestrear directamente sólo regiones pequeñas del vasto paisaje adaptativo. Por ejemplo, un algoritmo genético desarrollado en común por ingenieros de General Electric y el Rensselaer Polytechnic Institute produjo el diseño de la turbina de un motor a reacción de altas prestaciones que era tres veces mejor que la configuración diseñada por humanos, y un 50% mejor que una configuración diseñada por un sistema experto que recorrió con éxito un espacio de soluciones que contenía más de 10.387 posibilidades. Los métodos convencionales para diseñar estas turbinas son una parte fundamental de proyectos de ingeniería que pueden durar hasta cinco años y costar más de 2.000 millones de dólares; el algoritmo genético descubrió esta solución en dos días, en una estación de trabajo de escritorio típica en ingeniería.

- Otra ventaja notable de los algoritmos genéticos es que se desenvuelven bien en problemas con un paisaje adaptativo complejo –aquéllos en los que la función de aptitud es discontinua, ruidosa, cambia con el tiempo, o tiene muchos óptimos locales. La mayoría de los problemas prácticos tienen un espacio de soluciones enorme, imposible de explorar exhaustivamente; el reto se convierte entonces en cómo evitar los óptimos locales –soluciones que son mejores que todas las que son similares a ella, pero que no son mejores que otras soluciones distintas situadas en algún otro lugar del espacio de soluciones. Muchos algoritmos de búsqueda pueden quedar atrapados en los óptimos locales: si llegan a lo alto de una colina del paisaje adaptativo, descubrirán que no existen soluciones mejores en las cercanías y concluirán que han alcanzado la mejor de todas, aunque

existan picos más altos en algún otro lugar del mapa.

Los algoritmos evolutivos, por otro lado, han demostrado su efectividad al escapar de los óptimos locales y descubrir el óptimo global incluso en paisajes adaptativos muy escabrosos y complejos. (Debe decirse que, en la realidad, a menudo no hay manera de decir si una cierta solución a un problema es el óptimo global o sólo un óptimo local muy alto. Sin embargo, aunque un AG no devuelva siempre una solución perfecta y demostrable a un problema, casi siempre puede devolver al menos una muy buena solución). Todos los cuatro componentes principales de los Ags – paralelismo, selección, mutación y cruzamiento- trabajan juntos para conseguir esto. Al principio, el AG genera una población inicial diversa, lanzando una ``red” sobre el paisaje adaptativo. Compara esto con un ejército de paracaidistas cayendo sobre el paisaje del espacio de búsqueda de un problema, cada uno de ellos con órdenes de buscar el pico más alto). Pequeñas mutaciones permiten a cada individuo explorar sus proximidades, mientras que la selección enfoca el progreso, guiando a la descendencia del algoritmo cuesta arriba hacia zonas más prometedoras del espacio de soluciones.

Sin embargo, el cruzamiento es el elemento clave que distingue a los algoritmos genéticos de los otros métodos como los trepacolinas y el recocido simulado. Sin el cruzamiento, cada solución individual va por su cuenta, explorando el espacio de búsqueda en sus inmediaciones sin referencia de lo que el resto de individuos puedan haber descubierto. Sin embargo, con el cruzamiento en juego, hay una transferencia de información entre los candidatos prósperos –los individuos pueden beneficiarse de lo que otros han aprendido, y los esquemas pueden mezclarse y combinarse, con el potencial de producir una descendencia que tenga las virtudes de sus dos padres y ninguna de sus debilidades.

Este punto está ilustrado por varios autores que analizan el problema de sintetizar un filtro de paso bajo utilizando programación genética. En una generación se seleccionaron dos circuitos progenitores para llevar a cabo el cruzamiento; un padre tenía una buena topología (componentes como inductores y condensadores colocados en el sitio correcto) pero malos tamaños (valores demasiado bajos de inductancia y capacidad para los componentes). El otro padre tenía mala topología pero buenos tamaños. El resultado de aparearlos mediante cruzamiento fue una descendencia con la buena topología de un padre y los buenos tamaños del otro, dando como resultado una mejora sustancial de la aptitud sobre sus dos padres.

El problema de encontrar el óptimo global en un espacio con muchos óptimos locales también se conoce como el dilema de la exploración versus explotación, un problema clásico de todos los sistemas que pueden adaptarse y aprender. Una vez que un algoritmo (o un diseñador humano) ha encontrado una estrategia para resolver problemas que parece funcionar satisfactoriamente, ¿debería centrarse en hacer el mejor uso de esa estrategia, o buscar otras? Abandonar una estrategia de probada solvencia para buscar otras nuevas casi garantiza que supondrá una pérdida y degradación del rendimiento, al menos a corto plazo. Pero si uno se queda con una estrategia particular excluyendo a todas las demás, corre el riesgo de no descubrir estrategias mejores que existen pero no se han encontrado. De nuevo, los algoritmos genéticos han demostrado ser muy buenos en dar con este equilibrio y descubrir buenas soluciones en un tiempo y esfuerzo computacional razonables.

- Otra área en el que destacan los algoritmos genéticos es su habilidad para manipular muchos parámetros simultáneamente. Muchos problemas de la vida real no pueden definirse en términos de un único valor que hay que minimizar o maximizar, sino que deben expresarse en términos de múltiples objetivos, a menudo involucrando contrapartidas: uno sólo puede mejorar a

expensas de otro. Los Ags son muy buenos resolviendo estos problemas: en particular, su uso del paralelismo les permite producir múltiples soluciones, igualmente buenas, al mismo problema, donde posiblemente una solución candidata optimiza un parámetro y otra candidata optimiza uno distinto, y luego un supervisor humano puede seleccionar una de esas candidatas para su utilización. Si una solución particular a un problema con múltiples objetivos optimiza un parámetro hasta el punto en el que ese parámetro no puede mejorarse más sin causar una correspondiente pérdida de calidad en algún otro parámetro, esa solución se llama óptimo paretiano o no dominada.

- Finalmente, una de las cualidades de los algoritmos genéticos que, a primera vista, puede parecer un desastre, resulta ser una de sus ventajas: a saber, los Ags no saben nada de los problemas que deben resolver. En lugar de utilizar información específica conocida a priori para guiar cada paso y realizar cambios con un ojo puesto en el mejoramiento, como hacen los diseñadores humanos, son relojeros ciegos; realizan cambios aleatorios en sus soluciones candidatas y luego utilizan la función de aptitud para determinar si esos cambios producen una mejora.

La virtud de esta técnica es que permite a los algoritmos genéticos comenzar con una mente abierta, por así decirlo. Como sus decisiones están basadas en la aleatoriedad, todos los caminos de búsqueda posibles están abiertos teóricamente a un AG; en contraste, cualquier estrategia de resolución de problemas que dependa de un conocimiento previo, debe inevitablemente comenzar descartando muchos caminos a priori, perdiendo así cualquier solución novedosa que pueda existir. Los Ags, al carecer de ideas preconcebidas basadas en creencias establecidas sobre “cómo deben hacerse las cosas” o sobre lo que “de ninguna manera podría funcionar”, los Ags no tienen este problema. De manera similar, cualquier

técnica que dependa de conocimiento previo fracasará cuando no esté disponible tal conocimiento, pero, de nuevo, los Ags no se ven afectados negativamente por la ignorancia. Mediante sus componentes de paralelismo, cruzamiento y mutación, pueden viajar extensamente por el paisaje adaptativo, explorando regiones que algoritmos producidos con inteligencia podrían no haber tenido en cuenta, y revelando potencialmente soluciones de asombrosa e inesperada creatividad que podrían no haberseles ocurrido nunca a los diseñadores humanos. Un ejemplo muy gráfico de esto es el redescubrimiento, mediante la programación genética, del concepto de retroalimentación negativa –un principio crucial para muchos componentes electrónicos importantes de hoy en día, pero un concepto que, cuando fue descubierto en primera instancia, se le denegó una patente de nueve años porque el concepto era demasiado contrario a las creencias establecidas. Por supuesto, los algoritmos evolutivos no están enterados ni preocupados de si una solución va en contra de las creencias establecidas –sólo de si funciona.

### 3. ANÁLISIS

#### 3.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS

A partir de las ideas consignadas en [Alvarado Agudelo] y de las reuniones que sostuvimos con nuestra codirectora, planteamos la especificación definitiva de requisitos así:

VPI deberá cumplir con los siguiente requisitos

- Contar con una colección de conceptos básicos acerca de la valoración de portafolios de inversión que los estudiantes puedan consultar cuando deseen.
- Ahondar en el concepto de *título valor* involucrando al estudiante en la dinámica de las relaciones entre las características de un título.
- Permitir construir portafolios de inversión al gusto del profesor.
- Permitir crear títulos valor al gusto del profesor.
- Permitir crear matrices de correlaciones al gusto del profesor.
- Contar con un glosario disponible para consultar en cualquier momento. El profesor debe poder administrar dicho glosario.
- Contar con herramientas para crear escenarios definiendo las características de un portafolio de inversión y las condiciones para el mercado. Estos escenarios se deben poder simular de manera que el usuario tome decisiones según crea conveniente.
- Contar con reportes agradables con resultados de simulación de escenarios.
- El profesor debe poder coordinar una actividad grupal donde todos sus estudiantes trabajen sobre el mismo escenario en sus respectivos computadores. Los resultados consolidados de dichas actividades deben ser de fácil administración para el profesor y debe poderse imprimir dichos resultados en un reporte consolidado.
- Debe ser posible compartir entre sistemas VPI la información que ellos contienen.

- El sistema debe contar con un completo manual de usuario.
- Se debe contar con animaciones que mediante ejemplos expliquen al usuario el uso de las funciones del sistema que tienen que ver directamente con la valoración de portafolios de inversión.
- Debe haber mecanismos de seguridad que aseguren la integridad de la información que el profesor obtiene de parte de sus estudiantes.

## 4. DISEÑO

### 4.1 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto se acota a lo definido en la especificación de requisitos. A continuación se detallará la forma en que en la etapa de diseño se planeó dar solución a los requisitos planteados.

EL funcionamiento del sistema, fuera de contener información útil, consiste en mantener colecciones de título y matrices de correlaciones administradas por el profesor, con el fin de construir lo que hemos llamado modelos.

Un modelo es un escenario de simulación que consta de esta información:

- Un conjunto de títulos que se encuentran disponibles en el portafolio del estudiante al iniciar la simulación.
- Un conjunto de títulos que se encuentran disponibles para comprar en el mercado al iniciar la simulación.
- Una matriz de correlaciones junto con las volatilidades de TES y DTF que rigen el mercado del escenario.
- Una cantidad de dinero de que el estudiante dispone al iniciar la simulación.
- La fecha en la que se valora un portafolio.


Las simulaciones consisten en partir de un modelo pre definido y tomar decisiones de comprar o vender títulos para conseguir uno de tres objetivos según sea el tipo de modelo:





- Reducir el valor en riesgo VaR del portafolio tanto como sea posible.
- Conformar desde cero un portafolio con un VaR tan pequeño como sea posible.

- Liberar una determinada cantidad de capital del portafolio, cuidando que en lo posible el VaR no se modifique negativamente.

#### 4.1.1 MÓDULOS DEL SISTEMA

Dado el carácter modular de este proyecto, comenzamos por definir los módulos que contendrá el sistema.

ÍCONO	NOMBRE DEL MÓDULO	PROPÓSITO DEL MÓDULO
	Glosario	Dar acceso al glosario donde se encuentra un listado de fácil y agradable consulta de términos financieros.
	Conceptos Básicos	Estudiar los conceptos que fundamentan el estudio de los portafolios de inversión
	Simulación de títulos	Simular un título valor, modificando sus características, a fin de conocer la relación entre un cambio en dichas características y factores de gran importancia como la sensibilidad y la duración
	Administrar títulos	Administrar todos los títulos con que cuenta la base de datos del sistema
	Administrar matrices	Administrar todas las matrices de correlaciones con que cuenta la base de datos del sistema

	Administrar modelos	Administrar los modelos con que se cuenta en el sistema.
	Simular Modelos	Iniciar una simulación de un modelo determinado.
	Datos Estudiante	Ver los resultados del desempeño de un estudiante que simuló un modelo.
	Datos Grupo	Ver los resultados del desempeño de un grupo de estudiantes de una sola vez.

**Cuadro 5. Módulos diseñados para VPI**

#### 4.2 ESQUEMA DE ACCESO A DATOS

Se decidió plantear un esquema que sobreviviera a un ambiente como el de una asignatura donde los diferentes usuarios deben poder interactuar entre ellos sin necesidad de contar con una red efectivamente conectada entre ellos.

El intercambio de información entre estaciones de trabajo se basa en archivos que se exportan e importan desde VPI. Desde los módulos de administración se puede exportar información a un archivo. Por ejemplo desde el módulo de administración de títulos se pueden exportar un conjunto de títulos para que otro usuario en otro equipo los importe.

En la base de datos de cada equipo se mantiene una colección de títulos, matrices y modelos. Sin embargo, la matriz y los títulos referenciados en cada modelo no tienen vínculo alguno con los títulos y matrices de la base de datos. Se definió

esto así con el fin de flexibilizar al máximo el trabajo grupal mediante exportación e importación de modelos sin el inconveniente de requerir que los títulos de un modelo a importar existan en la base de datos del equipo que importa.

Cada uno de los modelos en la base de datos local cuenta con un archivo de respaldo en donde se almacena la información completa acerca de él.

Según lo descrito, el sistema de base de datos no es relacional. Se decidió sacrificar la formalidad de la estructura en pro de la flexibilización de los procesos que desarrollan los usuarios.

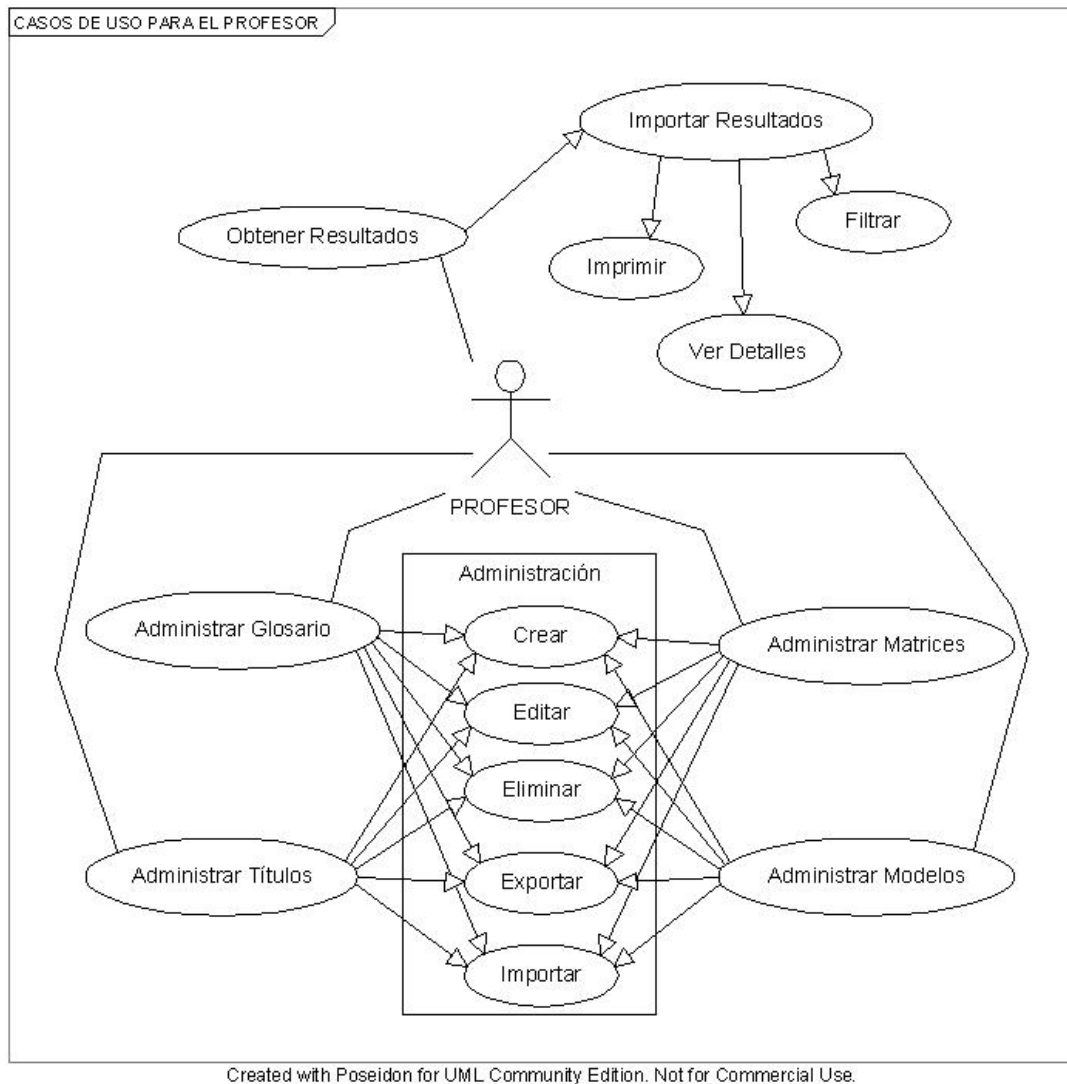
### **4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS DEL SISTEMA**

Se definió que VPI cuente con dos tipos de usuarios: profesor y estudiante. El sistema delimita las acciones y responsabilidades que a cada uno de ellos corresponde.

#### **4.3.1 USOS DEL SISTEMA POR PARTE DEL PROFESOR**

Son diversos los usos de VPI que se han definido para el profesor. A continuación se describen los más relevantes.

De la figura se destacan los usos *Importar* y *Exportar*. Para el glosario, las matrices, los títulos y los modelos, es posible exportar a un archivo información seleccionada a fin de ser usada en otro equipo mediante importación. El glosario se exporta e importa completo. Los títulos y las matrices se exportan en paquetes de matrices y títulos que el usuario selecciona. Los modelos se exportan individualmente.

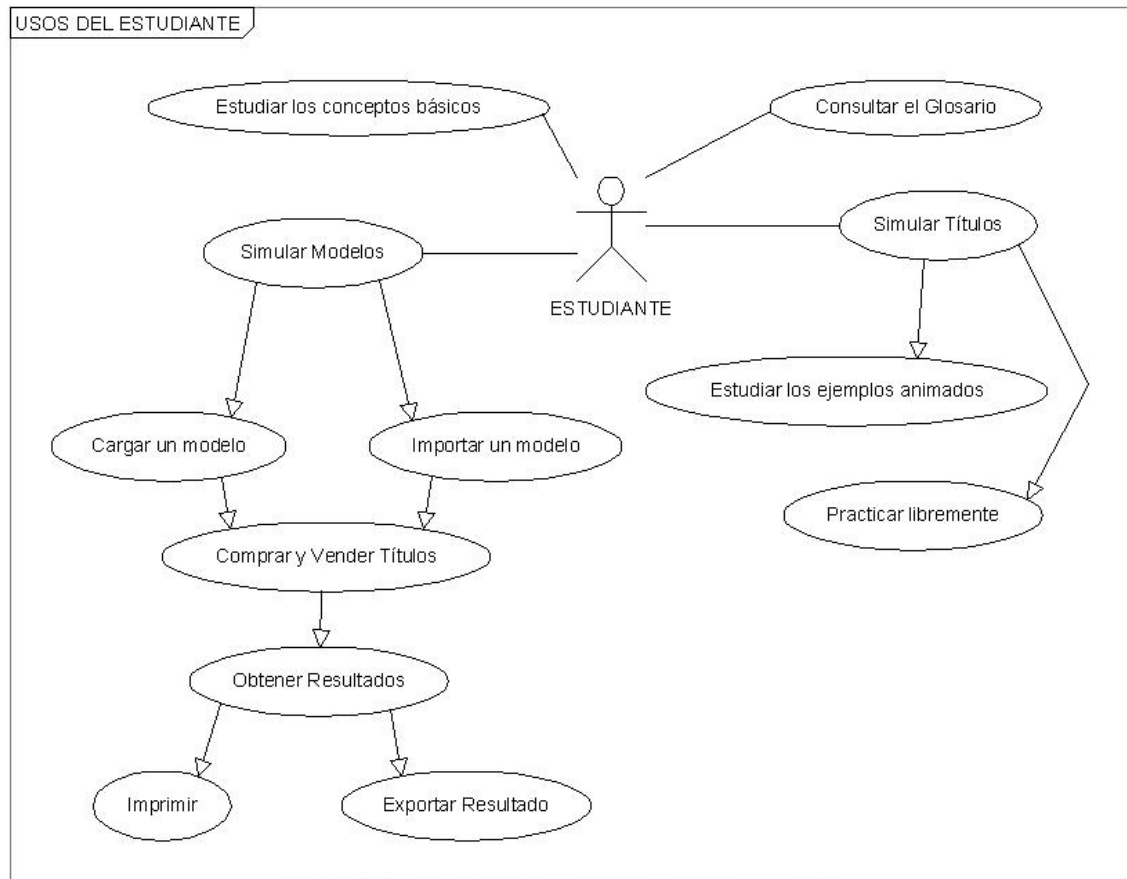


**Figura 4.1.: Casos de uso para el profesor**

La obtención de resultados consiste en que el profesor importa uno o más archivos de resultados de sus estudiantes. Una vez los ha importado, puede filtrar los resultados según:

- Correspondan a un determinado curso.
- Hayan sido obtenidos a partir de un modelo determinado.
- Correspondan a un determinado tipo de modelo.

### 4.3.2 USOS DEL SISTEMA POR PARTE DEL ESTUDIANTE



**Figura 4.2.: Casos de uso para el estudiante**

Como se observa en el gráfico, el estudiante le da a VPI cuatro usos: consulta de los conceptos generales y del glosario, simulación de títulos y simulación de modelos.

En la actividad más relevante, la de simular modelos, el estudiante tiene la opción de escoger entre simular un modelo importándolo directamente o simular un modelo de los existentes en la base de datos local.

Tanto para la simulación de títulos como para la de modelos debe existir la posibilidad de ver una animación que muestre de forma agradable y ágil la mecánica de las simulaciones.

#### **4.4 CONDICIONES DE USO ESPERADAS PARA EL SISTEMA**

VPI ha sido diseñado pensando en apoyar el desarrollo de una asignatura cualquiera en la que la medición del riesgo de portafolios de inversión sea materia de estudio.

##### **4.4.1 CONDICIONES FÍSICAS**

Se requiere que cada uno de los usuarios cuente con un computador disponible. No es requisito que los equipos de los estudiantes involucrados en una asignatura estén conectados de manera alguna. VPI es apropiado tanto para usarlo en el tiempo de clase como para complementar la misma a modo de trabajo en casa.

Las funciones de VPI que implican interacción entre usuarios cuentan con mínimos requisitos físicos. Se pueden sustentar en cualquier dispositivo de almacenamiento como disquetes, discos compactos, etc. El correo electrónico puede servir para este propósito dado que lo único que se necesita es intercambiar archivos de texto plano de poco volumen.

##### **4.4.2 CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN**

VPI ha sido diseñado para poder instalarse en casi cualquier equipo sin necesidad de hacer más que unos clicks en el botón *siguiente*.

Esto es de resaltar ya que VPI hace uso de un sistema manejador de bases de datos de última generación. Estas prestaciones se lograron al elegir como motor de base de datos **Firebird 1.5 Embedded Edition**. Este sistema permite usar todo el poder de un servidor de bases de datos, sin necesidad de instalar dicho servidor

en las máquinas de los usuarios. Basta con distribuir un archivo dll para que el sistema esté listo y en funcionamiento. Además de prestar estas ventajas, firebird es de código abierto, por lo cual resultó ser una opción ideal en el desarrollo de este software.

#### **4.5 ESQUEMA DE AUTENTICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS**

Se planteó que cualquier estudiante pueda entrar al sistema sin necesidad de un registro previo. A diferencia de esto, el profesor, quien instala el sistema, tiene una clave que le permite ingresar como usuario registrado y disponer de más opciones debido a su condición de administrador.

Así mismo, el profesor podrá crear usuarios registrados para que otras personas cuenten con los mismos privilegios que él.

Los estudiantes pueden entrar al sistema sin registro previo; sin embargo, cada vez que acceden se les solicita su código y nombre, a fin de identificarlo al interior del sistema. Estos datos se deben recordar para que un estudiante que use el sistema en un equipo no tenga que digitar nuevamente su nombre, sino que al digitar el código su nombre se cargue al instante.

#### **4.6 HERRAMIENTAS SELECCIONADAS PARA EL DESARROLLO**

Por ser una herramienta de gran versatilidad para lograr interfaces agradables al usuario, se escogió a **Delphi 7** como herramienta primaria de codificación. Como se mencionó antes, como motor de base de datos se decidió usar **Firebird 1.5** para el desarrollo y **Firebird 1.5 Embedded** para la producción.

## **5. DESARROLLO**

### **5.1 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE APOYO**

Debido a que el software a desarrollar tiene fines pedagógicos, es necesario contar con interfaces gráficas llamativas para mantener la atención de los usuarios, debido a esto se desarrollaron botones en Macromedia Flash MX, así como también algunas animaciones que permiten ver el funcionamiento de los módulos de simulación, facilitando a los usuarios el manejo de la Herramienta.

El Manual para los usuarios fue desarrollado en Macromedia Dreamweaver MX, con el fin de desarrollar un manual semejante a un portal Web con vínculos que permitan el fácil acceso a la información, así como poder mostrarla de forma agradable al usuario.

Para el manejo de Gráficos e Imágenes, tanto en los botones de la barra de acceso, como en los diferentes botones de las aplicaciones y ayudas, se manejó Paint por el uso y la facilidad de los Mapas de Bits y variedades de color permitidos en ellos, en combinación con VCW VicMan's Photo Editor en casos de modificaciones complejas de graficas.

### **5.2 DESARROLLO DE HERRAMIENTA SOFTWARE**

El Software elaborado para el área de evaluación de la conformación de portafolios de inversiones, tendrá dos tipos de usuarios, diferenciados por los permisos de administración de las Bases de Datos e Información, restringiendo a los usuarios sin permisos en la manipulación de los datos y el seguimiento de los resultados de los estudiantes.

Los módulos en los que se baso el diseño del software, se desarrollaron en múltiples interfaces dirigidas a los usuarios finales como se puede verificar a continuación:

### 5.2.1 Interfaz de Ingreso

En la Figura 5.1 se muestra el ingreso a La Herramienta Software llamada VPI Valorando Portafolios de Inversión, a partir de esta se accede a la interfaz de registro mostrada en la Figura 5.2, en la cual el usuario hará distinción en si es un usuario normal (estudiante) o un usuario con permisos de administración (Profesor).

Seguido al registro del usuario, podrá acceder al Módulo Principal de la Herramienta Software el cual contiene vínculos a todos los módulos que la componen.



Figura 5.1. Ingreso a VPI.



VALORANDO PORTAFOLIOS  
DE INVERSIÓN  
SISTEMAS - UIS

Usuario:

Código:

Nombre:

**Figura 5.2. Registro del usuario.**

### **5.2.2 Módulo Principal**

El módulo principal de la Herramienta Software se diseñó con el fin de vincular todos los Módulos tanto conceptuales y de simulaciones, como los de seguimiento a los alumnos. Para dicho módulo se dispuso la interfaz mostrada en la Figura 5.3. y la Figura 5.4.

Esta interfaz está compuesta por el Menú principal en el que se encuentran, Contenidos, Simulación, Administrador y Ayudas, seguido al menú principal está la Barra de Accesos con vínculos a los principales Módulos del Software.

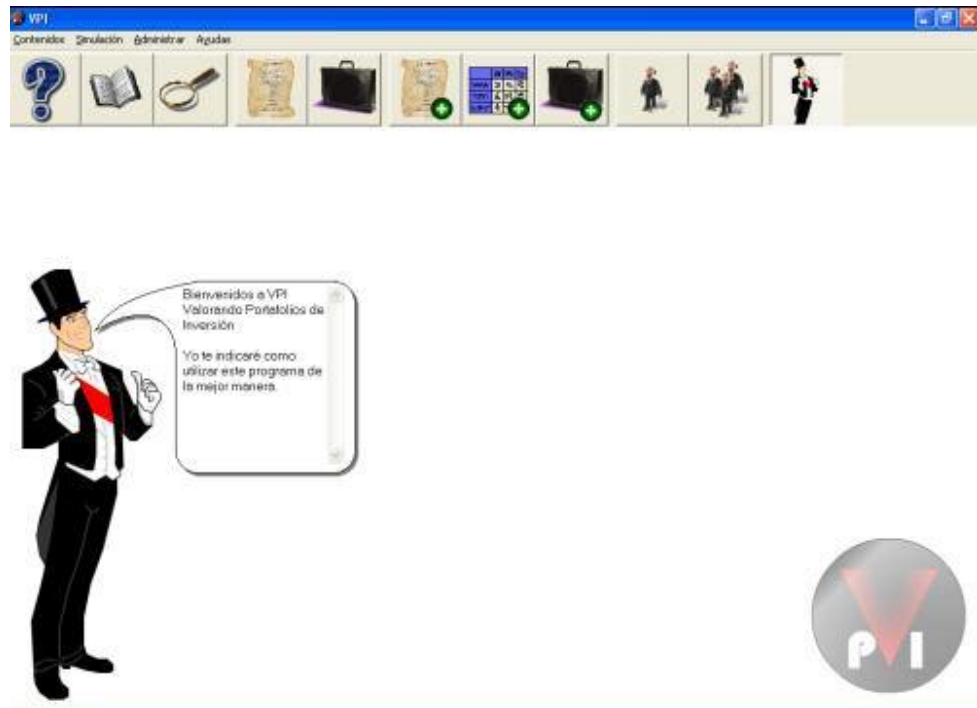


Figura 5.3. Interfaz Principal (Profesor).

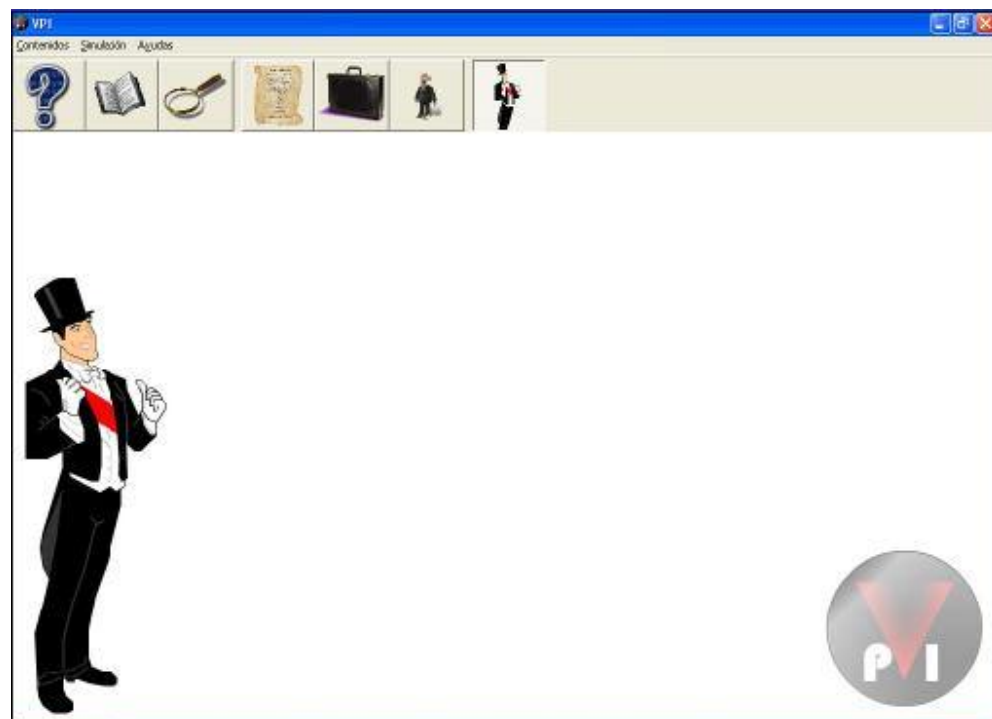


Figura 5.4. Interfaz Principal (Estudiante).

### **5.2.3 Módulo de Conceptos.**

En este Módulo se encuentran los conceptos básicos que se deberán conocer y practicar para entender la metodología de la conformación de los portafolios y principalmente de la evaluación de portafolios de Inversión basándose en el Valor en Riesgo Var.

Este Módulo está compuesto por dos interfaces, la interfaz de conceptos, como se muestra en la Figura 5.5 y la interfaz del Glosario, como se muestra en la Figura 5.6.

La interfaz de los Conceptos Básicos, contiene en la parte izquierda una ventana deslizante con los conceptos que serán objeto de estudio ordenados de manera secuencial, al ser seleccionados la ventana se apartará permitiendo observar el concepto de interés de manera total.

En el Glosario se encuentra una recopilación de los principales términos Financieros que serán de importancia en el desarrollo de la conformación de Portafolios y en la evaluación de los mismos mediante el riesgo.

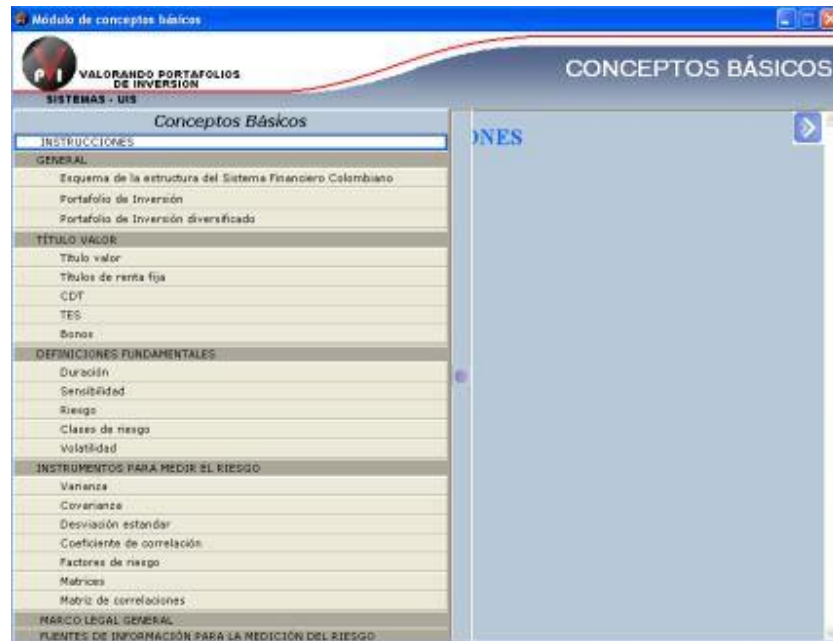


Figura 5.5. Conceptos Básicos

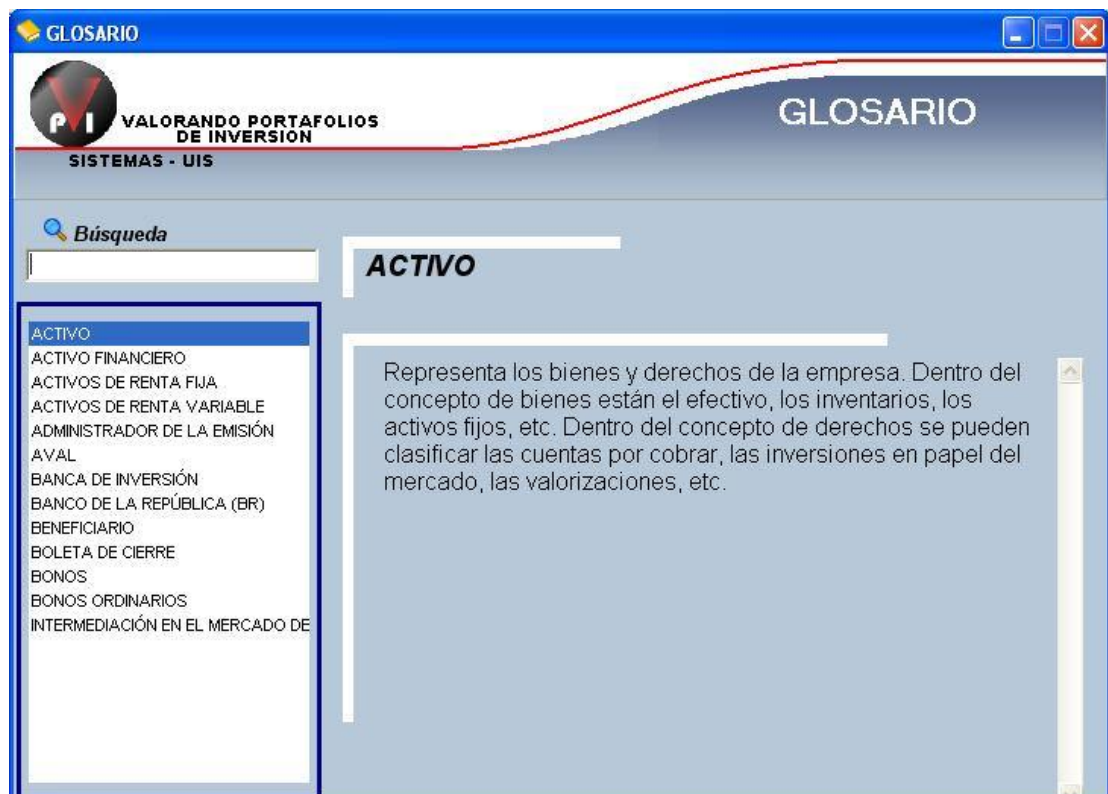


Figura 5.6. Glosario.

### 5.2.4 Módulo de Simulaciones.

Las simulaciones disponibles en la Herramienta Software son de dos tipos, las simulaciones de Títulos Valor y las simulaciones de Conformación y Variación de Portafolios de Inversiones.

La interfaz designada a la simulación de Títulos Valor que se muestra en la Figura 5.7., cuenta con demostraciones de manejo de la misma, presionando los botones dispuestos en la parte izquierda, en los cuales se muestran los principales escenarios de variación que afectan el comportamiento de los Títulos a termino fijo.



Figura 5.7. Simulación de Títulos Valor.

En la interfaz de simulación se contará con los datos de un Título que pueden ser modificados para apreciar los escenarios de variación, además, es posible modificar el escenario principal con el cual se compara el escenario actual para el cálculo de las Sensibilidades.

En la Parte Derecha se encuentra un Historial con las simulaciones realizadas anteriormente, permitiendo acceder nuevamente a ellas.

En la parte Inferior se encuentran la tabla resumen en la parte izquierda, que corresponde a una comparación de la simulación actual con la simulación definida como principal, y en la parte derecha se encuentra la Tabla con los datos de la simulación actual.

Al ingresar a las simulaciones de portafolios, se desplegará una ventana como se muestra en la Figura 5.8., en la cual se procede a cargar la simulación deseada, ya sea una de las correspondientes en la Base de Datos o desde un archivo exportado con los datos de la simulación (\*.VPIM).



**Figura 5.8. Cargar simulación de Portafolios.**

En esta interfaz también se desarrollo un tutorial para facilitar el manejo de los usuarios con este módulo.

Después de cargar la simulación deseada, esta se cargará en una nueva interfaz como lo muestra la Figura 5.9., en la cual debemos cumplir el objetivo propuesto por la simulación, que es descrito en la parte superior de la ventana.



**Figura 5.9. Simulación de Portafolios.**

El usuario cuenta con un portafolio compuesto por un número definido de Títulos Valor y una cantidad de Capital Disponible a la Inversión y basado en esto debe comprar y vender Títulos con el fin de cumplir uno de los tres posibles objetivos de la simulación, que son:

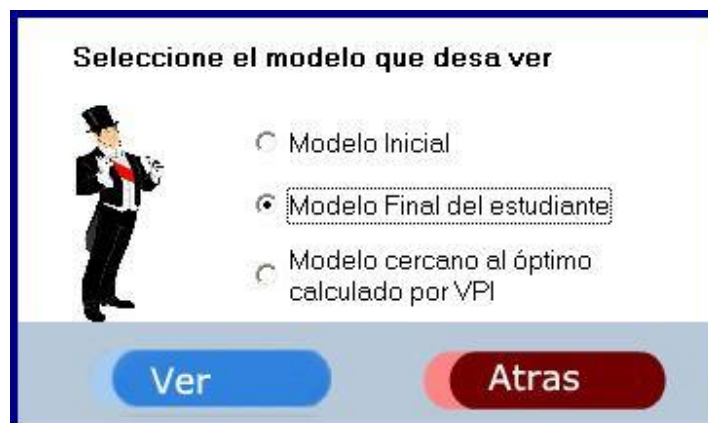
- Reducir el VaR de un Portafolio: Mediante un portafolio conformado y una cantidad definida de títulos en el mercado, se sugiere que el usuario reduzca el porcentaje de capital adverso al riesgo con respecto al valor del portafolio
- Conformar un Buen Portafolio: Se posee un capital disponible a inversión y con este se debe comprar los Títulos deseados del mercado, procurando tener el menor VaR posible.
- Liberar Capital de un Portafolio: En un portafolio ya conformado, se desea liberar una determinada cantidad de capital que se logrará vendiendo Títulos Valor, el usuario debe elegir los títulos que venderá o cambiará con el fin de liberar dicha cantidad.

Al finalizar la simulación, se desplegará una nueva interfaz en la cual se encuentran los resultados obtenidos por el estudiante como se muestra en la Figura 5.10., en la cual se encuentran los principales datos del portafolio inicial, los datos del Portafolio obtenido por el estudiante y los datos de un Portafolio cercano al óptimo conseguido mediante Algoritmos Genéticos para servir como punto de comparación.



**Figura 5.10. Resultados de la Simulación**

Desde esta interfaz de resultados, es posible tener acceso al portafolio final o el inicial de la simulación, y si se tiene acceso, al Portafolio generado mediante Algoritmos Genéticos presionando el Botón Ver, esto desplegará la Ventana Mostrada en la Figura 5.11.



**Figura 5.11. Ver Portafolios.**

Además de poder exportar los resultados generados mediante archivos de tipo \*.VPIR, es posible generar un reporte impreso como lo muestra la Figura 5.12., presionando el botón Imprimir.

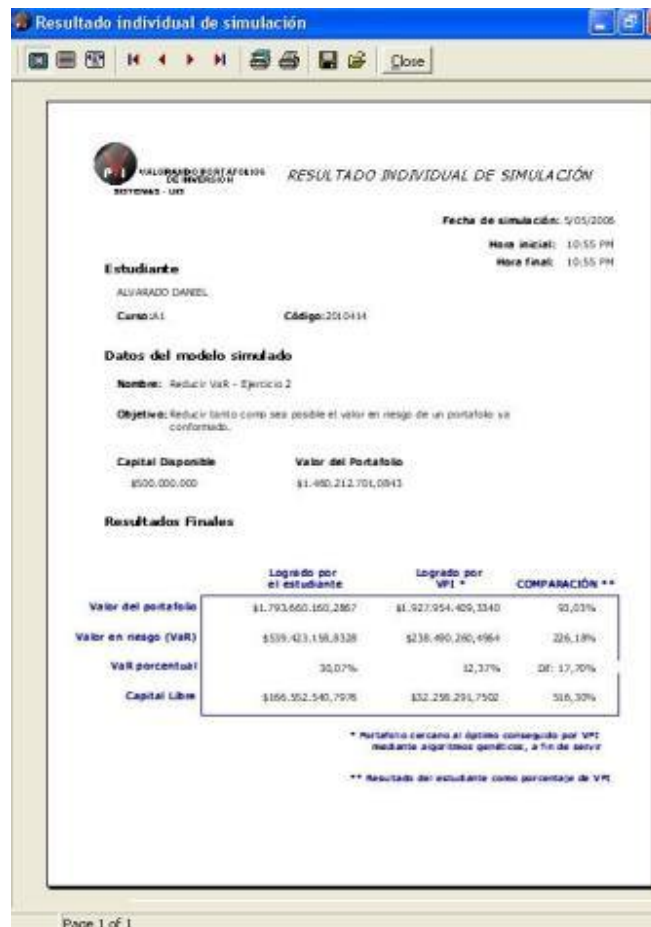


Figura 5.12. Reporte del Usuario

### 5.2.5 Módulo de Administración

El Módulo Administrativo, permiten modificar la información de la Base de Datos, por lo tanto el ingreso a estos Módulos esta restringido para los usuarios normales

de la Herramienta, únicamente los usuarios con privilegios administrativos podrán ingresar a dichos módulos.

Este Módulo está compuesto por la administración de Títulos, Matrices, Modelos, Glosario y recuperación de datos.

### 5.2.5.1 Administración de Títulos.

Para la administración de Títulos se dispuso la interfaz gráfica mostrada en la Figura 5.13., permitiendo a los usuarios desarrollar las principales actividades administrativas como los son crear, modificar y eliminar los títulos de la Base de Datos.

The screenshot shows a web application window titled 'F Nue Título'. The main content area is titled 'ADMINISTRAR TÍTULOS'. On the left, there is a logo for 'VALORANDO PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN' and 'SISTEMAS - UIS'. The form contains the following fields:

- Tipo de Título: BONO
- Emisor: Bancafe
- Valor Nominal: 400.000.000
- Tasa del Título (%): 9
- Plazo de la Tasa: Trimestral
- Tasa del Mercado (%): 10.039999961853
- Plazo de la Tasa: Trimestre Vencido
- Fecha de Vencimiento: 31/01/2003

On the right, there is a list titled 'OTROS TÍTULOS' with the following items:

- 0 -> Bono - \$216.000.000 - AVAL S.A.
- 1 -> Bono - \$60.000.000 - Bancafe
- 2 -> Bono - \$400.000.000 - Bancafe
- 3 -> Bono - \$200.000.000 - Bonos del Distrito
- 4 -> Bono - \$300.000.000 - Conavi
- 5 -> Bono - \$6.000.000 - Conavi
- 6 -> Bono - \$150.000.000 - Davvienda
- 7 -> Bono - \$350.000.000 - Davvienda
- 8 -> Bono - \$80.000.000 - Emp. Acueducto
- 9 -> Bono - \$300.000.000 - Leasing Occidente
- 10 -> Bono - \$100.000.000 - SOFASA S.A.
- 11 -> CDT - \$230.000.000 - Banco Popular
- 12 -> CDT - \$500.000.000 - IFI

At the bottom, there are buttons for 'CREAR', 'Modificar', 'Eliminar', 'Exportar', 'Importar', and 'Atras'.

Figura 5.13. Administración de Títulos.

En la interfaz de administración de Títulos, se permite exportar un número determinado de títulos con el fin de trasladarlos a una Base de Datos Remota permitiendo la continua actualización de la misma.

### 5.2.5.2 Administración de Matrices.

Otro de los datos importantes en la evaluación de un portafolio mediante el Valor en Riesgo es la matriz de Covarianzas y la volatilidad de determinado tipo de Títulos, con el fin de administrar esta información se genero la interfaz mostrada en la Figura 5.14, permitiendo crear, modificar y eliminar Matrices, además me exportar e importar las mismas hacia y desde una Base de Datos remota.

Administración de Matrices de Correlaciones

VALORANDO PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN

SISTEMAS - UIS

ADMINISTRAR MATRICES

Superbancaria 038 2002

	DTF	REPOS	BITER	REAL	LIBOR	COBS	MM	TES	UVR	TRM	EURO	YEH	IGBC	RFOND	FJA
DTF	1	0.82	0.87	0.8	0.85	0.85	0.67	0.7	0.79	0.6	0.11	0.71	-0.46	0	0
REPOS	0.82	1	0.6	0.67	0.69	0.72	0.38	0.51	0.87	0.58	0.33	0.37	-0.43	0	0
BITER	0.87	0.6	1	0.75	0.89	0.65	0.9	0.58	0.66	0.64	-0.85	0.62	-0.58	0	0
REAL	0.8	0.67	0.75	1	0.87	0.46	0.64	0.74	0.7	0.77	0.52	0.47	-0.68	0	0
LIBOR	0.85	0.69	0.89	0.87	1	0.58	0.78	0.69	0.8	0.82	0.23	0.54	-0.8	0	0
COBS	0.85	0.72	0.65	0.46	0.58	1	0.33	0.31	0.57	0.2	-0.69	0.7	-0.86	0	0
MM	0.67	0.38	0.9	0.64	0.78	0.33	1	0.64	0.51	0.74	0.19	0.37	-0.74	0	0
TES	0.7	0.51	0.58	0.74	0.69	0.31	0.64	1	0.74	0.72	0.39	0.35	-0.63	0	0
UVR	0.79	0.87	0.66	0.7	0.8	0.57	0.51	0.74	1	0.73	0.38	0.31	-0.43	0	0
TRM	0.6	0.58	0.64	0.77	0.82	0.2	0.74	0.72	0.73	1	0.57	0.16	-0.93	0	0
EURO	0.11	0.33	-0.85	0.12	0.23	-0.69	0.19	0.39	0.38	0.57	1	-0.17	-0.51	0	0
YEH	0.71	0.37	0.62	0.47	0.54	0.7	0.37	0.35	0.31	0.16	-0.17	1	-0.85	0	0
IGBC	-0.46	-0.43	-0.58	-0.68	-0.8	-0.85	-0.74	-0.63	-0.63	-0.93	-0.51	-0.85	1	0	0
RFOND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
FJA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Volatilidad DTF: 30      Volatilidad TES: 150

Exportar      CREAR      Modificar      Eliminar      Importar      Atras

Figura 5.14. Administrar Matrices.

### 5.2.5.3 Administración de Modelos.

Los Modelos que son objeto de simulaciones, pueden ser creados desde este módulo, permitiendo variar las simulaciones y los resultados esperados de las mismas de forma constante.

Cada Modelo contiene Títulos que se pueden encontrar en el Mercado o en el Portafolio, además de una matriz de Covarianzas con sus respectivas Volatilidades utilizada para el cálculo del VaR del Portafolio, es debido a esto, que esta interfaz contiene vínculos a los diferentes interfaces administrativas.

Para la administración de los Modelos se dispuso la interfaz mostrada en la Figura 5.15., permitiendo a los usuarios crear, modificar y eliminar los modelos que se encuentran en la Base de Datos, así como la exportación de los mismos para que sean objeto de las simulaciones.

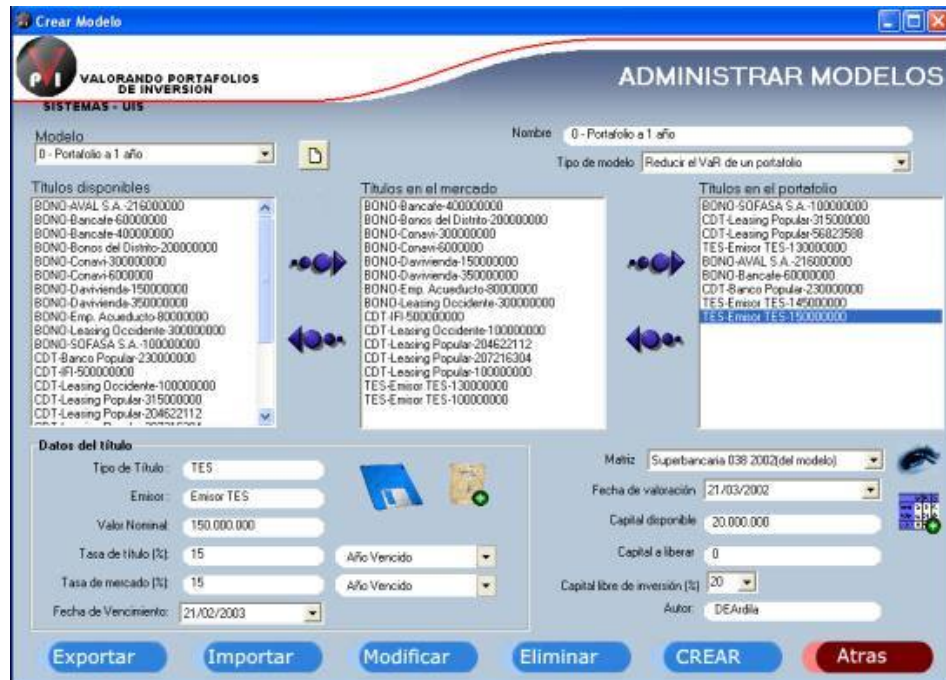


Figura 5.15. Administrar Modelos.

#### 5.2.5.4 Administración del Glosario.

El Glosario puede ser modificado teniendo los permisos administrativos, para dicha opción se dispuso la interfaz mostrada en la Figura 5.16., permitiendo la creación, edición, eliminación, exportación e importación de los términos que componen el glosario.



Figura 5.16. Administración del Glosario

#### 5.2.5.5 Recuperación de Datos Eliminados.

Todos los datos que son eliminados desde los diferentes módulos administrativos, no son eliminados del todo de la Base de Datos del sistema, permitiendo recuperar información eliminada por error. Para dicha operación se dispuso la interfaz mostrada en la Figura 5.17., en la cual se ve como los datos eliminados pueden ser retornados a sus lugares de origen o eliminarlos totalmente.

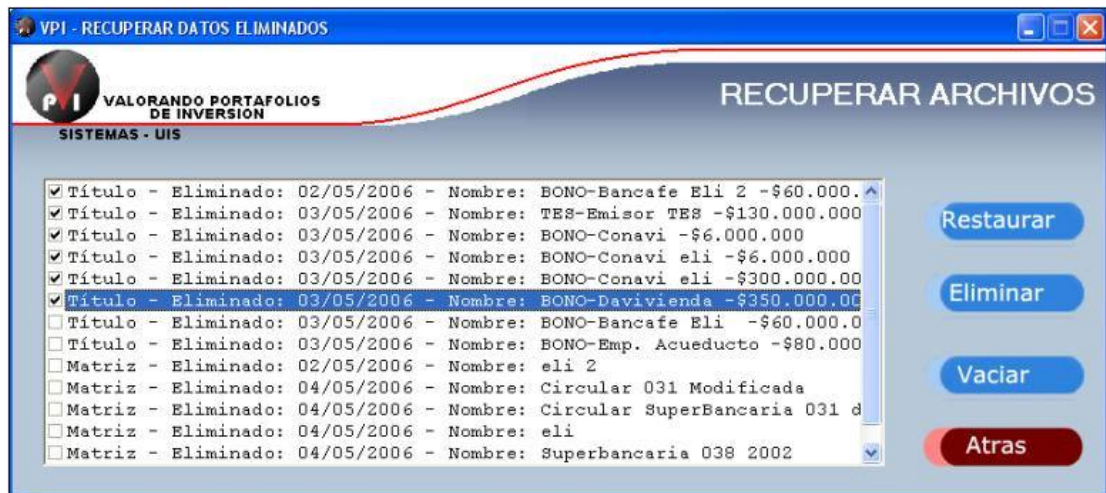


Figura 5.17. Recuperación de Archivos

### 5.2.6 Módulos de Resultados

Los usuarios con permisos administrativos, tienen acceso a un módulo especial, en el cual podrán importar los resultados obtenidos por sus estudiantes y generar consolidados con los reportes deseados. Para dicha función se dispuso de la interfaz mostrada en la Figura 5.18.

En esta interfaz los usuarios administradores (Profesores), podrán tener varios resultados de simulaciones generados por usuarios normales (Estudiantes) y ver los resultados individuales de cada uno de ellos y compararlos con respecto a los demás, o filtrarlos a conveniencia para observar el desempeño de algún curso

Además podrá generar reportes de los resultados deseados y guardarlos o cargar otros como se muestra en la Figura 5.19., permitiendo imprimir los mismos.

**VALORANDO PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN**  
SISTEMAS - UIS

**Resultados grupales**

#	Grupo	Código	Apellidos	Nombres	Resultado
1	03	2010415	Torres	Juho	0,25%
2	03	2010432	Ardila	Daniel	3,84%
3	03	2010415	Alvarado	Daniel	4,55%

Mostrados: 3 Filtros: 0

Tipo de modelo:   Reducir el VaR de un portafolio  Curso:  **Filtrar**

**Importar Ver Imprimir Atras**

Figura 5.18. Módulo de Cursos

**Resultado individual de simulación**

**VALORANDO PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN**  
SISTEMAS - UIS

**RESULTADO GRUPAL DE SIMULACIÓN**

19/09/2006 22:16:23

#	Curso	Código	Estudiante	VaR estudiante	VaR VPI	Diferencia	Capital Libre	Capital a liberar
1	1A	21564	ASDA DEMODELO	12,61%	5,17%	3,44%	\$293.000.000	
2	A1	2010432	ARDELA DANIEL	12,71%	8,84%	3,87%	\$331.508.394,2786	
3	A1	2010414	ALVARADO JAIME	12,71%	8,84%	3,87%	\$331.508.394,2786	
4	A2	2010414	ALVARADO DANIEL	30,07%	12,37%	17,70%	\$166.352.540,7976	
5	A1	2010414	ALVARADO DANIEL	30,07%	12,37%	17,70%	\$166.352.540,7976	
6	A2	2014506	CABALLERO REDRO	45,11%	18,67%	26,44%	\$250.482.242,2998	\$500.000.000

Page 1 of 1

Figura 5.19. Reporte de Curso.

## **6. PRUEBAS**

### **6.1 Pruebas de datos faltantes**

Se validaron todos los datos de entrada que son netamente necesarios para el desarrollo de la aplicación, para algunos datos que no son indispensables, en caso de ser nulos se sugiere a los usuarios finales que los verifiquen.

### **6.2 Prueba de valores invalidados.**

Debido al trabajo financiero que debe desarrollar el software y el constante uso de números, en especial números con cifras decimales, se encontró un gran problema que variaba, dependiendo de la configuración regional del equipo en el que corría la Herramienta Software, debido a que datos importantes como lo son las tasa de los Títulos en un Modelo a simular, podrían haber sido generadas en un equipo con una configuración que determine que el separados de cifras decimales sea la coma (,), generando errores al momento de importar dicho Modelo en un equipo que tenga configurado el separador decimal con el punto (.).

Este error se corrigió capturando los datos del Sistema Operativo que indican cual es el separador decimal y cual es el separador de miles, desarrollando una interfaz que remplace los separadores en los datos importados por los respectivos separadores determinados en la Configuración regional del Computador.

### **6.3 Prueba de rango.**

Las pruebas de rango desarrolladas para la creación de Títulos, llevaron a desarrollar advertencias cuando las tasas estaban superando valores reales como lo es el 100% o más, pero permitiendo que el usuario introduzca dichos datos, a diferencia de las matrices de covarianzas en las que los datos superiores a uno (1) e inferiores a menos uno (-1), son datos inválidos y por lo tanto no admisibles.

#### **6.4 Pruebas de Carga y Rendimiento**

Este tipo de prueba tiene por principal objetivo probar el funcionamiento del software desarrollado bajo condiciones extremas. Estudia el rendimiento al aumentar la cantidad de componentes disponibles en una simulación y los tiempos de respuesta del software en las salidas y procesamiento de datos.

Cabe destacar que todas estas pruebas están determinadas en gran parte por el hardware sobre el que corre la aplicación y las mejoras que se pudieron implementar reduciendo la complejidad de las operaciones representan una pequeña mejora en los tiempos de respuesta.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA SIGUIENTE VERSIÓN

### 7.1 CONCLUSIONES

- La valoración de portafolios de inversión es un campo de grandes posibilidades para la ingeniería del software. Aún cuando este proyecto se limitó a algunos aspectos de la materia, se evidenció la conveniencia de desarrollar software aplicado a esta rama del conocimiento.
- De igual forma, podemos concluir que los productos software que se realicen para este campo con miras a apoyar la enseñanza, deben contar siempre con el supuesto de un uso supervisado por un instructor conocedor de la materia que se esté tratando. Esto se debe a la complejidad y profundidad de la materia que hacen realmente difícil crear un software capaz de apoyar el aprendizaje de un estudiante que no está recibiendo complementación y sustentación de los temas estudiados por parte de una persona capacitada.
- El carácter aleatorio de los negocios bursátiles es, sin lugar a dudas, un obstáculo grande a la hora de realizar software similar a este donde se pretende darle la oportunidad al estudiante de aprender practicando. Sin embargo, en este proyecto se ha mostrado un ejemplo de como las nuevas tecnologías pueden ayudar a superar este problema. El algoritmo genético implementado para este proyecto constituye una herramienta que le permite al estudiante medir su desempeño sin tener que invertir dinero real.
- El software libre es una buena opción para el desarrollo de software educativo. Podemos concluir esto basándonos en dos aspectos:
  - Las instituciones educativas a menudo no cuentan con recursos para adquirir licencias de software pagado

- Actualmente existe software libre de altas prestaciones, como por ejemplo el sistema manejador de bases de datos Firebird, usado en este proyecto. Gracias a Firebird se contó con un motor de bases de datos de última generación, tan sólido como otros sistemas comerciales y sin pagar dinero por el.
  
- Al desarrollar software educativo, se debe tener muy en cuenta las condiciones en que se usará el producto. Usualmente estas no son las mejores; muchas no cuentan siquiera con una red de área local. Para el presente proyecto adecuamos el diseño para cumplir con el anterior postulado logrando ofrecer opciones como la de trabajar con un grupo de estudiantes y obtener consolidaciones del trabajo grupal, sin contar con conexión entre la estación de trabajo del profesor y la de sus alumnos.
  
- Finalmente, se concluye que es necesaria la realización de una nueva fase de este proyecto en la que además de correcciones y mejoras, se coordine una implementación del software en una asignatura real, para obtener realimentación de los estudiantes y hacer del producto una herramienta de gran valor para los usuarios hacia quienes va dirigido.

## 7.2 RECOMENDACIONES PARA LA SIGUIENTE VERSIÓN

Como se mencionó en las conclusiones, se hace necesaria una nueva versión de VPI que sea fruto, principalmente, de implementarlo en una asignatura real. En dicha implementación se deben realizar pruebas extensivas de las características del sistema, acompañadas de mecanismos para recibir las sugerencias de los usuarios como por ejemplo encuestas, cuestionarios, etc. Adicional a esto se debe crear un formato de errores para que los usuarios lo diligencien cada vez que encuentren algún posible fallo en VPI.

Aunque este producto ha sido bien desarrollado, el concepto de un software 100% libre de errores es poco menos que un imposible.

Además de la implantación mencionada, se recomiendan las siguientes mejoras:

- Incluir nuevos instrumentos de renta fija como por ejemplo TES ligados a la UVR o Bonos Yankees.
- Refinar estéticamente todos los módulos y en especial los conceptos básicos.
- Darle a VPI la posibilidad de trabajar en un ambiente cliente servidor a fin de que se agilice la interacción entre el profesor y sus estudiantes en tiempo real.
- Aumentar el horizonte de las simulaciones de portafolios, para que se puedan hacer en varias iteraciones a través del tiempo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

**ALVARADO AGUDELO, Luisa Juliana.** Propuesta para el diseño de una herramienta software que apoye el aprendizaje del proceso de conformación de portafolios de inversión de renta fija diversificados, según el modelo valor en riesgo.

Trabajo de Grado

Universidad Jorge Tadeo Lozano, 2005

**CANTU, Marco.** Mastering Delphi 7.

Sybex, 2003

**JOHNSON, Christian Andrew.** Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile No 67. Métodos de evaluación del riesgo para portafolios de inversión.

Marzo de 2000.

**MARCZYK, Adam.** Algoritmos genéticos y computación evolutiva; en <http://www.talkorigins.org/>, 2004.

**PRESSMAN, Roger.** Ingeniería del Software: Un enfoque práctico. 5 ed. Madrid: McGRAW-HILL, 2002.

**SALCEDO, Pedro,** Ingeniería de software educativo, teorías y metodologías que la sustentan; en revista *Ingeniería Informática*, Universidad de Concepción. Chile, Septiembre de 2000

**VELEZ ROMERO, Gustavo Adolfo.** Desarrollo de un material educativo computarizado para la asignatura “geología del petróleo”.

Trabajo de Grado

Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga, 2006

## 9. ANEXOS

- C.** Evolución del almacenamiento de información de vpi.
- D.** Propuesta de diseño de software formulada por la codirectora del proyecto en su tesis de especialización.

## A. EVOLUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN DE VPI

### PROPUESTA INICIAL DE LA BASE DE DATOS

Al estudiar los requisitos de desarrollo de la herramienta, es evidente la necesidad de un almacenamiento de información, para diseñar las simulaciones necesarias de portafolios sin necesidad de partir de cero, pues esto convertiría el proceso de creación de Modelos en una tarea Tediosa.

Las estructuras de datos necesarias para el desarrollo de las simulaciones de los Portafolios, son los principales componentes del mismo, es decir, los Títulos Valor, la Matriz de Covarianzas y variaciones máximas probables y volatilidades reales para los factores de riesgo, la fecha de valoración del portafolio y el capital disponible para desarrollar actividades económicas con el portafolio.

De dichos datos resulta evidente la creación de Tablas con algunos de las estructuras a utilizar, dichas tablas son:

TABLA DE TÍTULOS:

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Tipo	Texto	Tipo de Título (TES, Bono, CDT).
Emisor	Texto	Emisor del Título.
Valor	Numérico	Valor por el que fue expedido.
TasaTitulo	Numérico	Tasa de Interés de capitalización del Título.
PlazoTasa	Texto	Tipo de Tasa de Capitalización del Título
TasaMercado	Numérico	Tasa de Interés en el Mercado del Título.
PlazoTasa	Texto	Tipo de Tasa de Mercado
FechaCreación	Fecha	Fecha de expedición del Título.
FechaVencimie	Fecha	Fecha en la que se vence el Título.
DiasVencimien	Numérico	Días a la fecha de Vencimiento.
FechaEvaluac	Fecha	Fecha de evaluación del Título.
ValorPresente	Numérico	Valor actual o real del Título.

TABLA DE DATOS DE MERCADO:

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
FechaExped	Fecha	Fecha de expedición Circular Interbancaria
Matriz	Texto	Matriz de Correlaciones.
NombreMatriz	Texto	Nombre de la Matriz
Volatilidades	Texto	Volatilidades para factor de riesgo

TABLA DE MODELOS

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Nombre	Texto	Nombre del Modelo o Simulación.
Tipo	Texto	Tipo de Simulación, objetivo de la Simulación.
TitulosPorta	Título	Títulos del Portafolio.
TitulosMerca	Título	Títulos del Mercado.
FactoresExter	Dato Mercado	Circular con la que trabaja.
FechaValora	Fecha	Fecha en la que se desarrolla la Valoración.
ValorPortafolio	Numérico	Valor Actual del Portafolio.
Capital	Numérico	Capital disponible para acciones económicas.
Autor	Texto	Autor de la Simulación.

Además de los datos necesarios para la simulación, es necesario generar una tabla para recopilar la información teórica referente al Glosario, propuesto en los requisitos de elaboración. Para dicha información se creo la siguiente tabla:

TABLA DE GLOSARIO

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Termino	Texto	Término
Definicion	Texto	Definición del Término

El uso designado para la herramienta software es de apoyo a la labor pedagógica, lo que implicaría dos posibles tipos de usuarios, los estudiantes y los profesores, por lo que se hace necesario hacer una autenticación del mismo al momento de ingresar al Software.

Debido a que el profesor debe verificar el progreso de sus estudiantes, es necesario que tenga acceso a los reportes resultantes de las simulaciones, en los cuales se deben especificar los principales datos del estudiante, para lograr almacenar dicha información se propuso la siguiente tabla.

TABLA DE USUARIOS

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Login	Texto	Login de Registro.
Contraseña	Texto	Contraseña de Registro.
Tipo	Texto	Tipo de Usuario (Profesor, Estudiante).
Nombres	Texto	Nombre del Usuario.
Apellidos	Texto	Apellidos del Usuario.

Codigo	Texto	Código del Estudiante.
Curso	Texto	Curso del Estudiante.

Como el proceso de creación de los Modelos o Simulaciones, implicaba una administración de la Base de Datos, permitiendo modificar, eliminar y crear nuevos registros en ellas, surge la preocupación por la recuperación de datos que hallan sido eliminados incorrectamente, debido a esto se hace necesario contar con un espacio de almacenamiento de datos que hallan sido eliminados, permitiendo la recuperación y restauración de los mismos a su lugar de procedencia.

Para dicha labor se propuso la siguiente tabla:

#### TABLA DE REGISTROS ELIMINADOS



Nombre	Tipo	Descripción
Nombre	Texto	Nombre del Registro.
Tipo	Texto	Tipo de Registro (Título, Matriz, Modelo).
Fecha	Fecha	Fecha de Eliminación.

#### NORMALIZACIÓN DE LAS TABLAS

Dada la propuesta inicial de la Base de Datos, se procedió a la normalización de las tablas, definiendo llaves primarias o identificadores (id) en cada una de ellas, seguido a esto se eliminaron los campos calculados y se verificó que los atributos de las tablas fueran atómicos y que no pudieran ser multivaluados, al igual que la eliminación de campos repetidos o generados a partir de cálculos, esto generó los siguientes cambios en las tablas.

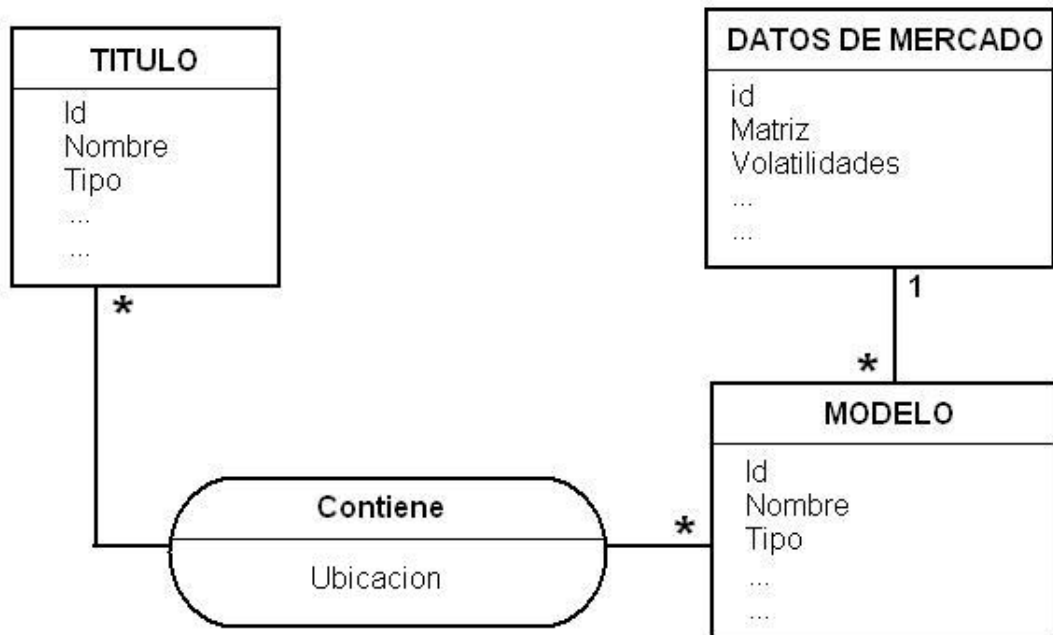
Nombre Tabla	Nombre Campo	Motivo
Títulos	DiasVencimiento	Eliminado. Campo Calculado.
Títulos	ValorPresente	Eliminado. Campo Calculado.
Títulos	FechaCreacion	Dato no usado
Modelos	ValorPortafolio	Eliminado. Campo Calculado.
Modelos	TitulosPorta	Eliminado. Relación con Tabla Títulos.
Modelos	TitulosMerca	Eliminado. Relación con Tabla Títulos.
Modelos	FactoresExter	Cambio. Llave foránea (Tabla Mercado).

Además se creó la Tabla SimulacionTítulos:

Nombre	Tipo	Descripción
IdTitulo	Numérico	Llave de Títulos.  (foranea)
IdModelo	Numérico	Llave del Modelos.  (foranea)
Ubicacion	Texto	Ubicación del Título (Portafolio o Mercado)

*Tabla resultante de la relación entre Modelos y Títulos*

Las relaciones que se presentan en la Base de Datos son sencillas y están directamente implicadas con la creación de los modelos a simular, podríamos generar el siguiente diagrama de entidad relación.



## VARIACIONES A LA BASE DE DATOS

La Base de Datos Planteada anteriormente sufrió varios cambios debido a necesidades latentes en la creación de Modelos, como lo son la variación de los datos de un Título de forma local, con el fin de optimizar la calidad de las simulaciones y sin que afecte los datos en los otros modelos de la Base de Datos.

Debido a esto, fue necesario romper el esquema planteado de una Base de Datos relacional, sacrificando la formalidad de la estructura en pro de la flexibilización de los procesos que desarrollan los usuarios.

Anexo a estos cambios, se decidió no crear un software encapsulado en el sistema Cliente – Servidor, permitiendo su utilización de forma local y sin la necesidad de una red establecida en el área de trabajo y por ende, disminuyendo los requisitos de instalación, pero con el fin de permitir el intercambio de información entre diferentes puestos de trabajo, VPI debería ser capaz de exportar e importar la información que fuera necesaria para su labor pedagógica.

Al variar el esquema de la Base de Datos, y ya no tener un sistema centralizado de información, si no programas con bases de datos independientes, el registro de los usuarios debería variar de manera drástica, pues los estudiantes podrían cambiar constantemente de estación de trabajo, por lo tanto no debería ser necesario que un estudiante estuviera inicialmente registrado en la base de datos al momento de ingreso, debido a esto se cambio la tabla correspondiente a los usuarios, manejando únicamente los campos necesarios para el ingreso inicial y permitiendo que los datos del usuario impresos en los resultados de las simulaciones se digitaran de manera local.

## ESQUEMA FINAL DE ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN


Debido a que cada modelo a simular debe tener una lista única de Títulos, se complementó el almacenamiento de la base de datos, con almacenamiento de información en archivos de texto plano.

Cada modelo almacena en la base de datos, los datos principales del mismo como lo son el tipo de objetivo a cumplir y el nombre de la simulación, a diferencia de los datos correspondientes a los Títulos del Portafolio, Títulos del Mercado, matriz de Covarianzas y las Volatilidades, que se almacenan en un archivo de texto de tipo \*.VPIM que se encuentran en la carpeta /Archivos/Modelos/.

Los archivos que son eliminados, guardan en el registro de la Base de Datos el nombre del registro, la procedencia del registro y la fecha en la que fue eliminado y los datos correspondientes al archivo son guardados en un archivo de tipo \*.VIPIP que se encuentran en la carpeta /Archivos/Eliminar/.

Finalmente las tablas de la Base de Datos son las siguientes:

### TABLA DE TÍTULOS:

Nombre	Tipo	Descripción
Id	Numerico	Llave de la Tabla  (Principal)
Tipo	Texto	Tipo de Título (TES, Bono, CDT).
Emisor	Texto	Emisor del Título.
Valor	Numérico	Valor por el que fue expedido.

TasaTitulo	Numérico	Tasa de Interés de capitalización del Título.
PlazoTasa	Texto	Tipo de Tasa de Capitalización del Título
TasaMercado	Numérico	Tasa de Interés en el Mercado del Título.
PlazoTasa	Texto	Tipo de Tasa de Mercado
FechaVencimie	Fecha	Fecha en la que se vence el Título.

TABLA DE DATOS DE MERCADO:


Nombre	Tipo	Descripción
Id	Numerico	Llave de la Tabla  (Principal)
FechaExped	Fecha	Fecha de expedición Circular Interbancaria
Matriz	Texto	Matriz de Correlaciones.
NombreMatriz	Texto	Nombre de la Matriz
Volatilidades	Texto	Volatilidades para factor de riesgo

TABLA DE MODELOS


Nombre	Tipo	Descripción
Id	Numerico	Llave de la Tabla  (Principal)
Nombre	Texto	Nombre del Modelo o Simulación.
Tipo	Texto	Tipo de Simulación, objetivo de la Simulación.
FechaValora	Fecha	Fecha en la que se desarrolla la Valoración.
ValorPortafolio	Numérico	Valor Actual del Portafolio.
Capital	Numérico	Capital disponible para acciones económicas.
Autor	Texto	Autor de la Simulación.

TABLA DE GLOSARIO



Nombre	Tipo	Descripción
Id	Numerico	Llave de la Tabla  (Principal)
Termino	Texto	Término
Definicion	Texto	Definición del Término

TABLA DE USUARIOS

Nombre	Tipo	Descripción
Login	Texto	Login de Registro.
Contraseña	Texto	Contraseña de Registro.
Tipo	Texto	Tipo de Usuario (Profesor, Estudiante).
Codigo	Texto	Código del Estudiante.

## TABLA DE REGISTROS ELIMINADOS

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Id	Numerico	Llave de la Tabla  (Principal)
Nombre	Texto	Nombre del Registro.
Tipo	Texto	Tipo de Registro (Título, Matriz, Modelo).
Fecha	Fecha	Fecha de Eliminación.

## **B. PROPUESTA DE DISEÑO DE SOFTWARE POR PARTE DE LA CODIRECTORA EN SU TESIS DE ESPECIALIZACIÓN.**

A continuación se reproduce unos de los capítulos contenidos en la tesis de especialización de Luisa Juliana Alvarado, codirectora de este proyecto. En dicho capítulo plantea las necesidades que como futura usuario desea encontrar en el producto terminado.

### **6. ESPECIFICACION DE REQUISITOS PARA EL SOFTWARE**

Este capítulo, representa en sí la esencia del proyecto, pues a partir de la recopilación, análisis, depuración e interpretación de la información acerca del tema central, serán formulados los requisitos que debe cumplir el software desarrollado, para que como herramienta informática pedagógica, apoye la formación financiera de los estudiantes de las ciencias administrativas y gerenciales, específicamente en el tema de la medición del riesgo de un portafolio de inversión en renta fija diversificado.

Se propondrá la forma en que será expuesta la información; metodología de uso del software por parte del usuario; entorno en que debe ser empleado; resultados que se buscan fruto de su aplicación; conocimientos previos del tema que debe tener un usuario potencial; ayudas con que contará el software (casos de estudio, imágenes, vínculos web, glosario, asistente, etc); tiempo que empleará un usuario en explorarlo en su totalidad, entre otros.

Se analizará la afectación en el valor de un título debido a la variación en las tasas de interés y los plazos de pago, a través de diferentes escenarios utilizando los conceptos de duración y sensibilidad.

Por último, se expondrá un completo caso de medición del riesgo, mostrando paso a paso el proceso desde la conformación del portafolio hasta la obtención del valor en riesgo del mismo.

#### **Asistente.**

Se propone la creación de un Asistente denominado “Magnate Explorador” quien acompañará al usuario en todo proceso de navegación por el programa, sea un guía y también ayude a resolver inquietudes de manejo del software.

En el componente de casos de aplicación, éste simulará ser el propietario de unos recursos dispuestos a ser invertidos, escoge al usuario como su Asesor Financiero, le da pautas en cuanto a sus necesidades de inversión, las condiciones de riesgo que está dispuesto a asumir y en general diversas consideraciones que permitan el logro de un objetivo final.

## **6.1 FORMA EN QUE SERÁ EXPUESTA LA INFORMACIÓN.**

Debe tener dos componentes principales:

6.1.1 Fundamentos Teóricos.

6.1.2 Casos de aplicación

### **6.1.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

Se expondrán los principales fundamentos teóricos que el usuario necesita para comprender y apropiarse de los conceptos referentes al tema de portafolios diversificados, medición de la duración y sensibilidad de los títulos de un portafolio, así como el cálculo de su valor en riesgo.

- La Información podrá ser presentada a través de Módulos
- Mientras se esté en cualquier subdivisión del modulo, aparezca una pestaña en la parte inferior con el nombre del módulo
- El software estará compuesto por los siguientes módulos:

#### **a. Conceptos Básicos de Portafolios de Inversión**

El Modulo facilitará al usuario conceptos básicos sobre el tema de medición del valor en riesgo de portafolios. Estos serán presentados de forma dinámica, concreta y ágil. La importancia de éste módulo radica en la necesidad de que el usuario maneje correctamente los conceptos del tema y pueda afrontar con propiedad el desarrollo del caso de aplicación.

Como mínimo deberá contener los siguientes conceptos, los cuales se encuentran en el marco teórico.

- ✓ Esquema de la estructura del Sistema Financiero Colombiano.
- ✓ Portafolio de Inversión.
- ✓ Portafolio de Inversión diversificado.
- ✓ Títulos que se emplearán. (CDT, TES, BONOS)
- ✓ Título Valor.
- ✓ Títulos de Renta Fija.
- ✓ Riesgo.
- ✓ Volatilidad
- ✓ Instrumentos para medir el riesgo (varianza, covarianza, desviación estándar, coeficiente de correlación)

- ✓ Clases de Riesgo.
- ✓ Factores de Riesgo.
- ✓ Duración.
- ✓ Sensibilidad.
- ✓ Matriz Transpuesta.
- ✓ Matriz de correlaciones.
- ✓ Marco Legal General.
- ✓ Fuentes de información para la medición del riesgo

#### **b. Descripción de un título que conforma un Portafolio**

Se planteará un ejemplo con un Título Valor del mercado real, donde se describirán las partes que lo componen, refiriéndose como mínimo a:

- ✓ Nombre del Título.
- ✓ Emisor.
- ✓ Tasa Nominal de compra.
- ✓ Tasa Efectiva Anual.
- ✓ Tasa portafolio.
- ✓ Tasa del Mercado.
- ✓ Fecha de emisión.
- ✓ Fecha de compra.
- ✓ Fecha de valoración.
- ✓ Fecha de vencimiento.
- ✓ Tiempo al vencimiento.
- ✓ Valor Nominal.
- ✓ Plazos de pago.
- ✓ Factores de Riesgo.

El módulo permitirá al usuario conocer la composición de un título y en base a esto tomar decisiones de comprarlo, venderlo o mantenerlo en el portafolio.

#### **C. Glosario.**

El glosario es una recopilación hecha desde el inicio del proyecto, se ha servido de numerosas fuentes (libros, páginas especializadas, entidades públicas y privadas), y busca dar un apoyo al usuario, poniendo a su alcance la terminología básica que enmarca el tema de portafolios de inversión.

Es amplio y suficiente, además contiene términos generales del mundo de las finanzas.

Se encuentra dispuesto al final del libro, después del capítulo 7.

Se propone ubicarlo de forma muy dinámica, en una pantalla inicial estarán todas las letras y se va accediendo a cada una de ellas según las necesidades del usuario.

#### **d. Modelos Financieros y Econométricos.**

Este Modulo contiene los modelos econométricos y financieros que usará el software. Pretende que el usuario, entienda el sustento matemático que apoya el modelo que será aplicado por el software, para medir el valor en riesgo.

Para su interpretación, requiere haber explorado y comprendido satisfactoriamente los tres módulos anteriores. De presentarse dudas, será necesario que el usuario repase los módulos anteriores.

Se indicarán de forma sencilla y atractiva las fórmulas matemáticas a emplear.

Posteriormente a través de un ejemplo se irá mostrando la forma de llevar a cabo el proceso de cálculo. Todo esto se encuentra en el Capítulo Cinco del Libro y se refiere específicamente a:

- Procedimiento para la determinación de la duración y la sensibilidad de un título valor.
- Modelo estándar para medición de riesgo de mercado.

### **6.1.2 CASOS DE APLICACIÓN**

#### **Caso 1. Análisis del concepto de duración y sensibilidad**

Se realizará a través del desarrollo de los escenarios propuestos en el capítulo 7.

Se proponen tres títulos (ejercicios), cada uno presentado en un escenario inicial, posteriormente el usuario puede realizar diferentes cambios así:

	<b>Ejercicio 1.</b>	<b>Ejercicio 2.</b>	<b>Ejercicio 3.</b>
Primer escenario	Aumentar tasa y plazo	Aumentar tasa	Aumentar forma de pago
Segundo escenario	Disminuir tasa y plazo	Disminuir tasa	Disminuir forma de pago

Se analizan los resultados de aplicar las variaciones y por último se muestra un cuadro resumen con los nueve escenarios y las principales conclusiones.

## **Caso 2. “Como medir el valor en riesgo de un portafolio”**

El caso de encuentra propuesto en el capítulo 7 del libro.

Se propone la simulación de un juego, donde:

El Magnate explorador entrega al usuario una suma de dinero y lo nombra como su “Asesor Financiero”.

El programa ofrece al usuario una “canasta” de títulos de diferentes tipos, tasas, plazos, emisores.

El usuario escoge los títulos con los cuales conformará el portafolio hasta completar la suma entregada por el Magnate. El objetivo del usuario debe ser minimizar el valor en riesgo del portafolio, escogiendo títulos con correlaciones que permitan el logro del objetivo.

El juego inicia un lunes con la conformación del Portafolio. El valor de éste, es el mismo de la suma entregada por el Magnate.

Una vez se conforma el portafolio, se mide su valor en riesgo y se “cierra la semana”.

En la siguiente exploración del juego, virtualmente ha transcurrido una semana, en la cual han ocurrido variaciones en las tasas de mercado, es por esto que el programa debe recalcular el valor en riesgo una vez el usuario ingrese las nuevas tasas de mercado las cuales encontrará en las páginas web enlazadas y en un diario creado por el programa donde se informen acontecimientos sociales, políticos, económicos y financieros que puedan afectar el valor en riesgo del portafolio.

El programa irá mostrando paso a paso como se recalculó el valor en riesgo y al final emitirá un informe con los principales cambios que sufrió el valor en riesgo del portafolio al aplicar las nuevas tasas.

El usuario podrá vender títulos del portafolio y comprar nuevos con los recursos que tenga disponibles, con el objetivo de minimizar el valor en riesgo.

Se propone que el juego conste de cinco semanas, la semana cero donde se conforma el portafolio y cuatro semanas más de jugadas.

Al cierre de la última semana será posible determinar cuál fue el resultado final, el valor en riesgo del portafolio y mediante un informe, observar las jugadas hechas por el usuario, las variaciones presentadas en las tasas de los títulos y las consecuencias de las decisiones tomadas por el usuario en términos numéricos.

## 6.2 CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE

Se propone que el software tenga las siguientes características:

- Tenga un enlace para resolver las preguntas mas frecuentes del usuario.
- Muestre los requerimientos para operar el programa y procedimientos de manejo.
- Almacene y administre la información básica para enseñar a medir el valor en riesgo de un portafolio.
- Use un caso práctico que apoye el aprendizaje.
- Emita informes acerca de: tiempo empleado por el usuario para explorar el software (por modulo y total); medición del aprendizaje; uso del glosario, resultados de las jugadas.
- Cuente con un mecanismo para medir los conocimientos aprendidos, las destrezas. Se puede nutrir con un banco de preguntas que el programa escogerá aleatoriamente.
- Cuando la información se obtiene de entidades ó sitios especiales en la red señalarla con un icono especial y sea posible enlazarse si en ese momento el usuario está conectado a Internet.
- Cuente con un control que haga necesario que el usuario explore los módulos en orden. Hasta no haber explorado en su totalidad cada uno no es posible avanzar al próximo.
- Cuando la información se obtiene de entidades ó sitios especiales en la red y debe ser actualizada para el cálculo (por ejemplo las tasas del mercado), señalarla con un icono especial y sea posible enlazarse si en ese momento el usuario está conectado a Internet.
- Exponga un completo caso de medición del riesgo, mostrando paso a paso el proceso desde la conformación del portafolio hasta la obtención del valor en riesgo del mismo. Mostrando lo que se hace, y mencionando lo que se espera que haga el software.

### 6.3 CONOCIMIENTOS PREVIOS QUE DEBE TENER UN USUARIO

Sería ideal que el usuario tenga conocimientos previos en el área económica y/o financiera, así como habilidad para comprender el tema de negociación de inversiones y los procedimientos usados en bolsas de valores.

Sin embargo, cualquier persona que se interese por el tema puede llegar a tener una total comprensión del mismo, siempre cuando utilice la totalidad de los recursos que el programa le suministra, logrando una adecuada conceptualización y su posterior aplicación.

### 6.4 METODOLOGÍA DE USO DEL SOFTWARE

El tiempo de uso del software, no es posible determinarlo con precisión en esta etapa, además varía según las destrezas del usuario y el conocimiento del tema, sin embargo es posible que un usuario tome una hora explorando Fundamentos teóricos y otra hora desarrollando cada una de las cinco sesiones propuestas para el desarrollo de los casos de aplicación.

La propuesta es que el software tenga las siguientes aplicaciones:

#### a. Uso en el aula de clase.

Puede ser un apoyo y guía al profesor en su proceso de enseñanza del tema.

Puede ser distribuido a los estudiantes como parte del material que compone la materia y éste será responsable de utilizar el material. El profesor puede usarlo como método de evaluación del tema.

#### b. En casa.

Puede utilizarse por cualquier persona interesada en ampliar sus conocimientos en el tema en la comodidad de su hogar.

#### c. Uso empresarial.

Puede complementar los procesos de capacitación del personal de una empresa, quienes requieran poseer conocimientos del tema y un manejo adecuado del mismo en la práctica.

#### d. Juego en tiempo real

Pueda ser implementado con la ayuda de Internet para ser utilizado en tiempo real, intercambiando experiencias con otros usuarios y permitiendo fácil acceso a las actualizaciones de datos que requiera el sistema.

### **6.5 AYUDAS CON QUE CONTARÁ EL SOFTWARE**

#### - Vínculos Web

Para ampliar conocimientos, acceder a normatividad y actualizar datos necesarios para el cálculo.

#### - Glosario amplio y suficiente

Es posible que se abra en una nueva ventana que permanezca activa y pueda ser minimizada.

#### - Presencia de un Asistente.

### **6.6 RESULTADOS ESPERADOS POR EL USO DEL SOFTWARE**

- Los usuarios hayan encontrado divertido y sencillo el aprendizaje del tema.
- El modelo de valor en riesgo empleado por el software, haya sido de total comprensión y los conocimientos puedan ser aplicados en la vida real.
- Se faciliten los procesos de enseñanza-aprendizaje, tanto en las aulas donde se toman materias del área financiera, como para las personas autodidactas que deseen utilizar el software.
- Sirva de parámetro para medir el nivel de los usuarios manejando el tema.
- Mejore la calidad de las decisiones tomadas en un futuro, en el campo financiero y gerencial.
- Los usuarios realicen sugerencias sobre mejoras al software, así como acerca de temas sobre los cuales desearían utilizar este tipo de herramientas.
- Promueva la sana competencia al implementarse como juego en tiempo real.