



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
UNIDAD PROFESIONAL "ADOLFO LÓPEZ MATEOS"
DOCTORADO EN CIENCIAS EN INGENIERIA DE SISTEMAS**

**METODOLOGÍA SISTÉMICA PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS ECONÓMICO-
FINANCIEROS. CASO AFORES**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN INGENIERÍA DE
SISTEMAS PRESENTA:**

M. en C. TERESA IVONNE CONTRERAS TROYA

DIRIGIDO POR:

**DR. OSWALDO MORALES MATAMOROS
DR. ANDRIY KRYVKO**



MÉXICO, DICIEMBRE 2011.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 11:00 horas del día 9 del mes de MARZO del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.M.E. – ZAC. para examinar la tesis titulada:

“METODOLOGÍA SISTÉMICA PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS ECONÓMICO – FINANCIEROS. CASO AFORES”

Presentada por el alumno:

CONTRERAS

Apellido paterno

TROYA

Apellido materno

TERESA IVONNE

Nombre(s)

Con registro:

B	0	7	1	6	5	5
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

DOCTORADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

DR. OSWALDO MORALES MATAMOROS

DR. ANDRIY KRYVKO

Presidente

Tercer Vocal

DR. ALEXANDER BALANKIN

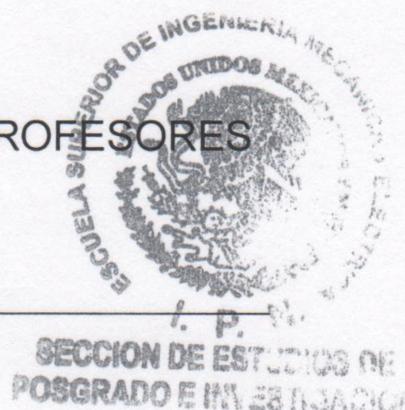
DR. RICARDO TEJEIDA PADILLA

Secretario

DR. LUIS MANUEL HERNÁNDEZ SIMÓN

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. JAIME ROBLES GARCÍA



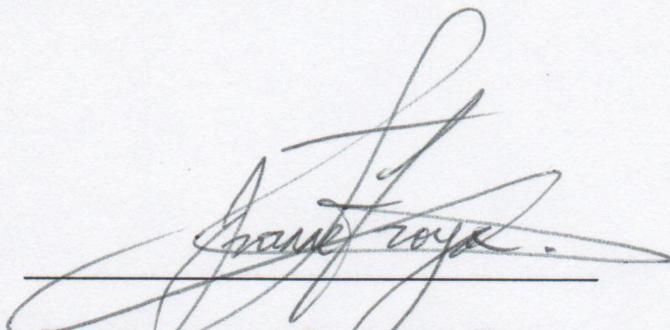


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, Distrito Federal, el día 6 del mes diciembre del año 2011, la que suscribe M. en C. Teresa Ivonne Contreras Troya alumna del Programa de Doctorado en Ingeniería de Sistemas con número de registro B071655, adscrita a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME-Z, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Oswaldo Morales Matamoros y del Dr. Andriy Kryvko y cede los derechos del trabajo intitulado "**Metodología sistémica para solucionar problemas económico-financieros. Caso Afores**", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ivonnetroya@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Teresa Ivonne Contreras Troya

Índice General

Resumen	i
Abstract	ii
Glosario	iii
Introducción	1
Situación Problema	2
Pregunta de investigación	5
Variables de investigación	5
Propósito de la investigación	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Justificación	6
Capítulo 1. Sistemas de pensiones en México	8
1.1 Sistemas	8
1.2 Sistema económico y financiero	11
1.2.1 Sistema económico y financiero de México	16
1.2.1.1 Sistema de Pensiones en México	17
1.2.1.2 El costo económico de prestar un sostén a la población jubilada	20
1.2.1.3 Políticas destinadas a modificar el costo del sostén a los jubilados	21
1.3 AFORES	22
1.3.1 Antecedentes	24
1.3.2 AFORES hoy día	26
1.3.3 AFORES y crisis financiera	28
Capítulo 2. Marco Teórico-conceptual	34
2.1 Instrumentos financieros	34
2.2 Tasas de rendimientos de los mercados	36
2.2.1 Tasa libre de riesgo	37
2.2.2 Tasas de rendimiento de activos riesgosos	37
2.3 Inflación	38
2.3.1 Inflación y rendimientos	38
2.4 Índice de cotizaciones y precios	39
2.5 Portafolio de Inversión	40
2.6 Activos o instrumentos financieros que pueden constituir una cartera de inversión	41
2.6.1 Acciones	42
2.6.1.1 Acciones ordinarias	43
2.6.1.2 Acciones preferenciales	43

	2.6.1.3	Valor presente de acciones comunes	44
	2.6.1.4	Valuación de diferentes tipos de acciones	44
	2.6.1.5	Utilidades y oportunidades de inversión	45
2.7		Riesgo	47
	2.7.1	Aseguramiento	49
	2.7.2	Diversificación	50
	2.7.3	Cobertura	50
2.8		Derivados	50
	2.8.1	Productos derivados de primera generación	53
		2.8.1.1 Contratos adelantados o forwards	53
		2.8.1.2 Contratos de futuros	53
		2.8.1.3 Contratos de swaps	53
		2.8.1.4 Contratos de opciones	53
2.9		Opciones	54
	2.9.1	Opciones que cotizan en el MexDer	57
	2.9.2	Estrategias de cobertura con opciones	58
Capítulo 3. Carteras de Inversión			60
3.1		Teoría de la valuación de activos	60
3.2		Teoría de los mercados eficientes	61
	3.2.1	Las hipótesis del mercado eficiente	62
3.3		Teoría del portafolio	64
	3.3.1	Compensación entre el riesgo y el rendimiento esperado	65
	3.3.2	Eficiencia de una cartera	67
	3.3.3	Carteras de dos activos riesgosos	68
	3.3.4	Combinación óptima de activos riesgosos	69
	3.3.5	Cartera con múltiples activos riesgosos	71
		3.3.5.1 Metodología de Markowitz	72
3.4		Teoría del mercado de capitales	73
	3.4.1	Prima de riesgo de la cartera de mercado	76
	3.4.2	Beta y prima de riesgo de valores individuales	76
	3.4.3	Estrategia de indexación	79
	3.4.4	Riesgos en un portafolio de inversión	81
	3.4.5	Evaluación del desempeño de una cartera	82
3.5		Modelo de Black-Scholes	84
	3.5.1	Fórmulas de valuación de Black-Scholes	85
3.6		Las letras griegas	89
	3.6.1	Delta	90
	3.6.2	Gamma	94
	3.6.3	Theta	95
	3.6.4	Vega	96
	3.6.5	Rho	96
3.7		Cobertura	97
	3.7.1	Cobertura Delta	97

3.7.1.1	Delta de opciones europeas sobre acciones	100
3.7.1.2	Delta de una cartera	101
3.7.2	Creación sintética de opciones como seguro de un portafolio de inversión	102
Capítulo 4. Metodología Sistémica		104
4.1	Parte 1 Pensamiento epistemológico	104
4.1.1	Etapa 1 Pensamiento epistemológico	104
	Paso 1. Problemática	104
	Paso 2. Conceptos	105
	Paso 3. Teoría	106
	Paso 4. Objetivos	106
4.2	Parte 2 Visión real de la problemática	107
4.2.1	Etapa 2. Análisis del sistema	107
	Paso 5. Sistema no estructurado y estructurado	107
	Paso 6. Análisis de las relaciones	109
	Paso 7. CATWOE	111
4.2.2	Etapa 3. Desarrollo del Sistema solución	113
	Paso 8. Propuesta solución	113
	Paso 9. Metodología de sistemas duros	113
	Paso 10. Análisis de riesgos	114
4.2.3	Etapa 4. Implementación	114
	Paso 11. Instalación	114
4.2.4	Etapa 5. Mejoras	115
	Paso 12. Mejoras continuas al sistema duro	115
	Paso 13. Mejoras continuas del sistema suave	115
Capítulo 5. Caso de estudio		118
5.1	Construcción, optimización y cobertura de portafolios de inversión	122
Conclusiones		128
Referencias		130
Anexos		132
A	Clasificación general de los sistemas	132
B	Cronología de la Ingeniería de Sistemas	135
C	Instrumentos de deuda en la Bolsa Mexicana de Valores	136
D	Emisoras que forman parte del Índice de Precios y Cotizaciones de México	140
E	Cotización al cierre de las acciones e IPyC	142
F	Variación diaria de las acciones e IPyC	143
G	Pesos optimizados para el beta de los portafolios de 0.9	144
H	Betas individuales para beta de los portafolios de 0.9	145
I	Rendimientos, varianzas y desviaciones estándar para cada portafolio	146

J	Macro para generar los portafolios óptimos	147
K	Monto invertido por emisoras en los portafolios	149
L	Número de acciones por emisora en los portafolios óptimos	150
M	Valor de los 64 portafolios óptimos	151
N	Valores de las fluctuaciones de delta para los portafolios óptimos	152
O	Cobertura dinámica delta para los portafolios óptimos	153
P	Publicaciones	154

RESUMEN

Metodología Sistémica para solucionar problemas económico-financieros. Caso Afores

Cuando la sociedad se enfrenta con problemas complejos, se requiere un enfoque global de la situación, una visión holística que abarque las características del problema bajo estudio sin reducir inadecuadamente esa complejidad. Los problemas encontrados en el sistema económico-financiero han sido estudiados y resueltos bajo metodologías cuantitativas (o duras) que no toman en cuenta el entorno y su interrelación entre éste y el problema. Las metodologías de sistemas (suaves) buscan integrar el problema y su medio ambiente para realizar un estudio global, integral, unificado, que abarque a todos los elementos que se relacionan e interrelacionan con él. En este trabajo de investigación se desarrolla una metodología sistémica para analizar y dar solución a problemas económico-financieros, nombrada Metodología de Sistemas Económico-Financieros (MSEF), la cual incluye en una de sus etapas el uso de metodologías rígidas para dar solución al problema.

Para validar la metodología sistémica propuesta se desarrolla un caso de estudio sobre las Administradoras de Fondos para el Retiro (AFORE), construyéndose, optimizándose y cubriéndose (contra riesgos de mercado por la volatilidad en los precios de diversos activos financieros) portafolios de inversión que permitan reducir las minusvalía de los ahorros de los trabajadores para su futura pensión.

ABSTRACT

Systemic methodology to solve economic-financial problems. Mexican Pension Funds case

When a society faces complex problems, it is demanded a global approach of the situation, a holistic point of view to include the characteristics of the problem under study without decreasing inadequately its complexity. The problems confronted in the economic-financial system have been studied and solved under quantitative (hard) methodologies which do not take into account the environment and its interrelation between it and the problem. The systems methodologies (soft) look out for integrating the problem and its environment to perform a global, integral, unified study to include all the elements that have relation and interrelation with it. In this investigation work it is developed a systemic methodology to analyze and solve economic-financial problems, it includes the usage of a hard methodology in one of its stages to solve the problem.

To validate the proposed systemic methodology it is developed a study case about the Mexican Pension Funds, called AFORES, it is constructed, optimized and covered (against market risks due to the volatility of financial assets prices) investments portfolios that allow to reduce the saving's workers capital loss to their future pension.

GLOSARIO

Acciones: Partes iguales en que se divide el capital social de una sociedad o una empresa.

Activo: Cualquier bien tangible ó intangible de valor económico.

Activo Financiero: Son los valores como oro, dinero y créditos contra terceros, así como las inversiones mobiliarias tales como acciones, obligaciones, bonos, etc.

Activo Subyacente: Bien o índice de referencia, objeto de un Contrato de Futuro o de un Contrato de Opción, concertado en la Bolsa de Derivados. Los precios de los productos derivados son una función de los precios del valor de referencia. Estos pueden ser: acciones, un índice o una canasta accionaria.

Administración del riesgo: Proceso de formulación de las compensaciones entre beneficio y costo de la reducción del riesgo y la decisión de la acción que se tomará. En este proceso se identifica, mide y controla la exposición al riesgo.

Administradora de Fondos para el Retiro (AFORE): Empresa financiera, contemplada en la ley del IMSS del 1 de enero de 1997, que se dedica a administrar las cuentas individuales de retiro de los trabajadores y canalizan los recursos a las Sociedades de Inversión Especializadas en Fondos para el Retiro (SIEFORES).

Arbitraje: Operación de compra-venta simultánea que tiene por objeto aprovechar el diferencial de precios entre dos o más mercados. Consiste en la compra de títulos o divisas en aquellos mercados donde el precio sea más bajo y su venta en donde el precio sea más alto.

Atributos: Los sistemas, subsistemas y sus elementos poseen atributos o propiedades. Los atributos pueden ser cualitativos o cuantitativos. Esta diferenciación determina el enfoque que debe utilizarse para medirlos. Los atributos cualitativos ofrecen mayor dificultad de definición y medición que su contraparte –los atributos cuantitativos. Los atributos en ocasiones se utilizan como

sinónimos a mediciones de eficacia, aunque deben diferenciarse el atributo y su medición.

Dos de los atributos relevantes de los sistemas en general son el nivel de complejidad y la sinergia o emergencia de atributos nuevos en cada nivel de complejidad.

Aversión al riesgo: Medida de la disposición a pagar para reducir la exposición al riesgo. Al evaluar las compensaciones entre costos y beneficios de la reducción del riesgo, el individuo adverso al riesgo prefiere las alternativas de menor riesgo por el mismo costo.

Bonos: Título de deuda que tiene un valor nominal sobre el cual se paga un rendimiento o interés a una tasa de interés determinada en el contrato, la cual puede ser fija o variable. Existe el compromiso de pago de ese rendimiento en períodos estipulados en el contrato (que pueden ser, entre otros, anuales o semestrales) y de regresar íntegro el valor del bono al término del contrato.

Los bonos pueden ser emitidos por gobiernos estatales, municipales o federales, también por empresas privadas, por organismos gubernamentales no centralizados o bien, por organismos internacionales como el Fondo Monetario Internacional o el Banco Mundial.

Bursátilidad: Facilidad de comprar o vender la acción de una emisora en particular.

Calificadoras de valores: Instituciones independientes que dictaminan las emisiones de instrumentos representativos de deuda y a las empresas emisoras de valores, para establecer el grado de riesgo que dicho instrumento representa para el inversionista. Evalúan la certeza de pago oportuno del principal e intereses por parte de la emisora y constatan su existencia legal, a la vez que ponderan su situación financiera.

Canasta Accionaria: Conjunto de acciones de diferentes series y emisoras que constituye una unidad de referencia para la emisión de contratos de derivados.

Cartera: Conjunto de activos riesgosos con la menor varianza posible.

Cartera de mercado: Cartera que contiene todos los activos en proporción a sus valores totales de mercado vigentes.

Cartera eficiente: Cartera que ofrece al inversionista la máxima tasa esperada de rendimiento posible a un nivel específico de riesgo.

CETES (Certificados de la Tesorería de la Federación): Títulos de crédito al portador emitidos por el Gobierno Federal desde 1978, en los cuales se tiene la obligación de éste a pagar su valor nominal al vencimiento (\$10.00). Son los títulos de menor riesgo que se colocan a través de las casas de bolsa a una tasa de descuento y tienen el respaldo del Banco de México, en su calidad de agente financiero del Gobierno Federal. A través de este mecanismo se captan recursos de personas físicas y morales a quienes se les garantiza una renta fija. El rendimiento que recibe el inversionista consiste en la diferencia entre el precio de compra y venta. Las emisiones pueden ser a 28, 91, 182 y 364 días, aunque se han realizado emisiones a plazos mayores, y tienen la característica de ser los valores más líquidos del mercado.

Cobertura: Método de transferencia del riesgo en el cual la acción tomada para reducir la exposición a una pérdida, ocasiona también ceder ganancias posibles. Es una transacción diseñada para reducir el riesgo.

Cobertura delta: Esquema de cobertura diseñado para hacer que el precio de una cartera de derivados sea insensible a las pequeñas variaciones de precio del activo subyacente.

Commodity: Materia prima (producto vendido a granel) que es objeto de negociación en mercados organizados: petróleo y gas natural, minerales, metales preciosos, trigo, azúcar, café, etc.

Componentes: Programas y misiones: en sistemas orientados a objetivos se organiza el proceso de conversión alrededor del concepto de componentes, programas o misiones, el cual consiste de elementos compatibles reunidos para trabajar hacia un objetivo definido. En la mayoría de los casos, los límites de los componentes no coinciden

con los límites de la estructura organizacional.

Contexto: medio o ambiente: un sistema siempre estará relacionado con los objetos exteriores que influyen en él.

Contrato de Futuro: Contrato estandarizado en plazo, monto, cantidad y calidad, entre otros, para comprar o vender un activo subyacente, a un cierto precio, cuya liquidación se realizará en una fecha futura determinada. Si en el contrato de Futuro se pacta el pago por diferencias, no se realizará la entrega del activo subyacente. De acuerdo con el subyacente es como se determina el tipo de futuro.

Contrato de Opción: Contrato estandarizado, en el cual el comprador, mediante el pago de una prima, adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender un activo subyacente a un precio pactado en una fecha futura, y el vendedor se obliga a vender o comprar, según corresponda, el activo subyacente al precio convenido. El comprador puede ejercer dicho derecho, según se haya acordado en el contrato respectivo. Si en el contrato de opción se pacta el pago por diferencias, no se realizará la entrega del activo subyacente.

Contrato Forward: Contrato realizado por dos partes que acuerdan comprar o vender un artículo específico en una fecha futura. Difiere de un futuro en que es contratado directamente entre las partes, sin intervención de una cámara de compensación y sólo puede realizarse hasta su vencimiento.

Costos de transacción: Costos de llevar a cabo una transacción (comisiones, más la diferencia entre el precio obtenido y el punto medio del diferencial de compraventa).

Covarianza: Medida de la relación lineal entre dos variables (igual a la correlación entre las variables por el producto de sus desviaciones estándar).

Déficit o superávit: Resultado negativo o positivo que se produce al comparar los egresos con los ingresos de un ente económico.

Delta: Tasa de cambio del precio de un derivado con respecto al precio del activo subyacente.

Derivados: Instrumentos financieros cuyas ganancias se definen en términos de los precios de otros activos subyacentes.

Diversificación: Método de reducción de riesgo que consiste en mantener pequeños montos de muchos activos riesgosos en vez de concentrarse en uno solo o unos cuantos activos riesgosos.

Dividendo: Reparto de parte del beneficio de una empresa a los accionistas.

Elementos: Componentes del sistema, los cuales también pueden ser sistemas.

Entradas: Son los ingresos del sistema, pueden ser recursos materiales, recursos humanos, energía o información.

Forward: Los contratos forward o contratos adelantados son instrumentos que obligan a una de las partes del contrato a comprar, y a la otra a vender algún activo a precio determinado en una fecha determinada. Permiten a los compradores y vendedores del activo eliminar la incertidumbre referente al precio futuro al cual se intercambiará el activo.

Flujo de fondos: Movimiento de entrada y de salida de efectivo que muestra las interrelaciones de los flujos de recursos entre los sectores privado, público y externo, que se dan tanto en el sector real como a través del sistema financiero.

Frontera: Es la línea que separa al sistema de su entorno y que define lo que le pertenece y lo que queda fuera de él.

Gamma: Tasa de cambio de delta con respecto al precio del activo.

Índice: Medida estadística diseñada para mostrar los cambios de una o más variables relacionadas a través del tiempo. Razón matemática producto de una fórmula, que refleja la tendencia de una muestra determinada.

Índice accionario: Índice que da seguimiento al valor de una cartera de acciones.

Índice de Precios y Cotizaciones (IPC): Indicador de la evolución del mercado accionario mexicano en su conjunto. Se calcula en función de las variaciones de precios de una selección de acciones, llamada muestra, balanceada, ponderada y representativa de todas las acciones cotizadas en la Bolsa Mexicana de Valores.

Inversión: Empleo de una suma de dinero en compras de bienes duraderos o títulos. Gasto que se efectúa para mantener en funcionamiento o para ampliar el equipo productivo de una empresa. Bienes y servicios producidos pero no consumidos. Suma de dinero sobrante que se destina a la obtención de rendimiento mediante instrumentos financieros o bancarios.

Intermediarios financieros: Instituciones legalmente constituidas que facilitan las transacciones en el mercado financiero.

Letras griegas: Parámetros de cobertura como delta, gamma, vea, theta y rho.

Liquidez: Facilidad y rapidez relativas con las que un activo puede convertirse en efectivo.

Mercado financiero: Es aquél en que se lleva a cabo la compra-venta de valores (inversiones financieras). Normalmente se integra por varios mercados subsidiarios: un mercado de capitales (para inversión a largo plazo); un mercado de dinero (para inversiones a corto plazo); un mercado primario (para la nueva emisión de valores); y un mercado secundario (para la compra-venta de valores ya emitidos).

Metas y objetivos: La identificación de metas y objetivos es de máxima importancia para el diseño de sistemas. En la medida en que disminuye el grado de abstracción, los enunciados de propósito serán mejor definidos y más operativos. Las mediciones de eficacia regulan el grado en que se satisfacen los objetivos de los sistemas. Estas representan el valor de los atributos de sistemas.

Opción: Derecho de comprar o vender un activo.

Opción americana: Opción que se ejecuta en cualquier momento de la vida de la opción.

Opción europea: Opción que puede ejercitarse únicamente al final de la vida de la opción.

Posición corta: Posición que implica la venta de un activo.

Posición larga: Posición que implica la compra de un activo.

Precio de ejercicio: Precio al que el activo subyacente puede comprarse o venderse en un contrato de opciones. También se denomina precio strike.

Precio spot: Precio para entrega inmediata.

Precio teórico: Precio de una acción teniendo en cuenta la situación real de una sociedad, sus beneficios, ventas, etc. y excluyendo la apreciación subjetiva que le puede dar el mercado.

Principal: Valor a la par o nominal de un instrumento de deuda.

Proceso: Es el mecanismo de conversión y transformación de las entradas en salidas, cuando se conoce cómo se efectúa el cambio, el proceso se llama "caja blanca". Generalmente, no se conoce en sus detalles el proceso porque la transformación es demasiado compleja, en este caso se llama "caja negra".

Propósitos y función: Los sistemas inanimados están desprovistos de un propósito evidente. Éstos adquieren un propósito o función específicos cuando entran en relación con otros subsistemas en el contexto de un sistema más grande. Por tanto, las conexiones entre subsistemas, y entre subsistemas y el sistema total, son de considerable importancia en el estudio de sistemas.

Razón de cobertura: Razón entre el tamaño de una posición en un instrumento de

cobertura y el tamaño de la posición que se está cubriendo.

Relaciones: Son los enlaces que vinculan entre sí a los objetos o subsistemas que componen a un sistema. Se pueden clasificar en :

- **Simbióticas:** aquellas en que los sistemas conectados no pueden seguir funcionando solos. A su vez puede subdividirse en unipolar o parasitaria, cuando un sistema (parásito) no puede vivir sin el otro sistema (planta), y en bipolar o mutual, cuando ambos sistemas dependen entre si.
- **Sinérgicas:** es una relación que no es necesaria para el funcionamiento, pero que resulta útil, ya que su desempeño mejora al desempeño del sistema. En las relaciones sinérgicas la acción cooperativa de subsistemas semi-independientes, tomados en forma conjunta, origina un producto total mayor que la suma de sus productos tomados de una manera independiente.
- **Superfluas:** son las que repiten otras relaciones. La razón de las relaciones superfluas es la confiabilidad; aumentan la probabilidad de que un sistema funcione todo el tiempo y no una parte del mismo.

Rendimiento: Ganancia que proporciona un instrumento.

Rho: Tasa de cambio del precio de un derivado con respecto a la tasa de interés.

Riesgo: En finanzas, el concepto de riesgo está relacionado con la posibilidad de que ocurra un evento que se traduzca en pérdidas para los participantes en los mercados financieros, como pueden ser inversionistas, deudores o entidades financieras. El riesgo es producto de la incertidumbre que existe sobre el valor de los activos financieros, ante movimientos adversos de los factores que determinan su precio; a mayor incertidumbre, mayor riesgo.

Riesgo de incumplimiento: La posibilidad de que un parte del interés o del capital de un instrumento de renta fija no se pague completamente.

Salidas: Resultados obtenidos al procesar las entradas. Son el resultado del funcionamiento del sistema.

Sistema: Un sistema es una entidad autónoma dotada de una cierta permanencia y constituida por elementos interrelacionados que forman subsistemas estructurales y funcionales. Se transforma dentro de ciertos límites de estabilidad, gracias a regulaciones internas que le permiten adaptarse a las variaciones de su ambiente específico.

Sistema blando: están dotados con características conductuales, son vivientes y sufren un cambio cuando se enfrentan a su medio.

Sistema financiero: Conjunto de mercados y otras instituciones que se utilizan para las transacciones financieras y el intercambio de activos y riesgos.

Sistema duro: Se identifican como el sistema en que interactúan hombres y máquinas; en donde se les da mayor importancia a la parte tecnológica en contraste con la parte social.

Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE): Tasa que refleja las condiciones del mercado de dinero que calcula diariamente el Banco de México, con base en las cotizaciones de las tasas de interés ofrecidas a distintos plazos por los diversos bancos.

Tasa de interés nominal: Tasa de interés sin ajustar a la inflación.

Tasa de interés real. Tasa de interés ajustada a la inflación. (L)

Tasa de mercado. Es el promedio del costo porcentual de captación de los recursos durante el año, más los puntos porcentuales que corresponden a los costos de operaciones de las instituciones financieras.

Tasa de rendimiento del capital: Productividad del capital expresada como porcentaje anual.

Tasa esperada de rendimiento. La suma de todos los resultados posibles de cada tasa de rendimiento posible, multiplicada por su probabilidad.

Teleológico: Proceso que tiende a un determinado fin.

Valor del dinero en el tiempo: El concepto de que una suma dada de dinero el día de hoy vale más que el derecho a la misma suma que se recibirá en el futuro.

Valor de mercado: Costo de reposición, bien sea por compra directa o producción según sea el caso. Este puede obtenerse de las cotizaciones que aparecen en publicaciones especializadas, si se trata de artículos o mercancías cotizadas en el mercado, o de cotizaciones y precios de facturas de los proveedores, entre otros. El valor de los títulos o valores prevaleciente en el mercado en un momento determinado, dependiendo de su plazo y los días transcurridos desde su emisión. Para su cálculo se considera la tasa de rendimiento de cada emisión por el tiempo transcurrido desde su emisión hasta el momento que se quiera calcular, en otras palabras, es el valor de colocación ajustado por los intereses que se van generando diariamente de cada una de las emisiones en circulación.

Valores de renta fija: Títulos con derecho a percibir un interés fijo durante el plazo de amortización, previamente establecido en la emisión.

Valores gubernamentales: Títulos de crédito emitidos por el Gobierno Federal en el mercado de dinero con la doble finalidad de allegarse recursos y regular la oferta de circulante. Estos instrumentos de crédito que se colocan en una oferta primaria al público ahorrador. Se caracterizan por su liquidez en el mercado secundario. Los hay de descuento y los que se colocan a la par, sobre o bajo par.

Son títulos al portador por los cuales el Gobierno Federal se obliga a pagar una suma fija de dinero en fecha determinada. Son emitidos por conducto de la SHCP y el Banco de México que es el agente financiero encargado de su colocación y redención. Los valores gubernamentales pueden considerarse como un instrumento de política monetaria para el control de la liquidez del mercado financiero a través de su

compraventa (operaciones de mercado abierto).

Los diferentes tipos de valor que se originan en el proceso de compra-venta son: valor nominal, valor de colocación y valor de mercado.

Valor intrínseco: valor contenido en la propia acción y se calcula generalmente sumando el ingreso futuro generado por el activo de acuerdo con un criterio de valor presente (también llamado fundamental).

Valor nominal: Es el precio de referencia, expresado en moneda nacional, que aparece en los títulos en el momento de su emisión, como expresión de parte del capital contable que represente y como antecedente para definir el precio de su suscripción. En los títulos de deuda, el valor nominal es el valor del título a vencimiento.

Vega: Tasa de cambio del precio de una opción o de otro derivado con volatilidad.

Volatilidad: Medida de riesgo del rendimiento obtenido sobre un activo.

- Histórica: volatilidad estimada a partir de los datos históricos.
- Implícita: valor de la volatilidad que hace que el mercado observado de una opción sea igual al valor calculado mediante algún modelo de valuación de opciones como el modelo Black-Scholes.

Introducción

En todos los campos en que la sociedad se enfrenta con problemas complejos, se requiere un enfoque global de la situación, una visión holística que preste atención a las características del problema bajo estudio sin reducir inadecuadamente esa complejidad. Una metodología sistémica es global y abarca no solo los métodos de análisis y síntesis de sistemas, sino además la inducción, la deducción, la hipótesis y el experimento, considerados como métodos complementarios e integrables, que se necesitan y se refuerzan mediante su empleo en conjunto, lo cual ayuda a:

- Comprender globalmente los problemas actuales y sus interrelaciones.
- Realizar procesos complementarios de análisis y de síntesis relacionados con la teoría y la práctica de las ciencias y tecnologías.
- Lograr un desarrollo cultural, económico y social integrado y equilibrado.

Existen metodologías para resolver problemas económicos o financieros, muchas de ellas de tipo matemático, tales como Investigación de Operaciones, Pronósticos para las Finanzas o Econometría, que solamente resuelven el problema en sí, sin tomar en cuenta el entorno y su interrelación entre éste y el problema. Las metodologías de sistemas buscan integrar el problema y su medio ambiente para realizar un estudio global, integral, unificado, que abarque a todos los elementos que se relacionan e interrelacionan con él. En este trabajo de investigación se desarrolla una metodología sistémica para analizar y dar solución a problemas económico-financieros, nombrada Metodología de Sistemas Económico-Financieros (MSEF), bajo una visión holística, dicha metodología incluye en una de sus etapas el uso de metodologías rígidas para dar solución al problema. La explicación de cada una de las etapas y pasos de dicha metodología se encuentra en el Capítulo 3.

Cabe mencionar que la primera etapa que incluye los pasos 1 y 4 de la metodología están incluidas en esta introducción, debido a que son la situación problema y los objetivos para resolver la situación. La tesis se divide en seis capítulos en donde el Capítulo 1 representa la etapa dos de la metodología y el Capítulo 5 la etapa cinco. Por cuestiones de estructura de la tesis en el paso 2 de la etapa 1 se encuentran los conceptos

Situación problema

Este es el primer paso de toda la metodología y es la primera etapa, mencionar también los objetivos.

En el contexto internacional actual, con la globalización, interacción e interrelación de las economías abiertas al libre comercio y el desarrollo de las tecnologías de comunicación que favorecen el acceso a la información y evolución de los mercados, se tiene que las economías de todos los países están enlazadas en una economía mundial, como un todo, de tal forma que al existir un pequeño movimiento en el contexto global el efecto positivo o negativo afecta a todos. La economía de cualquier país combina etapas de expansión con fases de contracción, es decir, es cíclica. Las cuatro fases de un ciclo económico son: ascenso (aumenta la actividad económica hasta el momento del auge), descenso (caen los indicadores), recesión (cuando el descenso se extiende por más de dos trimestres consecutivos) y reactivación (los índices suben nuevamente y comienza el ascenso). Una crisis económica tiene lugar en algún momento del descenso, ocasionando una contracción en los negocios y una reducción en el ingreso, la productividad y el empleo, así como problemas en el sistema bancario o el monetario, lo cual es llamado crisis financiera. Como se mencionó anteriormente, cualquier movimiento en el sistema afecta a todos, así que la crisis que surja en un país o región puede extenderse rápidamente a otras economías. Durante una crisis económica financiera los inversionistas (nacionales o extranjeros) abandonan rápida y masivamente un país por la pérdida de confianza, de esta forma, las entradas de capital pueden evaporarse y la salida neta de éste en grandes cantidades se precipita.

La toma de decisiones en política económica y financiera constituye un proceso complejo en el que intervienen múltiples elementos, en forma de personas e instituciones, que tratan de salvaguardar la estabilidad de la economía a nivel macroeconómico a través del desarrollo de acciones orientadas hacia una mejor distribución de la renta entre los ciudadanos. Para ello, se cuenta con una amplia gama de instrumentos que son utilizados de diversa forma según los países, tales como el sistema de recaudación impositivo, los gastos y transferencias a favor de determinados sujetos; las inversiones en

infraestructuras y equipamientos, el sistema de la seguridad social y, por ende, el sistema de pensiones. La seguridad social es el sistema que protege a la población de una sociedad contra las privaciones económicas y sociales que pudieran afectarles y su sistema de pensiones tiene el fin de garantizar los recursos económicos que permitan mantener un nivel de vida digno a aquellas personas que han dejado de percibir tales recursos cuando su vida laboral termina. Los fondos de pensiones son administrados durante toda la vida laboral de los trabajadores y, por su propia naturaleza de largo plazo, son necesarios para incrementar el ahorro financiero de la economía, ampliar el horizonte de los instrumentos financieros disponibles para los inversionistas y reducir la dependencia de financiamiento externo. Debido a esto, durante la crisis fiscal de los estados nacionales de 1970 y la crisis de endeudamiento de la década de 1980, los organismos financieros internacionales, el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM), promovieron el abandono del régimen solidario para el fondo de pensiones y su sustitución por un régimen de capitalización individual, operado por empresas financieras privadas.

En 1997, el sistema mexicano de pensiones sufrió un cambio radical al pasar de ser un sistema de reparto y beneficios definidos a un sistema de cuentas individuales y contribuciones definidas. En el sistema pensionario anterior, el sistema solidario, las retenciones de los trabajadores de hoy pagaban las pensiones de los de ayer y, del mismo modo, las de los trabajadores de mañana pagarían las de hoy, lo que implicaba que esos recursos no se ahorraban, no podían invertirse, y tampoco ayudaban a ampliar el ámbito de operación del sistema financiero. De esta forma, bajo el nuevo régimen, las pensiones dependen en su mayoría de las aportaciones realizadas a lo largo de la vida laboral de los afiliados, así como del *desempeño de las carteras de inversión* y las comisiones cobradas.

Además de la crítica situación financiera en que se encontraba el antiguo sistema de pensiones, una de las razones para llevar a cabo esta reforma fue que con ella aumentaría el ahorro interno y se beneficiaría al mercado financiero. Sin embargo, para que esto último suceda, es necesario que dicho mercado goce ya de un cierto desarrollo. En México, como en otros países latinoamericanos que han emprendido reformas

similares, el mercado de deuda ha sido durante décadas mayoritariamente mercado de deuda pública de corto o mediano plazo. Por su parte, el mercado de renta variable no siempre tiene la liquidez ni la capitalización requerida para garantizar su inclusión en fondos de pensiones y, por último, el mercado de derivados es aún incipiente. En la práctica, a lo largo de los años de vigencia de la reforma, los fondos de pensiones han limitado su inversión al universo de instrumentos de deuda pública, ya sea por la regulación que así lo disponía, o por la ausencia en el mercado de otro tipo de instrumentos de largo plazo. Los buenos rendimientos obtenidos a lo largo de estos años están ligados a etapas de altos tipos de interés pero, como la misma autoridad reguladora reconoce, en el futuro estos niveles no están garantizados, por lo que ha sido indispensable modificar las restricciones a la inversión para ampliar el universo de inversión de los fondos, permitiéndoles una mayor diversificación y una mejor relación riesgo-rendimiento. La ampliación en la variedad de instrumentos susceptibles de incluirse en los fondos de pensiones conlleva, a su vez, la exposición a nuevos tipos de riesgo, lo que implica que deben ser observados y regulados para impedir casos extremos. Ahora bien, ante lo turbulento de la última crisis financiera internacional de 2008 (consecuencia de la crisis financiera generada en Estados Unidos), el mercado bursátil en el que se transan las acciones que se compran y venden para invertir los fondos de pensiones se ven y verán afectadas por los vaivenes de la economía y las crisis en particular.

"La crisis financiera está afectando a todos los mercados y siendo el sistema de pensiones parte de estos no está exento de afectaciones negativas, aunque lo vemos como un fenómeno coyuntural, pues estos mercados se tienen que ver en el largo plazo", dijo Vanessa Rubio, portavoz de la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR). El sistema mexicano sufrió mayor presión en mayo y junio, meses en los que registró minusvalías en rentabilidad de 50.000 millones de pesos, según Rubio, aunque dicho monto, aproximadamente USD 4.166 millones, se recuperaron casi en su totalidad en julio y agosto.

Es evidente que no existe un modelo de riesgo capaz de predecir y menos proteger a nadie ante una situación de insolvencia de tal magnitud, pero eso no significa que dejen de buscarse modelos más adecuados de evaluación del riesgo, especialmente cuando se

trata de fondos de pensiones, de cuyo desempeño depende la jubilación de muchas personas. De aquí que resulte importante buscar metodologías de medición, evaluación y control de la exposición al riesgo, considerando las características particulares del mercado financiero mexicano. Debido a esto surge la siguiente pregunta de investigación:

Pregunta de investigación

Qué metodologías sistémicas pueden ser utilizadas para caracterizar y modelar sistemas socio-técnicos de actividad humana, como el sistema económico-financiero, que permita el uso de herramientas cuantitativas para administrar el riesgo.

Variables de investigación

Metodologías sistémicas suaves

Métodos cuantitativos para identificar, medir y administrar riesgos que se presenten en el sistema económico-financiero.

Propósito de la investigación

Caracterizar y modelar el sistema de pensiones de México (AFORES), a través de una metodología sistémica, para reducir la minusvalía en los ahorros para la pensión de los trabajadores.

Objetivo general

Construir una metodología sistémica que permita reducir la minusvalía de los ahorros de los trabajadores para su retiro, mediante la reducción a la exposición del riesgo de mercado de los portafolios en los que están invertidos dichos ahorros.

Objetivos específicos

1. Establecer el marco contextual del sistema de pensiones en México.
2. Establecer el marco conceptual de la evaluación y cobertura de portafolios de inversión.
3. Diseñar una metodología sistémica para resolver problemas económico-financieros.
4. Validar la metodología diseñada a través de un caso de estudio: AFORES

Justificación

Los sistemas de pensiones de contribución definida conllevan un riesgo de mercado de capitales durante la fase de acumulación, cuando las contribuciones y la rentabilidad de las inversiones van aumentando. El riesgo está en que la rentabilidad del fondo de pensiones sea insuficiente para ofrecer a un individuo ingresos de jubilación adecuados, por lo que debería exigirse un rendimiento mínimo. Las regulaciones sobre la inversión de los fondos de pensiones influyen no sólo sobre su crecimiento de largo plazo, sino también sobre su volatilidad. Dichas regulaciones son necesarias en los sistemas obligatorios, donde los ahorros de los afiliados son producto de una exigencia legal; con éstas se busca generar un equilibrio entre riesgo y rentabilidad que refleje los intereses de largo plazo de los afiliados y los objetivos que la sociedad le ha fijado al sistema. En términos de límites por activo, los marcos regulatorios permiten a los fondos de pensiones invertir en cuatro categorías de activos principales: bonos gubernamentales; instrumentos del mercado de capitales (acciones y bonos), depósitos bancarios y activos extranjeros. Los límites a la inversión en bonos gubernamentales normalmente son altos, no sólo como reflejo del hecho de que éstos forman parte de una cartera bien equilibrada, sino también porque el gobierno necesita financiar el costo de la transición del sistema de seguridad social administrado por el Estado. Los límites a la inversión en depósitos bancarios también han sido amplios. Sin embargo, las restricciones a las inversiones de los fondos de pensiones, tanto en acciones nacionales como en todos los activos extranjeros, son estrictas.

El colapso de los mercados financieros en 2008 pesó negativamente sobre los sistemas de pensiones de capitalización individual. La crisis afectó con mayor fuerza las acciones y emisiones extranjeras, mientras que los títulos públicos y depósitos bancarios estuvieron menos afectados. Los rendimientos negativos en los sistemas de pensiones se registraron en forma similar en aquellos fondos con una alta proporción de activos invertidos en renta variable que en aquellos fondos con una alta proporción de sus activos invertidos en renta fija. En México, el impacto de la crisis provino mayormente del ajuste a la baja en el precio de los instrumentos de renta fija, particularmente de aquellos de largo plazo. Durante la crisis financiera, la mayor aversión al riesgo por parte de los inversionistas, se tradujo en una restricción del crédito y, por lo tanto, en aumentos temporales de las tasas de interés.

Al mismo tiempo, el aumento de los precios en mercancías y alimentos en el mercado presionó a las autoridades monetarias a elevar las tasas de interés de referencia para evitar el surgimiento de una tendencia inflacionaria. Entre agosto y noviembre de 2008, los recursos de las AFORE disminuyeron de un valor máximo de USD 86.190 millones a un valor de USD 62.330 millones, equivalente a una reducción del 28%. Sin embargo, la recuperación de los fondos previsionales durante el 2009, permitió recuperar el valor de los fondos en un 30% (llegando a los USD 87.806).

Los efectos de la reciente crisis financiera internacional en los fondos de pensiones en México muestran que ésta no sólo ha afectado su rentabilidad, sino también la densidad de las cotizaciones de los trabajadores como producto del mayor desempleo, informalidad y evasión de las aportaciones que se producen durante una recesión económica. Dado que los actuales regímenes de capitalización individual en el país están en una etapa temprana de maduración, su componente en inversiones de renta variable es limitado, y todavía faltan varios años para que se retire la mayor parte de los afiliados, lo cual significa que habrá tiempo suficiente para que se recupere el valor de los fondos. Esto señala la necesidad de minimizar la exposición de los fondos de pensiones a las fluctuaciones financieras bruscas, mediante el diseño de una metodología sistémica que considere, simultáneamente, las relaciones interpersonales de los agentes que conforman el sistema financiero mexicano con la aplicación de métodos cuantitativos alternativos que permitan determinar la exposición de riesgos de carteras de inversión, a fin de desarrollar estrategias de cobertura que disminuyan la minusvalía de los fondos de pensión.

Capítulo 1 Sistemas de Pensiones en México

1.1 Sistemas

En forma general, un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados que mantienen a éste directa o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue un objetivo. La Teoría General de Sistemas (TGS) define a un sistema como un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas que persiguen un fin y afirma que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas en términos de sus elementos separados, su comprensión se presenta cuando se estudian globalmente bajo una perspectiva holística (global, total) e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que emergen a partir de éstas. De aquí se extraen algunos aspectos fundamentales del concepto sistema (Ackoff, 2004; Bertalanffy, 1976):

- La existencia de elementos diversos e interconectados.
- El carácter de unidad global del conjunto.
- La existencia de objetivos asociados al mismo.
- La integración del conjunto en un entorno o medio ambiente.

Para que un conjunto de elementos sea considerado un sistema debe cumplir las siguientes condiciones:

1. Las propiedades y el comportamiento de cada uno de los elementos del sistema causan un efecto en el conjunto como un todo. Esta condición significa que el solo hecho de formar parte del conjunto, posibilita a cualquier elemento a afectar al sistema.
2. El comportamiento de cualquier elemento y la manera en que afecta al todo, depende del comportamiento de, al menos, otro de los elementos del conjunto. Esto significa que ningún elemento afecta en forma independiente al conjunto.
3. Por otra parte, el hecho de que los elementos de un sistema se puedan desagregar en forma diferente, hace válido el que en todo subconjunto de elementos de un sistema también cumplan las dos propiedades básicas anteriores.
4. El comportamiento de cualquier agrupamiento de elementos tiene un efecto en el conjunto y ningún comportamiento es independiente. También de esta propiedad se desprende que los elementos no se pueden organizar en grupos independientes (Ackoff, 2004).

Debido a las propiedades anteriores, un sistema tiene algunas características o algún comportamiento que no puede tener por separado alguno de sus elementos o subgrupos que lo integran. Puede decirse que pertenecer a un sistema afecta las capacidades de un elemento, de tal forma que un sistema es más que la suma de sus partes. Visto estructuralmente, un sistema es un todo divisible, atendiendo al modo de integración de sus elementos, pero es un todo indivisible en el sentido de que algunas de sus propiedades funcionales se pierden al partir el sistema (Ackoff, 2004). Las partes o elementos que forman al sistema como un todo pueden ser, a su vez, sistemas (subsistemas o microsistemas), ya que cada uno conforma un todo en sí mismo y tiene un rango menor; el suprasistema (o macrosistema) es un sistema de mayor rango al que pertenece el sistema en cuestión (Bertalanffy, 1976; Gigch, 1981).

El funcionamiento de un sistema depende de la forma en que se relaciona con su propio medio ambiente (el sistema mayor del cual forma parte) y de cómo se relaciona con otros sistemas en dicho ambiente. De la misma forma, el desempeño del sistema depende críticamente de lo bien que las partes ajusten y trabajen entre sí y no solamente de la forma en que cada una trabaje cuando se le considere por separado. Según el modo de pensar de los sistemas se trata de valorar el funcionamiento de un sistema como parte de un sistema mayor que lo contiene, cuya condición para la continuidad sistémica es el establecimiento de un flujo de relaciones con su ambiente. Las definiciones y [principios](#) valen para cualquier sistema y éstos pueden ser tanto físicos, como biológicos, sociales, económicos, culturales o conceptuales (Ackoff, 2004; Bertalanffy, 1976; Gigch, 1981; Gigch, 1987). De esta forma, los sistemas pueden clasificarse en forma general de las siguientes maneras (ver Anexo A):

- a. Con respecto a su constitución.
- b. Según su definición.
- c. Con relación a su origen.
- d. Con relación al ambiente o grado de aislamiento.
- e. Según la relación entre sus elementos.

- f. De acuerdo al tipo de ciencia que los estudia.
- g. Dependiendo de su complejidad

Una consecuencia de la forma de pensar sistémica es que la ciencia se está desarrollando uniendo sus componentes para formar una diversidad creciente de enteros cada vez más comprensivos a través de formas de trabajo transdisciplinarias, con una perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos, que emergen a partir de ellas; además, busca un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación entre especialistas y especialidades. Los nuevos desarrollos –tales como la cibernética, investigación de operaciones, las ciencias del comportamiento, comunicación, administración y política y la ingeniería de sistemas- son interdisciplinarios. En el pasado, generalmente se descomponía un problema en problemas más sencillos manejables por distintas disciplinas; entonces cada disciplina podía resolver su parte del problema y luego se podían conjuntar estas soluciones en una solución del todo. Ahora, una diversidad de disciplinas trabaja entre sí en el problema como un todo; buscan extenderse y fundirse para aumentar el número de disciplinas que incorporan y así ampliar la clase de fenómenos que manejan y, de esta forma, obtener síntesis más comprensivas del conocimiento, por lo que prosperan en la interacción mutua.

En todos los campos en que la sociedad se enfrenta con sistemas planteados por objetos materiales o inmateriales, caracterizados por el cambio, multiplicidad y variedad de relaciones, interrelaciones e interdependencias entre distintos factores, es decir, con problemas complejos, se requiere un enfoque global de la situación, una visión holística que preste atención a las características del problema bajo estudio sin reducir inadecuadamente esa complejidad (Checkland, 1994; Gigch, 1987). La Ingeniería de Sistemas (IS) surge por la interacción entre disciplinas, caracterizada (tal como sucede con el resto de los sistemas sociales) por no limitarse sólo a la investigación o análisis de la complejidad, sino por incorporar metodologías para la solución de problemas de diversa complejidad. En la evolución de la IS, el primer campo de aplicación fue el estrictamente técnico, más tarde se pasó a su empleo en el dominio de lo social y económico (ver anexo B).

El contexto en que surgió la IS es el del avance tecnológico, industrial y económico que se desarrolla hacia una mayor complejidad (redes de relaciones muy variadas y variantes entre los factores de ese entorno). De aquí la necesidad de buscar métodos que ayudaran a superar esa complejidad creciente. La IS se aboca en el tratamiento y solución de problemas complejos; su objetivo es reunir técnicas, campos de conocimiento muy variados, para configurar un sistema de acción más capaz y rico en posibilidades, en conocimientos, en métodos, en capacidades humanas, que permita un tratamiento más eficiente y más económico de los sistemas-objeto o de los problemas a resolver en ellos (Ackoff, 2004; Bertalanffy, 1976; Gigch, 1981; Gigch, 1987).

1.2 Sistema económico y financiero

El marco general en el que se desenvuelve la actividad económica de un país constituye su sistema económico. Dentro de este sistema se interrelacionan la forma en la que se organiza la actividad económica de la sociedad, la producción de bienes y servicios y la distribución entre sus miembros. La economía de cualquier país combina etapas de expansión con fases de contracción, es decir, es cíclica. Las cuatro fases de un ciclo económico son el ascenso (aumenta la actividad económica hasta el momento del auge), el descenso (caen los indicadores), la recesión (cuando el descenso se extiende por más de dos trimestres consecutivos) y la reactivación (los índices suben de nuevo y comienza el ascenso). El sistema económico sirve para determinar qué agentes y en qué condiciones podrán adoptarse decisiones económicas.

Uno de los principales elementos en que se basa el sistema económico es la población (ya sea productiva o dependiente) de consumo. La población económicamente activa es la que está en situación potencial de ejecutar una determinada actividad, lo cual no significa que sea la que realmente labora o ejecuta una actividad económica; de aquí se tiene que la población económicamente activa se distinga de la ocupada y no ocupada.

En el sistema económico el hombre dispone de una gran variedad de bienes con los cuales satisface sus múltiples necesidades y deseos materiales, organizados de forma tal que logran intercambiar productos y prestar servicios mutuamente. A la organización de

estas unidades productoras en el sistema económico se le denomina sectores productivos, los cuales se clasifican con base en sus actividades como:

1. Sector primario. Es la actividad básica, su función económica se basa en la extracción de materiales y la actividad agrícola, ganadera y pesca.
2. Sector secundario. Su actividad se basa en la industrialización de las materias primas básicas obtenidas por el sector primario, transformándolas en bienes de consumo y/o bienes intermedios para la actividad económica de otras unidades productoras (empresas).
3. Sector Terciario. Son las unidades productoras (empresas) que ayudan a otras empresas, llamadas de servicios, para el desarrollo de sus actividades (transporte, administración, turismo, jurídico, etc.).

Estos sectores, a su vez, tienden a una clasificación que emerge de las diferentes necesidades económicas en bienes y servicios derivadas de la producción:

- De consumo: satisfacción directa de necesidades humanas, tales como el vestido, alimentación, diversión, habitación, etc.
- De capital: elementos básicos en la transformación de materias primas, tales como instrumentos de trabajo, máquinas, carreteras, etc.
- Intermediarios: materias primas, son bienes que se transforman antes de convertirse en bienes de consumo, tal como trigo, acero, petróleo, etc.

Todas las ramas o sectores económicos tienen una función importante: el sector productivo extrae, transforma y realiza una serie de materiales que otros utilizan para elaborar satisfactores; el sector comercial adquiere en grandes cantidades esos mismos materiales y los coloca a disposición de los consumidores intermedios o finales; el sector servicios se encarga de suministrar factores de apoyo a la vida de los negocios y los particulares como agua, luz, etc.; y el sector financiero tiene la función de hacer circular el dinero entre todos los actores de la vida económica diaria.

Una economía de mercado sana depende de la transferencia eficiente de recursos financieros entre los ahorradores y los individuos, empresas y gobiernos que necesitan capital. La mayoría de esas transacciones ocurren a través de instituciones financieras tales como bancos (comerciales, de inversión y de desarrollo), compañías de seguros, fondos de inversión, uniones de crédito o cajas de ahorro, que sirven como intermediarios entre los usuarios y proveedores de recursos. El *sistema financiero* es un sistema complejo dinámico en constante evolución que abarca los activos financieros que se generan, los mercados en los que se desarrollan dichos activos, los intermediarios, las empresas de servicios y otras instituciones (autoridades monetarias y financieras, instituciones reguladoras) y cuyo propósito es llevar a la práctica las decisiones financieras de las personas, las empresas y los gobiernos.

El sistema financiero actual tiene un alcance global porque los mercados e intermediarios financieros están vinculados a través de una vasta red internacional de telecomunicaciones, de tal modo que la transferencia de pagos y el comercio de valores pueden darse casi de manera continua. En este sistema, los fondos fluyen de entidades que tienen un superávit o excedente de efectivo a los que tienen un déficit, la mayoría de las veces los flujos de dinero ocurren a través de los intermediarios financieros (figura 1).

Las empresas que tienen un superávit de efectivo pueden canalizar éste vía inversión, para obtener un rendimiento durante cierto período de tiempo. Otro grupo ahorrador, y por lo tanto, con superávit de efectivo, está constituido por los individuos y las familias que desean obtener un beneficio económico en el futuro para, por ejemplo, prevenir las necesidades en su vejez. Las necesidades de ahorro e inversión dependen de lo que ocurra al nivel de ingresos y de empleo, el ingreso es el que más influye en el consumo (alimento, vestido) y el ahorro.

La inversión es la aportación de capitales a largo plazo en empresas agrícolas, industriales y de servicios; se traduce en la compra de bienes de capital y fuerza de trabajo para poner en marcha el proceso productivo; además, supone la formación, acumulación y concentración de capitales. El volumen de inversión varía enormemente de un año a otro, debido a que las oportunidades rentables de inversión dependen de los

nuevos descubrimientos, productos, territorios y fronteras, recursos, nueva población y mayor producción; de esta forma, la inversión depende de elementos dinámicos y relativamente impredecibles de la expansión del sistema económico, es decir, de elementos ajenos al propio sistema: la técnica, la política, las expectativas optimistas o pesimistas, la confianza en el ambiente, los gastos e impuestos del Estado, la política legislativa.

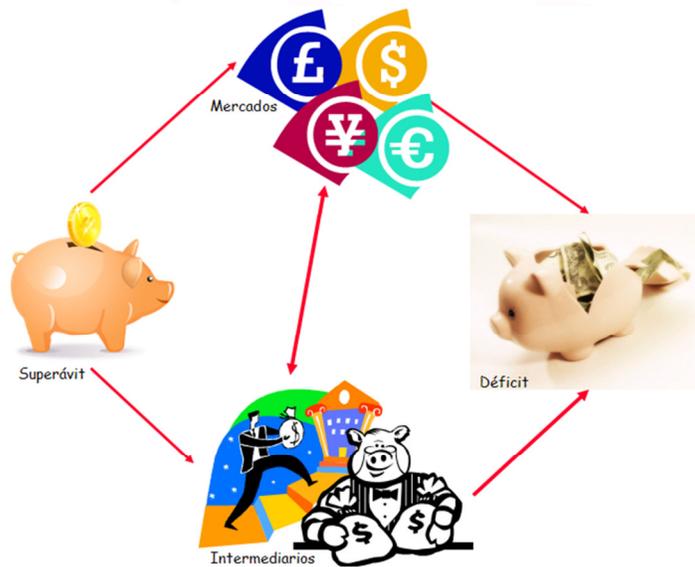


Figura 1.1. Flujo de dinero a través de un sistema financiero.
Fuente: Elaboración propia

La clase de organización social que se utiliza para la coordinación de actividades entre individuos en una economía mixta es esencialmente un sistema de mercado de precios regulado por la intervención del gobierno. En dicho sistema los recursos tienden a fluir hacia donde obtienen la más alta tasa de retorno o el mayor beneficio posible, haciendo un circuito entre Gobierno-Empresas-Familias que actúan como unidades de consumo y de producción. El sistema financiero con sus mecanismos, instrumentos e instituciones, constituye la puerta de entrada del dinero nacional y externo. Estas instituciones hacen llegar el dinero a las entidades que no lo tienen y que lo requieren para financiar sus necesidades productivas, recomponer sus estructuras, expandirse, o crecer. El siguiente esquema, que presenta un sistema de economía mixta, permite entender su funcionamiento como una compleja red de interrelaciones, de toma de decisiones y de actividades económicas, entre las familias, el gobierno y las empresas, entre los cuales se

establece un sistema de mercado de recursos y productos que propicia la redistribución del ingreso a través del pago por el uso y consumo de los recursos, bienes o servicios y paga impuestos que el gobierno emplea para utilidad común (figura 2).

Además de la independencia que existe entre las fuerzas que operan sobre el ahorro y la inversión, es necesario tomar en cuenta dos restricciones:

1. Con frecuencia, las decisiones de invertir los excedentes que las empresas pueden tener en cierto instante de tiempo, dependen de las obligaciones que éstas tengan a corto plazo y del tiempo en que vayan a utilizar ese ahorro. Si las empresas no tienen deudas a corto plazo y no necesitan emplear los excedentes de manera inmediata, entonces éstos pueden ser invertidos para financiar el consumo de las personas o familias, así como proyectos de inversión de otras empresas o gobiernos.
2. En épocas de crisis económica el capital para invertir en el consumo o proyectos de inversión es escaso y, por ende, se vuelve muy caro; por lo tanto, para que el sistema financiero cumpla su función de canalizar el ahorro hacia el consumo y/o inversión, éste debe esperar a que las tasas de interés bajen y estimular el consumo mediante incentivos fiscales.

La función fundamental de los intermediarios financieros e instituciones diversas es facilitar el proceso de obtención de fondos.

Intermediarios: Banca Comercial y de Desarrollo, Mercado de Dinero, Mercado de Capitales y otros mercados financieros como los de divisas y de derivados. El mercado de capitales juega un papel fundamental para fomentar la actividad productiva mediante la canalización del ahorro de largo plazo en mejores condiciones para las empresas que el crédito, permitiendo además la diversificación del riesgo entre empresas e inversionistas.

Las Instituciones proporcionan una base para que funcione el sistema financiero, regulando y supervisando el funcionamiento de los mercados financieros:

- a) Reguladoras de Política Crediticia: Banco Central, dependencias gubernamentales encargadas de la Hacienda (Tesoro) Pública y Organismos públicos especializados en la regulación y supervisión de las actividades financieras; entre otros organismos.
- b) Otras Instituciones ideadas para fomentar el desarrollo de los mercados financieros y brindarles apoyo para la realización de sus actividades.



Figura 1.2. Sistema macroeconómico.
Fuente: Elaboración propia

1.2.1 Sistema económico y financiero de México

Las actividades de regulación y control son efectuadas por instituciones públicas que reglamentan y supervisan las operaciones y las actividades que se llevan a cabo y, por otro lado, definen y ponen en práctica las políticas monetarias y financieras fijadas por el gobierno. En México, las instituciones reguladoras y supervisoras son las siguientes:

- a. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)
- b. El Banco de México (BANXICO)

- c. La Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV)
- d. La Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF)
- e. La Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR)

La SHCP es una dependencia del Poder Ejecutivo Federal, encargada principalmente de planear y delinear la estructura y funcionamiento del Sistema financiero, de otorgar o revocar autorizaciones para la operación de diversos intermediarios financieros y de coordinar a la CNBV, a la CONSAR, a la CNSF, a la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF) y al Instituto para la Protección al Ahorro Bancario (IPAB).

La CONSAR es la autoridad que regula y supervisa el Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR) y, en particular, a las AFORES (Administradoras de Fondos para el Retiro) que son instituciones financieras privadas dedicadas a la administración de los recursos para el retiro a nombre de los trabajadores. Dichos recursos se canalizan a la transacción de instrumentos financieros que otorgan el mayor rendimiento sobre el capital invertido (ahorro) al menor riesgo posible (volatilidad). En la figura 3 se muestra la ubicación de la CONSAR dentro del Sistema Financiero Mexicano.

El objetivo del SAR es maximizar la tasa de reemplazo (monto de la pensión como porcentaje del salario promedio) de las pensiones de los trabajadores, bajo un marco de seguridad. Para ello el SAR cuenta con una Sociedad de Inversión Especializada en Fondos para el Retiro (SIEFORE) a través de la cual los trabajadores podrán obtener mejores rendimientos para sus ahorros con muy poco riesgo.

1.2.1.1 Sistema de Pensiones en México

Como ya se mencionó, las actividades económicas de una sociedad están constituidas por los diferentes bienes y servicios disponibles para el consumo privado, las inversiones, la exportación, o el uso por el gobierno en el consumo colectivo o la inversión. Toda esta producción económica genera ingresos para los participantes en el proceso (los cuales

conforman el sector social de las personas activas), quienes los utilizan dedicándolos al consumo de bienes y servicios. El total de los ingresos generados, a través del proceso económico descrito, es igual al monto total de lo producido por esa economía. Los sistemas de pensiones tienen como objetivo proteger los ingresos del trabajador y su familia ante diferentes contingencias y situaciones naturales tales como vejez, cesantía en edad avanzada, muerte prematura y accidentes o enfermedades que conducen a la invalidez. Los jubilados, el sector social de las personas que van saliendo del grupo de los activos ocupados, al retirarse del proceso de la actividad económica, conforman un sector de alto consumo y poca o nula productividad. Así, su consumo (alto, bajo o insuficiente) debe ser sostenido por otros medios. Aun cuando algunos tal vez obtengan rendimiento de inversiones de capital, la mayoría de pende de las transferencias de recursos de las personas que siguen trabajando.

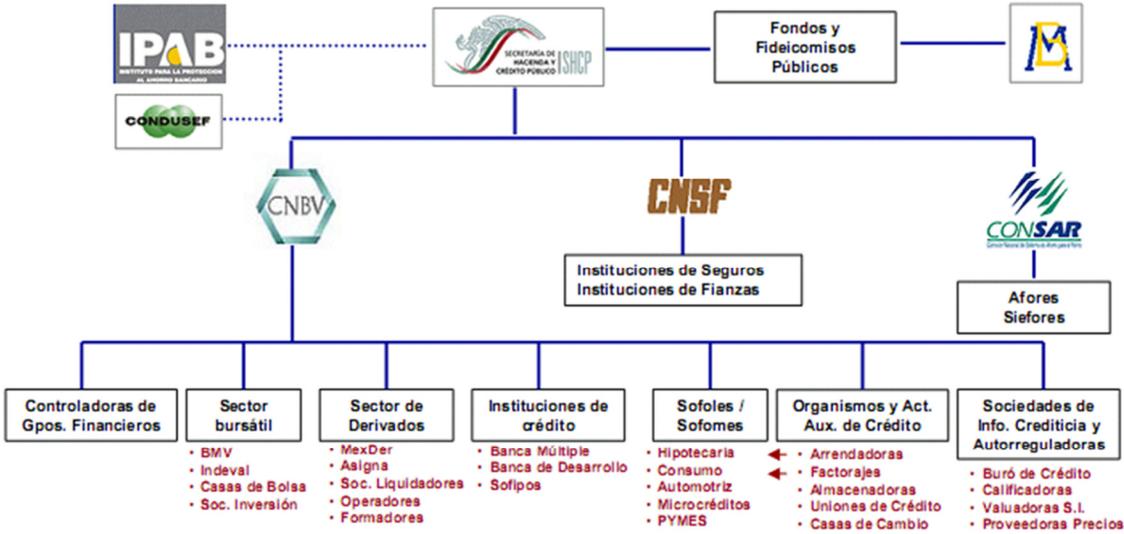


Figura 1.3. Sistema Financiero Mexicano.
Fuente SAR

De acuerdo con las Prácticas Internacionales de Seguridad Social, son tres los mecanismos utilizados para transferir poder adquisitivo de la población en edad activa a los jubilados:

1) Las transferencias informales. Se dan de forma intrafamiliar. Implica la voluntaria transferencia de recursos de los miembros activos de una familia multigeneracional para

sostener tanto a los jóvenes como a los de edad avanzada. En México se tienen 31.4% de hogares de tipo multigeneracional, según el censo del año 2000 y, como consecuencia, se puede señalar esta realidad como un espacio en donde se dan transferencias informales que complementan el sostén de las personas de edad avanzada, mayormente, en las zonas rurales y ciudades intermedias. Por otra parte, el acelerado paso a una sociedad más urbana ha causado la rápida ruptura de los hogares multigeneracionales y de sus responsabilidades tradicionales. Esta situación, combinada con las tasas de natalidad en declinación, ha ocasionado una dependencia creciente de los mecanismos dirigidos por el Estado.

2) Regímenes de cotizaciones y prestaciones obligatorias. Los regímenes de transferencia auspiciados por el gobierno pueden ser las pensiones contributivas (a menudo ligadas a un porcentaje del sueldo) o las pensiones universales, no contributivas llamadas programas de asistencia en la vejez.

En el marco de los primeros, la transferencia proviene de los ingresos de los trabajadores actualmente en actividad. En cuanto a las pensiones universales, éstas son financiadas por impuestos de base más amplia, de manera que la transferencia procede tanto de los impuestos al ingreso de cada uno de los Trabajadores, de los patrones y de todos los contribuyentes, en general.

En México se tienen ambos regímenes de transferencia. Como ejemplo de pensiones contributivas están las del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y las del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los trabajadores del Estado (ISSSTE), y de no contributivas, están las pensiones alimentarias para los adultos mayores de setenta años, residentes en el Distrito Federal (DF).

3) Trueque de activos. Básicamente, el trueque consiste en que los jubilados "venden" activos a los trabajadores que, a su vez, los utilizan a fin de ahorrar para su retiro. Este acto de vender o comprar el activo transfiere el poder adquisitivo del trabajador al jubilado.

Como se puede apreciar, en esencia, el proceso de transferencia de recursos es el mismo en los tres casos. Pero ninguno de estos procesos incrementa el activo total de una sociedad, sino que sólo redistribuyen el capital y el consumo de una generación (los activos) a otra generación (los jubilados).

1.2.1.2 El costo económico de prestar un sostén a la población jubilada

El costo del sostén a los jubilados se calcula según los bienes y servicios que consumen, porque estos recursos no están disponibles para otros usos, como por ejemplo la inversión privada, la colectiva o el consumo del gobierno o de los trabajadores. Las personas económicamente activas con el dinero fruto de su trabajo, buscan satisfacer las necesidades primarias de ellos y de su familia, a saber: alimentación, habitación, vestido, cultura, diversión y seguros. Los jubilados, por su parte, continúan buscando el cubrir esas mismas necesidades. Esta búsqueda se hace difícil para ellos, pues al salirse del sector de los económicamente activos dejan de recibir ingresos producto del trabajo; por consiguiente, ya no cuentan con dinero que les permita conseguir lo que necesitan y es entonces, sólo entonces, cuando la sociedad debe darles sostén.

La medida más útil de este costo es el consumo de los jubilados, expresado como una fracción de la cantidad total de producción de que dispone la sociedad en la que están inmersos. También se puede expresar como producto de tres cocientes diferentes, económicos y demográficos:

1. El **cociente del consumo agregado**, que es la fracción del total de actividad económica dedicada solamente al consumo.
2. El **cociente de dependencia de los jubilados**, que es la fracción de la población retirada.
3. El **cociente del nivel de vida**, que compara el promedio de consumo de los jubilados con el de todos los individuos.

En cualquier sociedad los factores fundamentales que determinan el costo del sostén a los jubilados se encuentran principalmente en los cocientes segundo y tercero. El segundo refleja la combinación de la subyacente estructura de edades de la población y las políticas y prácticas sociales que rigen la edad de jubilación. El tercero refleja las convenciones sociales y económicas que gobiernan la relación entre los niveles de vida de los jubilados y los de la población en su conjunto. Un cambio en cualquiera de los cocientes afectará directamente al costo del sostén a los jubilados. Por ejemplo, si el número de jubilados aumenta un 10%, entonces el costo de sostenerlos también aumentará 10%. Ninguna sociedad puede modificar el costo del sostén a sus jubilados sin seguir políticas que cambien por lo menos uno de los tres cocientes.

1.2.1.3 Políticas destinadas a modificar el costo del sostén a los jubilados

Los Censos Nacionales de Población y Vivienda han confirmado ciclos de vida más largos y tasas de natalidad en declinación (ambos elevan la tasa de dependencia de los jubilados). Estos dos factores han intensificado el debate sobre las políticas de jubilación. Preocupa a los gobiernos cada vez más el impacto de los aumentos que indican las proyecciones en el costo de su sostén.

Son pocos los países que han abordado las consecuencias de esto, más allá de sus efectos sobre el financiamiento de los regímenes públicos de reparto. Hasta la fecha, los debates y la acción se han centrado en los cambios en la edad de jubilación, la reducción de los niveles de prestación y el traspaso del costo de los gobiernos al sector privado. Las reformas neoliberales plantearon que los recursos que se les descontaban a los trabajadores de su salario para el fondo de pensiones tenían que privatizarse, con el fin de darle profundidad al sistema financiero. El razonamiento se basaba en que, en el largo plazo, el rendimiento obtenido por los instrumentos financieros adquiridos pagaría los costos administrativos y permitiría que las pensiones individuales fuesen superiores a lo que se hubiera obtenido en el régimen anterior.

1.3 AFORE

Desde julio de 1997, las AFORES administran el ahorro de los trabajadores afiliados al IMSS; en agosto del 2005, abrieron sus servicios a todos los mexicanos y, finalmente, a partir del 2008, las cifras de PENSIONISSSTE se sumaron a los recursos que maneja el SAR, el cual recibe el ahorro previsional de todos los trabajadores del país.

Las AFORES son empresas financieras privadas autorizadas por la SHCP y supervisadas por la CONSAR, especializadas en el manejo de los ahorros para el retiro de los trabajadores; son instituciones que se dedican exclusiva y únicamente a administrar los recursos depositados en una cuenta individual de los trabajadores y tienen el objetivo de ofrecer a cada persona una pensión en el momento de su retiro. A pesar de que las AFORES son entidades privadas, el sistema tiene características particulares establecidas por el gobierno:

- Es un sistema de ahorro forzoso
- Para muchos trabajadores es su único activo financiero
- El fin de los recursos es socialmente sensible
- Existe una garantía gubernamental (pensión mínima garantizada)

La cuenta individual es la cuenta personal y única de cada trabajador administrada por la AFORE; en ésta, durante la vida laboral del trabajador, se acumulan las cuotas y aportaciones que realizan:

1. el patrón
2. el gobierno
3. el propio trabajador

A su vez, la cuenta individual que administra una AFORE está conformada de cuatro sub-cuentas (tabla 1.1):

- Retiro, Cesantía y Vejez (RCV). Se depositan las cuotas y aportaciones tripartitas (realizadas por el patrón, el gobierno federal y el trabajador).
- Aportaciones Voluntarias. El trabajador podrá llevar a cabo aportaciones, de manera voluntaria, que servirán para complementar la pensión. Puede realizarlo él

personalmente en su AFORE o solicitarle a su patrón que las realice haciendo un descuento de su sueldo. No hay montos mínimos ni máximos.

- Vivienda. Únicamente el patrón realiza aportaciones que equivalen al 5% sobre el salario base de cotización bimestral. Estos recursos son canalizados al Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) y la AFORE sólo lleva el registro de dichos recursos.
- Aportaciones complementarias. Se hacen depósitos por el trabajador o el patrón en cualquier momento con el propósito de incrementar el monto de la pensión. Sólo se podrá disponer de éstas al momento del retiro.

Tabla 1.1. Sub-cuentas administradas por una AFORE.

Sub-cuenta	Aportador	Aportación
Retiro, Cesantía y Vejez (RCV).	Patrón	Cesantía y Vejez 3.15%
		Retiro 2%
	Gobierno	Cesantía y Vejez 0.225%
		Cuota Social 1.125%
	Trabajador	Cesantía y Vejez 1.125%
Aportaciones Voluntarias	Patrón	Opcional
	Trabajador	Opcional
Vivienda	Patrón	5%
Aportaciones Complementarias	Patrón	Opcional
	Trabajador	Opcional

Fuente: elaboración Propia.

El sistema está implementado de tal forma que cada trabajador tendrá un monto diferente, es decir, el trabajador que gane más, trabaje más tiempo y realice aportaciones voluntarias, tendrá un patrimonio mayor al momento de jubilarse.

1.3.1 Antecedentes

El 1 de septiembre de 1997 se anunció la nueva Ley del Seguro Social (LSS), que definió un esquema, inspirado en el chileno, para el sistema de jubilación. Anteriormente los recursos pensionarios de los trabajadores afiliados al IMSS eran administrados por dicha institución en una sola cuenta colectiva, sin obtener rendimientos: en el sistema pensionario anterior, el sistema solidario, las retenciones de los trabajadores de hoy pagaban las pensiones de los de ayer y, del mismo modo, las de los trabajadores de mañana pagarían las de hoy, lo que implicaba que esos recursos no se ahorraban, no podían invertirse, ni ampliar el ámbito de operación del sistema financiero. Dichos recursos, por su propia naturaleza de largo plazo, eran necesarios para incrementar el ahorro financiero de la economía, ampliar el horizonte de los instrumentos financieros disponibles para los inversionistas y reducir la dependencia de financiamiento externo. Aprovechando la crisis fiscal de los estados nacionales de 1970 y la crisis de endeudamiento de la década de 1980, los organismos financieros internacionales, el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial, promovieron el abandono del régimen solidario y su sustitución por un régimen de capitalización individual, éste último, operado por empresas financieras privadas. De esta forma, bajo el nuevo régimen, las pensiones dependerían mayoritariamente de las aportaciones realizadas a lo largo de la vida laboral de los afiliados, así como del *desempeño de las carteras de inversión* y las comisiones cobradas.

En mayo de 1996, la LSS creó las AFORES que iniciaron operaciones el 1 de julio de 1997, con la finalidad de ofrecer cuentas personales a los trabajadores y para que el ahorro, generado a lo largo de su vida laboral, pudiera crecer con los rendimientos generados y, de esta forma, asegurar un retiro digno para los trabajadores y un manejo transparente de los recursos. En 1997 las AFORES iniciaron operaciones con un poco más de 103 mil millones de pesos (mdp) de menos de cinco millones de trabajadores, de esa cantidad, sólo 4783 mdp quedaron en las SIEFORES.

En 2004 los recursos tenían una alta concentración en valores gubernamentales: de cada 100 pesos invertidos en el sistema, 83 lo estaban en instrumentos del Gobierno Federal

(al 31 de diciembre de 2004 cerca del 40% de la cartera de SIEFORE se concentró en bonos de desarrollo). Si no se buscaba la diversificación, la concentración de recursos en el Gobierno Federal se agudizaría en los siguientes años, del 83% se pasaría a casi el 90%, pues no había suficientes demandantes del sector privado. La regla número uno de cualquier inversión es: a mayor diversificación, menor riesgo, así que concentrar en un solo emisor, aunque éste fuese el Gobierno Federal, resultaba inconveniente.

En 2005, las AFORES manejaban las cuentas de más de 33 millones de personas y las SIEFORES invertían recursos del orden de 480 mil mdp; en ese año se hizo la apertura a inversión en la Bolsa de Valores, tanto en México como en países desarrollados. El 17 de enero de 2005, las autoridades dispusieron dividir las cuentas de las SIEFORE en dos vías: la SIEFORE 1, con un perfil de bajo riesgo, que enfocó sus recursos en valores de renta fija, nacionales (como habían sido desde el inicio de operaciones del sistema de pensiones) e internacionales, pero restringiendo a estos últimos al 20% del total de sus portafolios. La SIEFORE 2 se abrió a instrumentos de inversión con capital protegido al vencimiento, ligados a índices accionarios, es decir, Bolsas de Valores que, por naturaleza, son volátiles. Para mitigar los riesgos que implicaban los mercados bursátiles, se aplicaron candados, como el hecho de permitir la inversión en índices accionarios, mas no en empresas en lo individual, además de que el monto susceptible de exposición a este mercado sería apenas el 15% del total. Las limitaciones a la inversión en renta variable muestran la cautela con la que se deseaba avanzar en una medida que buscaba abrirse en un margen mayor a los mercados de valores. La apertura del régimen de inversiones debía hacerse de manera paulatina, siempre cuidando la seguridad de las inversiones y los trabajadores. La intención de las AFORES es aprovechar esta oportunidad de diversificación. Era un hecho que si este régimen de inversión funcionaba, en los siguientes años, seguramente habría la necesidad de replantear, ante los órganos de gobierno de la CONSAR, la viabilidad y la posibilidad de ampliar ese 15%. Con todo y las restricciones, los recursos canalizados a inversiones en renta variable no pasaron desapercibidos, SIEFORE 2 inició con recursos de alrededor de USD 6 mil millones, que no sólo se podían invertir en la Bolsa Mexicana de Valores, sino en las Bolsas de Valores de los países desarrollados.

Cuando las cifras de PENSIONISSTE se sumaron a los recursos que maneja el SAR, el monto se ubicó en 937 mil 442 mdp hasta diciembre del 2008. A mediados del mismo año, cuando se modificaron las reglas operativas, una de las más importantes fue cambiar el esquema de cobro de comisiones por el saldo de cuentas y no por los flujos. Las cifras oficiales disponibles indican que, en octubre de 2008, existían 39 millones 16 mil 892 cuentas, que sumaban fondos por 854 mil 916 mdp; en junio, por 833 mil 844 mdp; y en noviembre, por 826 mil 790 mdp. Así en 11 meses, se registró una minusvalía de 28 mil 126 mdp. No obstante, CONSAR ya había informado, a mediados de enero de 2009, que al cierre de diciembre de 2008 los recursos de las administradoras habían ascendido a 893 mil 299 mdp, es decir, 66 mil 509 mdp más que lo registrado en noviembre. El total de los recursos administrados por las AFORES (invertidos a través de SIEFORES) cayeron en dos períodos de ese año: uno en junio y otro de agosto a noviembre. El primero está referido al impacto por el alza en las tasas de interés (al subir éstas, los precios de los bonos bajan), lo cual impacta el desempeño del inversionista o SIEFORE, al tener que reconocer una minusvalía en el precio y, por tanto, en el valor de su inversión; y el segundo es resultado de la crisis financiera de ese año. Sin embargo, los ingresos acumulados por cobro de comisiones de las AFORES llegaron a niveles de 12 mil 413.7 mdp, un incremento del 5.73%, respecto al mismo mes del año anterior. Esto fue tan positivo que muchas AFORES registraron aumentos de tres dígitos en sus ingresos por concepto de comisiones y otras reportaron, como institución, el mejor mes de su historia.

1.3.2 AFORES hoy día

Estas empresas están facultadas para ofrecer a sus afiliados diferentes paquetes de inversión, con distintos rendimientos y riesgos y las SIEFORES pueden comprar distintos instrumentos financieros, entre ellos acciones de empresas y derivados.

En término de límites por activo, los marcos regulatorios permiten a los fondos de pensiones invertir en cuatro categorías de activos principales: bonos gubernamentales; instrumentos del mercado de capitales (acciones y bonos), depósitos bancarios y activos extranjeros. Los límites a la inversión en bonos gubernamentales normalmente son generosos, no sólo como reflejo del hecho de que estos activos forman parte de una cartera bien equilibrada, sino también porque los gobiernos necesitan financiar el costo de

la transición del sistema de seguridad social administrado por el Estado. Los límites a la inversión en depósitos bancarios también han sido amplios. Sin embargo, las restricciones a las inversiones de los fondos de pensiones, tanto en acciones nacionales como en todos los activos extranjeros, son estrictas.

Hoy en día, las AFORES utilizan cinco sociedades de inversión que se diferencian por los valores que pueden adquirir, basados en su riesgo implícito y su rendimiento esperado. A mayor riesgo, mayor rendimiento. La SIEFORE 5 es la más agresiva financieramente o de mayor riesgo implícito; a su vez, la SIEFORE 1 es la de menor riesgo de este tipo y, por lo tanto, la de mayor estabilidad en sus rendimientos y flujos esperados. Las SIEFORES fueron divididas, de acuerdo con la edad del ahorrador: la SIEFORE Básica (SB) 5 contempla a los trabajadores de 26 años o menos; la SB 4, en el rango de entre 27 y 36 años; la SB 3, entre 37 y 45 años; la SB 2, entre 46 y 55 años; y la SB 1, de 56 años o más. Bajo los esquemas multifondos, los afiliados pueden acceder a un mayor número de alternativas de inversión para sus ahorros previsionales, lo que en teoría les permite escoger un fondo que se ajuste mejor a sus preferencias individuales. Los afiliados más jóvenes seguramente preferirán una cartera con una relación riesgo-rendimiento más grande, para aumentar el valor esperado de su pensión. Los afiliados de mayor edad o ya pensionados, preferirán un fondo de mínimo riesgo, y así minimizar las fluctuaciones en el valor de su pensión. Esta estrategia es consistente con el hecho de que al inicio de la vida laboral la riqueza del individuo se concentra en su capital humano y la riqueza financiera es mínima, por lo que es más factible arriesgar en la inversión financiera en busca de mayor retorno esperado. Cuando la riqueza financiera se acumula y se equipara en importancia al capital humano, se vuelve más relevante compensar los riesgos asociados a ambas fuentes de riqueza; mientras que al final de la vida laboral el capital humano ya se ha depreciado y la principal fuente de riqueza es el capital acumulado para financiar la pensión. Las SIEFORES presentan las siguientes características (los límites de inversión para cada SIEFORE están dados en la tabla 1.2):

- Todas pueden invertir hasta un 30% de su capital en divisas y no más de 20% en deuda extranjera (ya contenida en el 30%), un 35% en los instrumentos de deuda

- mayores a mxAA- y sólo un 5% en instrumentos por encima de mxA-.
- Todas pueden realizar operaciones de Derivados.
- Tienen gran concentración de papeles gubernamentales (principalmente bonos y udibonos) en sus portafolios (del 80 al 90% en las SB 1 y del 60 al 70% en las SB 5).
- Presentan muy poca inversión en Renta Variable (por ejemplo, del 30% promedio aproximado en la SB 5, pero que representa menos del 7% del total de los recursos administrados).
- Realizan muy poca inversión en papeles internacionales (por ejemplo, menos del 5% en bonos extranjeros y menos del 3% en Renta Variable Internacional aproximado en las SB 5) (González, 2009).

Tabla 1.2. Porcentaje máximo de activos para conformar los portafolios de inversión de las SIEFORES

SIEFORE (porcentaje)				
SB1	SB2	SB3	SB4	SB5
Renta Variable				
0	15	20	25	30
Instrumentos bursatilizados				
10	15	20	30	40
Instrumentos estructurados				
0	1	5	7,5	10
Fibras				
0	5	5	10	10

Fuente: Revista Ejecutivos de Finanzas (Febrero 02, 2009).

1.3.3 AFORES y crisis financiera

Las regulaciones sobre la inversión de los fondos de pensiones influyen no sólo sobre su crecimiento de largo plazo, sino también sobre su volatilidad. Dichas regulaciones son especialmente necesarias en los sistemas obligatorios, donde los ahorros de los afiliados son producto de una exigencia legal. En tales casos, con las regulaciones se busca generar un equilibrio entre riesgo y rentabilidad que refleje los intereses de largo plazo de los afiliados y los objetivos que la sociedad le ha fijado al sistema.

Los sistemas de pensiones de contribución definida conllevan un riesgo de mercado de capitales durante la fase de acumulación, cuando las contribuciones y la rentabilidad de las inversiones van aumentando. El riesgo está en que la rentabilidad del fondo de

pensiones sea insuficiente para ofrecer a un individuo ingresos de jubilación adecuados. En estos sistemas los beneficios dependen directamente del valor de los activos mantenidos en las cuentas individuales y, por tanto, los riesgos son asumidos directamente por los participantes. Por otra parte, el modelo de financiamiento de estos sistemas los vuelve vulnerables a una serie de riesgos económicos, como los rendimientos de activos financieros, la inflación y el crecimiento económico, lo cual puede conducir a pérdidas permanentes de ingresos.

Los efectos de la reciente crisis financiera internacional de 2008 en los fondos de pensiones de América Latina muestran que ésta no sólo ha afectado su rentabilidad, sino también el número de las cotizaciones como producto del mayor desempleo, informalidad y evasión de aportaciones a que ha dado lugar la recesión. Cuando se plantearon las reformas a los fondos de pensiones de inversión en el largo plazo, se dijo se podían tener mayores rendimientos al invertir en diferentes instrumentos financieros; sin embargo, también podía haber minusvalías cuando el rendimiento de los instrumentos en los que se invirtieran los recursos de los afiliados fuera menor a los costos administrativos. Eso ha ocurrido últimamente: una parte significativa de las aportaciones que los trabajadores y sus patrones han hecho a las AFORES se han perdido por la caída en los rendimientos provocada por la crisis financiera. Se ha argumentado que eso no es problema, ya que la mayor parte de las pensiones se exigirán dentro de 25 años, pero lo cierto es que ha habido pérdidas.

El colapso de los mercados financieros pesó negativamente sobre los sistemas de pensiones de capitalización individual de México. La crisis afectó con mayor fuerza las acciones y emisiones extranjeras, mientras que los títulos públicos y depósitos bancarios fueron menos afectados. La explicación de una mayor caída en el valor de los fondos, comparados con otros, radica en gran medida en la composición de la cartera. Aquí el impacto de la crisis provino mayormente del ajuste a la baja en el precio de los instrumentos de renta fija, particularmente de aquellos de largo plazo.

Durante la crisis financiera la mayor aversión al riesgo, por parte de los inversionistas, se tradujo en una restricción del crédito y, por lo tanto en aumentos temporales de las tasas de interés. Al mismo tiempo, el aumento de los precios en mercancías y alimentos en el mercado doméstico mexicano presionó a las autoridades monetarias a elevar las tasas de interés de referencia para evitar el surgimiento de una tendencia inflacionaria. Ambos hechos provocaron que los instrumentos de renta fija en las carteras de las SIEFORES registraran minusvalías, una vez hecha la valuación a precios de mercado que realizan las AFORES (Herrera, 2009). Entre agosto y noviembre de 2008, los recursos de las AFORES disminuyeron de un valor máximo de USD 86 mil 190 millones a un valor de USD 62 mil 330 millones, equivalente a una reducción del 28%. La recuperación de los fondos previsionales durante el 2009 permitió recuperar el valor en un porcentaje cercano al 30% (llegando a los USD 87 mil 806 millones).

La existencia de esquemas de multifondos permitió mitigar los efectos adversos de la crisis financiera: todas las SIEFORES registraron una tasa de retorno real negativa a lo largo del 2008, acentuándose para aquellas más intensivas en renta variable. Entre abril y diciembre de 2008, la SB5, que permite invertir hasta 30% en renta variable, registró una rentabilidad real anual negativa de 9%, mientras la SB4, autorizada a invertir hasta 25% en renta variable, registró una situación similar, con una caída del 8% durante igual período. La situación previa a la crisis financiera (junio de 2008) muestra que la inversión de ambos fondos en instrumentos de renta variable era más bien moderada e inferior a los límites de inversión, 20 y 23% respectivamente, lo cual refleja que el mayor impacto en rentabilidad no provino de la caída en los mercados accionarios, sino, del ajuste a la baja en el precio de los instrumentos de renta fija (tabla 1.3).

Las SIEFORES menos intensivas en renta variable, por otra parte, también registraron un amplio rango de pérdidas como resultado del aumento en las tasas de interés de largo plazo de los instrumentos de renta fija (superiores a las contratadas). La SB3, cuya regulación exige invertir hasta un máximo de 20% en renta variable, registró a diciembre de 2008 una caída en la rentabilidad real anual de 6%, mientras que la SB2, que permite hasta un 15% en renta variable, mostró una variación de -5% durante igual periodo. A junio de 2008, el porcentaje de la cartera en instrumentos de renta fija en SB4 y SB5

representó el 84 y 81% respectivamente. La SB1, autorizada a invertir sólo en renta fija, mostró una variación nula.

Tabla 1.3. Rentabilidad real de los multifondos en México.

Tipo de fondo	Max. en renta variable	Dic. 07-Dic. 08 (año)	Dic. 05-Dic. 08 (promedio anual)
SB1 (más conservador)	0%	-0.1%	2.4%
SB2 (conservador)	15%	-4.6%	1.8%
SB3 (intermedio)	20%	-6.4%	-
SB4 (riesgoso)	25%	-8.0%	-
SB5 (más riesgoso)	30%	-9.3%	-

Fuente: datos de CONSAR.

La anterior sugiere que la distinción entre activos más seguros (renta fija) o activos más arriesgados (renta variable) puede no ser significativo durante una crisis financiera, de esta forma, el desempeño de las inversiones no se explica únicamente por la asignación de activos y la volatilidad en su rendimiento (riesgo), sino también por otros factores internos y externos al proceso de inversión, como pueden ser el diseño del régimen de inversiones y su marco regulador.

Un rendimiento negativo expresa una menor valorización de mercado de los instrumentos que componen una cartera y no una pérdida efectiva. Los ahorros de los trabajadores están invertidos en distintos instrumentos cuyo valor disminuyó debido a la crisis, pero una vez que los mercados se recuperaron también lo hicieron el valor de las inversiones. Las crisis financieras previas han mostrado que los períodos prolongados de retornos negativos han sido compensados por otros positivos en el largo plazo.

Los efectos de la crisis sobre los fondos no pueden evaluarse sólo a partir de los cambios en la valoración contable de los fondos de ahorro invertidos. La eficiencia de un sistema de pensiones depende de la capacidad para maximizar los retornos de largo plazo de las contribuciones de los afiliados y de que se genere una buena tasa de reemplazo al mínimo costo, en términos de cotizaciones y comisiones.

Si bien la caída en la tasas de rentabilidad de los sistemas de pensiones generó preocupación en los distintos países, tales descensos no deben ser tomados como un indicador del rendimiento de largo plazo de los sistemas. El balance en los sistemas de capitalización debe hacerse en un contexto de largo plazo, equivalente al horizonte de tiempo con el que se invierten los ahorros para pensiones.

Finalmente, se puede decir que la importancia de las AFORES ha crecido de forma consistente; sin embargo, debido a las características particulares del SAR (ver tabla 1.4) son impopulares por cuatro razones:

1. *Obligatoriedad del sistema.* Se quiera o no, ya se está adentro y, además, en la mayoría de los casos, con desconocimiento total de los derechos y obligaciones contraídos.
2. *Baja tasa de reemplazo.* Los aportes al sistema son insuficientes. A esta situación hay que sumar las características de la carrera salarial del mexicano, quien escasamente libra en promedio los 26 años de haber cotizado a los sistemas de seguridad social. Con ello, muchos de los futuros pensionados del sistema de las AFORES no llegarán ni siquiera a un salario mínimo de pensión. Así, el gobierno tendrá que otorgarles la pensión mínima garantizada, con el consiguiente costo fiscal que representa a la ciudadanía en general.
3. *Poca cercanía del cliente al sistema y por analfabetismo financiero.* Muchos mexicanos no saben interpretar el estado de cuenta individual que la AFORE de su elección debe enviarle al menos una vez al año. Se tiene que, con base en encuestas realizadas en otros países similares al nuestro, el 50 por ciento de los afiliados (en México se estima que son más) desconoce los rubros importantes de su estado de cuenta; por ejemplo cuánto dinero están aportando. Esto sigue sucediendo aun después de 15 años de la existencia de este sistema de jubilación.
4. *Lejanía del beneficio final.* Los trabajadores deben tomar conciencia de que las reformas de seguridad social implican un profundo cambio cultural para ellos, pues ya no es una modalidad de la cual las personas se preocupaban sólo al final de su vida laboral, sino un esquema en el cual la pensión será el resultado de un período de ahorro durante 30 o 40 años (Peña, 2008).

Los buenos rendimientos obtenidos a lo largo de los años de vigencia de la reforma del sistema de pensiones han estado ligados a etapas de altos tipos de interés, pero, como la misma autoridad reguladora reconoce, en el futuro estos niveles no están garantizados, por lo que es indispensable ir relajando las restricciones a la inversión para ampliar el universo de acción de los fondos, permitiéndoles una mayor diversificación y una mejor relación riesgo-rendimiento. La ampliación en la variedad de instrumentos financieros susceptibles de incluirse en los fondos de pensiones conlleva, a su vez, la exposición a nuevos tipos de riesgo. Dado lo anterior, se requiere evitar la toma excesiva de riesgos a que están expuestos los ahorros de los trabajadores mediante la construcción de portafolios de inversión que ofrezcan mayores rendimientos al menor riesgo posible. De aquí que resulte importante diseñar una metodología sistémica que permita cumplir con el objetivo general planteado al inicio de este trabajo de investigación. Dicha metodología debe permitir la revisión de los modelos de evaluación y control de riesgo empleados para optimizar las carteras de inversión de las SIEFORES; asimismo, la metodología sistémica debe permitir la actualización de estos modelos de evaluación y control de riesgos.

Tabla 1.4. Características particulares del SAR.

Características del SAR
1. Sistema Forzoso
2. Para muchos trabajadores es su único activo financiero
3. El fin de los recursos es socialmente sensible
4. Existe una garantía gubernamental (pensión mínima garantizada)

Fuente: elaboración Propia.

Antes de diseñar la metodología sistémica que haga posible lograr el objetivo general planteado en este trabajo de investigación, se discuten los modelos de evaluación y control de riesgos aplicados por los administradores de riesgos en la optimización de sus carteras de inversión.

Capítulo 2. Marco Teórico-conceptual

Las SIEFORES reciben los fondos destinados a las pensiones de los trabajadores y los invierten en diferentes instrumentos financieros, buscando siempre el menor riesgo y el más alto rendimiento.

2.1 Instrumentos financieros

Se debe tomar en cuenta que para tomar la decisión de inversión es necesario considerar el riesgo. El objetivo de los inversionistas-ahorradores es maximizar la utilidad que puede brindarles su consumo en el futuro (utilidad en el sentido económico); este objetivo determina las decisiones, respecto a la parte de la riqueza, que los inversionistas (consumidores) desean invertir en activos financieros bajo condiciones de riesgo.

La forma de canalizar el ahorro es a través de instrumentos financieros negociados en los mercados. Dichos instrumentos son básicamente de tres tipos:

- Instrumentos de deuda (o de renta fija): obligaciones contratadas que implican un reembolso de los préstamos corporativos.
- Instrumentos de capital: acciones comunes o acciones preferenciales que representan derechos no contratados sobre los flujos futuros residuales de las empresas.
- Instrumentos Derivados: instrumentos financieros, como contratos de opciones y de futuros, que derivan su valor de los precios de uno o más activos subyacentes.

Los instrumentos anteriores se negocian en los mercados financieros y de derivados:

- a. Mercado financiero. Es el mercado en el que los fondos requeridos por una empresa o individuo pueden ser obtenidos mediante mecanismos de asignación de otros fondos excedentes, los cuales pueden provenir de empresas, individuos, organizaciones internacionales o gobiernos. Proveen mecanismos para obtener fondos de una gran variedad de fuentes, incluidas las instituciones financieras. En estos mercados se ofrecen los instrumentos de deuda y de capital, debido a esto,

los mercados financieros se componen del mercado de dinero y del mercado de capitales.

- Mercado de dinero o mercado deuda: es el mercado para negociar deudas y ahorros a corto plazo, generalmente a menos de 365 días. Los instrumentos de mercado de dinero son, sobre todo, valores que rinden intereses emitidos por gobiernos (los bonos del gobierno, los certificados de depósito) y por prestatarios seguros del sector privado (el papel comercial y las obligaciones bancarias). En el mercado de deuda mexicano se encuentran cuatro rubros (ver Anexo C):
 1. Gubernamental.
 2. Deuda a Corto Plazo.
 3. Deuda a Mediano Plazo
 4. Deuda a Largo Plazo
- Mercado de capitales: en este mercado circulan los instrumentos que asumen la forma de deudas a largo plazo (mayores a un año) y los instrumentos de capital. Este mercado funciona como un préstamo que se otorga a las empresas, proveniente de los inversionistas particulares a cambio de un rendimiento esperado. Se compone de los instrumentos de Renta Variable e Instrumentos de Inversión en Renta Fija.
 - Instrumentos de Renta Variable: son los que pertenecen a un capital, como por ejemplo, las acciones de las compañías. Se denominan así, debido a la variación entre las cantidades recibidas por dividendos. Generalmente son a largo plazo y tienen un riesgo mayor que otros tipos de Inversiones.
 - Instrumentos de Inversión en Renta Fija: emisiones de deuda que representan títulos valores con la característica de que son negociables en el mercado de valores. Los inversionistas reciben un interés cada determinado tiempo.

Existe otra forma de clasificar a los mercados financieros en primarios y secundarios. En el mercado primario se operan los instrumentos de deuda o de capital que se emiten por primera vez. Después de que se colocan los instrumentos financieros en el mercado, se operan (negocian) en el mercado secundario.

- b. Mercado de derivados. Es el mercado de todos aquellos instrumentos financieros que derivan su valor de los precios de uno o más activos (subyacentes) tales como valores de capital, valores de renta fija, divisas o materias primas. Su función principal es servir como instrumentos para administrar exposiciones a riesgos asociados con los activos subyacentes. Aquí se encuentran los contratos futuros, las opciones, swaps y los contratos forward.

Al reunir un gran monto e invertir en diferentes instrumentos financieros, se podrá obtener rendimientos muy por arriba de lo que produciría una cuenta individual.

2.2 Tasas de rendimiento en los mercados

Una tasa de interés es una tasa de rendimiento prometida sobre cualquier tipo de préstamo o instrumento financiero que constituye una obligación contractual y define la cantidad de dinero que un prestatario promete pagar al prestamista. Esta tasa depende de varios factores, entre ellos: la unidad de cuenta, el vencimiento y el riesgo de incumplimiento del instrumento financiero.

- La unidad de cuenta es el medio en el cual están denominados los pagos. Generalmente, es una moneda, algunas veces es un bien tangible como el oro, la plata o alguna canasta estándar de bienes y servicios. La tasa de interés varía dependiendo de la unidad de cuenta.
- El vencimiento de un instrumento financiero es el período que transcurre hasta que se paga todo el monto prestado. La tasa de interés de instrumentos de corto plazo puede ser mayor, menor o igual a la tasa de interés de instrumentos de largo plazo.
- El riesgo de crédito, es el riesgo de que haya incumplimiento, es decir, la posibilidad de que una parte del interés o del principal de un instrumento no se pague en su totalidad. Cuanto mayor es el riesgo de incumplimiento de los instrumentos, mayor es la tasa de interés, y todos los demás elementos se mantienen constantes.

2.2.1 Tasa libre de riesgo

Un instrumento está libre de riesgo sólo en términos de su propia unidad de cuenta, y las tasas de interés varían dependiendo de ésta. La tasa libre de riesgo, r , es en teoría la tasa a la que se adquiere un préstamo o se presta dinero cuando no hay riesgo de crédito, de tal manera que existe la seguridad de que el dinero se reembolsará. Por ejemplo, los bonos ofrecen una tasa libre de riesgo en su propia moneda y la tasa de rendimiento en cualquier otra moneda es incierta porque depende del tipo de cambio entre las monedas cuando se reciban los pagos en una fecha futura. En todos los países existe un instrumento que se considera libre de riesgo; regularmente, se trata de algún instrumento de corto plazo emitido y respaldado por el gobierno federal de cada país; en el caso de México este instrumento libre de riesgo son los CETES. La tasa de rendimiento de los CETES se considera como la tasa base y mínima que debe buscarse en cualquier otra inversión, si una inversión con alto riesgo no puede ofrecer un rendimiento mayor, entonces sería mejor dejar los recursos en CETES y recibir un rendimiento sin riesgo.

2.2.2 Tasas de rendimiento de activos riesgosos

Muchos activos no conllevan una tasa de rendimiento prometida, por ejemplo, si se invierte en bienes raíces, valores accionarios u obras de arte, no hay una promesa de pago en efectivo especificado en el futuro. Los activos riesgosos rara vez producen la tasa de rendimiento esperada; en general, reditúan una cantidad mayor o menor que la prevista inicialmente, no serían riesgosos si la ganancia correspondiera siempre a los rendimientos esperados, así pues, el riesgo se relaciona con la probabilidad de obtener un rendimiento bajo o negativo; cuando mayor probabilidad haya de ello, más riesgosa será la inversión.

La competencia en los mercados financieros asegura que las tasas de interés de activos equivalentes sean iguales. Existen cuatro factores principales que determinan las tasas de rendimiento en una economía de mercado:

- Productividad de los bienes de capital: tasas de rendimiento esperadas de minas, represas, carreteras, puentes, fábricas, maquinaria e inventarios.
- Grado de incertidumbre en lo que se refiere a la productividad de los bienes de capital.

- Preferencias temporales de la gente: la preferencia de la gente por el consumo ahora en vez del consumo en el futuro.
- Aversión al riesgo: la suma que la gente está dispuesta a ceder para reducir su exposición al riesgo.

Las tasas de interés o rendimiento son fijadas por los bancos centrales y están en función de la inflación.

2.3 Inflación

La inflación es el aumento generalizado y sostenido de los precios de bienes y servicios. Debido a los cambios de precio que ocurren durante un período determinado para la gran cantidad de bienes y servicios disponibles en una sociedad, se ha medido el costo de una combinación específica de artículos principales (una canasta de bienes) en diferentes momentos. Para medir el crecimiento de la inflación se utilizan índices, que reflejan el crecimiento porcentual de dicha canasta de bienes ponderada. Los índices de costo de vida proporcionan estimaciones aproximadas de los cambios de precios, el nivel de precio global calculado para esta combinación representativa de artículos se llama índice de costo de vida, en México se utiliza el Índice de Precios al Consumidor (IPC). El cambio del porcentaje de este índice durante un período determinado es una medida de la inflación (o deflación) desde el inicio hasta el final del período.

2.3.1 Inflación y rendimientos

Para tomar decisiones significativas de ahorro a largo plazo, se debe considerar tanto la inflación como el interés; para ello, se tienen las tasas de interés nominal y real. La tasa a la que un ciudadano puede intercambiar el dinero corriente por dinero futuro depende de la inversión y se conoce como rendimiento nominal (formado por la tasa de inflación y la tasa de rendimiento real). En tiempo de precios cambiantes, el rendimiento nominal de una inversión puede ser un indicador pobre del rendimiento real obtenido por el inversionista. Esa situación ocurre porque parte del dinero adicional recibido por la inversión podría necesitarse para compensar la pérdida de poder adquisitivo del inversionista, ocasionada por la inflación que pudo haber durante el período de inversión.

Las tasas de interés nominal contractuales pueden cubrir la inflación esperada, pero el rendimiento real de cualquier inversión con pagos nominales fijos depende de la inflación real. Mientras dos tasas de inflación difieran, el rendimiento real será incierto, para eliminar esta incertidumbre se utiliza la indexación. Esta estrategia busca igualar los rendimientos de la inversión a un índice específico del mercado de valores y su principal ventaja es su función de reducir el riesgo del poder adquisitivo. Se basa en una idea simple: es imposible que el conjunto de todos los inversionistas tenga mejor desempeño que el mercado de valores agregado. Al indexar se intenta replicar los resultados de inversión del índice objetivo, manteniendo una muestra representativa de los valores incluidos en el índice.

2.4 Índice de cotizaciones y precio

Debido a que son múltiples y diversas las acciones que se emiten en la Bolsa de Valores, como resultado de que las emisoras tienen giros diferentes (sector económico al que pertenecen), se ha creado un índice de una muestra de las acciones cotizadas en un periodo de tiempo determinado, en México se utiliza el Índice de Precios y Cotizaciones (IPyC); este índice bursátil (índice accionario) relaciona número de acciones, precio y días de negociación. El tamaño de la muestra de un índice accionario está en función de la representatividad que se desea tener de la misma; en el caso del IPyC se trata de incluir en la misma a las acciones más representativas de los siete sectores económicos en los cuales se clasifica a las emisoras inscritas en la BMV. Para seleccionar qué emisiones deben formar parte del IPyC, se toma a las más bursátiles de una lista jerarquizada de mayor a menor valor de índice de bursatilidad (facilidad con que se puede comprar o vender una acción), considerando además, para cada una, su valor de mercado o capitalización (último precio de la acción por el número de acciones en circulación), en relación a las otras emisiones dentro de su mismo sector, para lograr con ello que las emisoras seleccionadas sean las más representativas del sector al que pertenecen; de esta forma, se utiliza una muestra de acciones balanceada, ponderada y representativa del conjunto total de acciones cotizadas en este mercado. El número de emisiones que se ha utilizado para el cálculo del IPyC ha fluctuado entre 35 y 50 en los últimos años, la muestra se somete a una revisión y actualización semestral (ver anexo D).

Fundamentalmente el IPyC mide el valor de un conjunto de títulos accionarios en el tiempo, el valor varía de acuerdo con la oferta y demanda de las acciones realizada en las sesiones diarias de remates, mediante la colocación de posturas de compra y venta. En resumen, los aspectos que hacen variar al IPyC de un día a otro es el valor de capitalización de la sesión de remates del día actual de todas las emisoras de la muestra, dividido entre la suma de valores de capitalización del día anterior. Sin embargo, pudiera darse el caso de que, por un cambio en el número de acciones en circulación provocado por la misma emisora, hiciera variar la muestra del índice. Una de las ventajas que tiene este índice, respecto al de otros países, es que se relaciona con el día anterior y no con el valor de la fecha base, debido a que la muestra es revisada periódicamente con el objeto de considerar sólo las emisoras líderes, evitando con esto que alguna con poca movilidad se vuelva obsoleta y poco representativa del mercado.

Esta constante revisión se hace bajo el criterio de su índice de bursatilidad, el cual se calcula considerando el desempeño, durante los últimos seis meses así como sus afectaciones de las siguientes variables: importe negociado, volumen de acciones negociadas, rotación (importe/valor de capitalización), número de operaciones efectuadas, total de días de negociación efectiva. En caso de haber cambio cada seis meses, se informa con cinco días hábiles de anticipación al inicio del nuevo periodo, con la finalidad de dar el tiempo suficiente para que todos los participantes del mercado puedan ajustar sus portafolios de inversión.

2.5 Portafolio de inversión

Un portafolio de inversión (o cartera de inversiones) es una combinación de instrumentos financieros que busca maximizar los rendimientos de las inversiones al menor riesgo posible.

Las ventajas competitivas que se tienen al diseñar un portafolio de inversión son dos: disminuir el riesgo en toda inversión financiera y aumentar el rendimiento de la inversión; el diseño de un portafolio de inversión se fundamenta en la teoría moderna de la gestión de cartera, en la que se define el análisis de valores a partir de dos parámetros: rentabilidad y riesgo. Normalmente, un portafolio de inversión se conforma con las

acciones de las empresas que cotizan en el mercado de valores, incluyen también valores del mercado de dinero, como CETES y, recientemente, se ha considerado la combinación de instrumentos de todos los mercados financieros: accionario, de deuda o dinero, de metales, de divisas y de derivados.

2.6 Activos o instrumentos financieros que pueden constituir una cartera de inversión

1. Bienes raíces
2. Acciones comunes
 - a. Instrumentos domésticos que se clasifican como:
 - i. baja capitalización
 - ii. media capitalización
 - iii. alta capitalización
 - b. Instrumentos internacionales
 - i. En mercados de los principales países
 - ii. En mercados emergentes (en aquellos países que han llevado a cabo reformas económicas y han abierto sus mercados financieros)
3. Bonos
 - a. Gubernamentales
 - b. Corporativos
 - i. Con cierta calidad de inversión
 - ii. riesgo medio
 - iii. que en algunos casos pueden ser sólo para la especulación
 - c. Internacionales, cuya importancia para México fue el tener acceso a financiamiento durante sus recientes crisis económicas
4. Del mercado de dinero
 - a. Instrumentos de la Tesorería
 - b. Certificados de depósito y papel comercial
5. Capital de riesgo. El cual se constituye a través del establecimiento de un negocio propio o la adquisición de activos reales con el objetivo de dedicarlos a actividades productivas.

6. Productos derivados

Las decisiones financieras implican costos y beneficios que se extienden a lo largo del tiempo y se tiene que evaluar si los beneficios esperados en el futuro justifican la inversión del dinero en este momento. Se tienen dos formas básicas de determinar el precio de los activos (valuación de activos): una es a valor presente, que es calcular el valor del activo en el futuro a pesos de hoy; la segunda forma de valorar es a través de arbitrajes, es decir, aludir el principio de que los agentes económicos son racionales y los mercados deben estar en equilibrio.

2.6.1 Acciones

Una acción es un título que representa una parte o cuota del capital social de una empresa. Los inversionistas compran acciones con el fin de ser propietarios de una parte de la compañía. Le confieren a su titular la condición de socio, y a veces el derecho a voto (dependiendo el tipo de acción). Un socio es dueño de un cierto porcentaje de una sociedad de acuerdo a la cantidad de acciones que posee. Las acciones se negocian en los mercados de acciones o bolsas de comercio, de acuerdo a la cotización de las mismas (según la valoración que le da el mercado a las distintas empresas).

Cuando se compra una acción de una empresa se obtienen ingresos principalmente por:

- Ganancia de capital, que se obtiene de la diferencia del precio en que se encuentra el día de hoy el valor de la acción menos el precio al que se adquirió; en otras palabras, es la utilidad obtenida por el incremento del precio de la acción en el mercado de valores y que se traduce en una ganancia al tenedor de la acción por el simple hecho de haber comprado la acción y esperar a que el mercado le asigne un precio de acuerdo con las expectativas que se perciban de la empresa.
- Los dividendos distribuidos.

Las acciones pueden ser ordinarias (llamadas en Inglés *Common Stock*) o preferenciales (*Preferred Stock*). Su principal diferencia está en el derecho que tiene el propietario de

cada una sobre los activos y resultados de la compañía; siendo las preferentes las que otorgan mayores derechos.

2.6.1.1 Acciones Ordinarias

Cuando se compran acciones ordinarias, no hay ninguna garantía de que se gane dinero. Siempre se está tomando el riesgo de que la acción no suba de valor o que no pague dividendos. De hecho, es posible que el valor de las acciones caiga y que se pueda perder parte o quizás toda la inversión. A cambio de este riesgo que se está tomando, también existe la posibilidad de que se gane dinero, si la compañía prospera.

2.6.1.2 Acciones Preferenciales

Este tipo de acciones reducen en cierta parte el riesgo que presentan las acciones ordinarias, pero a su vez también pueden limitar las ganancias. Los dividendos de estas acciones son garantizados, y se pagan primero que los dividendos de las acciones ordinarias. En caso de que la compañía se declare en bancarrota, los pocos activos que la compañía tenga son distribuidos primero entre los accionistas preferenciales y luego entre los accionistas ordinarios. Bajo ese criterio, existe un menor riesgo. Estas acciones son más costosas que las ordinarias y además son mucho menos líquidas; esto quiere decir que no es tan fácil comprarlas y venderlas en el momento que se desee, lo que puede ocasionar ciertas pérdidas en acciones muy volátiles. Los dividendos de las acciones preferenciales no son incrementados cuando la compañía prospera. Las acciones preferentes se consideran capital de la empresa y se utilizan cuando la empresa emisora no desea aumentar la base de accionistas ordinarios. Estas acciones se pueden convertir, a cambio de una prima, en ordinarias.

El precio de una acción está dado por:

$$P = \frac{Div}{r} \quad (2.1)$$

donde

P el precio de la acción

Div dividendo por acción

r tasa de rendimiento de la acción

2.6.1.3 Valor presente de acciones comunes

El valor presente de un activo se determina por la suma de los valores presentes de los flujos de efectivo futuros. Una acción proporciona dos tipos de flujos:

- Los dividendos (dependen de las utilidades de la empresa)
- El precio que recibe el inversionista cuando vende la acción

El precio de una acción es igual a

1. El valor presente de la suma del dividendo del siguiente período más el precio de la acción al siguiente período

$$P_0 = \frac{Div_1}{1+r} + \frac{P_1}{1+r} \quad (2.2)$$

con

P_0 precio de la acción

r tasa de rendimiento de la acción

P_1 precio de la acción para el siguiente período

Div_1 dividendo por acción esperado al final del año i

2. El valor presente de todos los dividendos futuros esperados descontados con la tasa de rendimiento de la acción

$$P_0 = \frac{Div_1}{1+r} + \frac{Div_2}{(1+r)^2} + \dots = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{Div_t}{(1+r)^t} \quad (2.3)$$

2.6.1.4 Valuación de diferentes tipos de acciones

- 1) Acción con crecimiento cero

$$P_0 = \frac{Div_1}{1+r} + \frac{Div_2}{(1+r)^2} + \dots = \frac{Div}{1+r} + \frac{Div}{(1+r)^2} + \dots = Div \sum_{t=1}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^t} = \frac{Div}{r} \quad (2.4)$$

2) Acción con crecimiento constante (tasa g), se basa en los dividendos pagados por la empresa en el pasado, para determinar así una tasa de crecimiento constante promedio, que se esperaría que fuera la misma que tendría la empresa en el futuro

$$P_0 = \frac{Div_1}{1+r} + \frac{Div_2}{(1+r)^2} + \dots = \frac{Div}{1+r} + \frac{Div(1+g)}{(1+r)^2} + \dots = Div \left(1 + \left(\frac{1+g}{1+r} \right) + \dots \right) =$$

$$= \frac{Div}{1+r} * \left(\frac{1}{1-\frac{1+g}{1+r}} \right) = \frac{Div}{r-g} \quad (2.5)$$

con

Div dividendo anual

r tasa de rendimiento de la acción

g tasa de crecimiento constante de dividendos

$g = \text{tasa de retención} * \text{rendimiento de utilidades retenidas}$

2.6.1.5 Utilidades y oportunidades de inversión

Si se supone que no se emiten nuevas acciones, la relación entre las utilidades y dividendos en cualquier período es

$$Dividendos_t = Utilidades_t - Inversión\ nueva\ neta_t \quad (2.6)$$

por lo tanto, se tiene que el valor de las acciones está dado por:

$$P_0 = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{Div_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{E_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{\infty} \frac{I_t}{(1+r)^t} \quad (2.7)$$

donde

E_t utilidades en el año t

I_t inversión neta en el año t

La tasa de rendimiento total (r_t) se puede representar como la suma del componente de ingreso por dividendos y el componente de cambio de precio

Rendimiento total = ingreso de dividendo de capital + cambio de precio de la acción

es decir,

$$r_t = \frac{\text{Dividendo en efectivo}}{\text{Precio inicial}} + \frac{\text{Precio actual} - \text{precio inicial}}{\text{Precio inicial}} \quad (2.8)$$

El rendimiento total porcentual se puede representar utilizando la siguiente fórmula:

$$r_t = \left(\frac{Div_t}{P_{t-1}} + \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right) 100 \quad (2.9)$$

con:

r_t rendimiento de la acción en un periodo determinado

Div dividendo decretado

P_{t-1} precio al que se adquirió la acción

P_t precio al que se encuentra la acción al momento de la valuación

La fecha en que se obtiene el dividendo de la acción es muy importante, ya que si, por ejemplo, se habla de un periodo anual de valuación de la rentabilidad de una acción y el dividendo se está obteniendo al principio del periodo, ese dividendo podría obtener un interés adicional porque se podría invertir en el mercado financiero y, por ende, agregaría valor a lo ganado en las acciones y también puede expresarse en la siguiente fórmula:

$$r_t = \frac{(Div_t + Udiv)}{P_{t-1}} + \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (2.10)$$

donde

r_t rendimiento de la acción en un periodo determinado

Div dividendo decretado

$Udiv$ utilidad obtenida por la inversión del dividendo

P_{t-1} precio al que se adquirió la acción

P_t precio al que se encuentra la acción al momento de la valuación

Finalmente, lo que se hace con en este cálculo es agregar al rendimiento obtenido en las acciones la utilidad de la inversión de los dividendos percibidos a principio del periodo de valuación y que podría ser en cualquier punto del periodo anual o de acuerdo al horizonte de tiempo que se esté utilizando en la valuación del título valor, pero debe considerarse la

parte proporcional de interés que coincida con el tiempo faltante para cerrar el periodo de valuación.

2.7 Riesgo

El rendimiento esperado o tasa esperada de rendimiento (\bar{r}) se define como la suma de todos los resultados posibles de cada tasa de rendimiento posible, multiplicado por la probabilidad respectiva de que ocurran:

*Rendimiento esperado = Suma de probabilidad del rendimiento * rendimiento posible*

$$\bar{r} = E(r) = P_1r_1 + P_2r_2 + \dots + P_nr_n \quad (2.11)$$

$$\bar{r} = E(r) = \sum_{i=1}^n P_i r_i \quad (2.12)$$

con

P_i probabilidad de que ocurra un rendimiento

r_i tasa rendimiento

El rendimiento esperado libre de riesgo (\bar{r}_{LR}) queda determinado por:

$$\bar{r}_{LR} = \bar{r} - \text{prima de riesgo} \quad (2.13)$$

con

la *prima de riesgo* como la diferencia entre el tipo de interés de las emisiones de renta fija de una sociedad y el que ofrecen las emisiones del Estado o con garantía del Estado, que es inferior por su mayor seguridad. El promedio aritmético de los rendimientos observado en algún instrumento en un periodo determinado es útil porque se puede comparar con el rendimiento de otros activos, como los CETES u otras acciones similares.

La medida de la velocidad con la cual cambia el rendimiento de un instrumento puede representarse por la varianza del rendimiento:

$$Var(r) = \sum_{i=1}^n P_i (r_i - \bar{r})^2 \quad (2.14)$$

y la volatilidad (cambios del precio del activo) está representada por la desviación estándar de los rendimientos

$$\sigma_r = \sqrt{Var(r)} \quad (2.15)$$

La volatilidad está relacionada con el rango de posibles tasas de rendimiento por poseer las acciones y la probabilidad de que ocurran dichas tasas. La volatilidad de una acción será mayor cuanto más amplio sea el rango de posibles resultados o sucesos y mayores sean las probabilidades de que esos rendimientos se ubiquen en los extremos del rango. De esta forma la volatilidad es utilizada como una medida del grado de riesgo de un activo, entonces, cuanto mayor sea la desviación estándar, mayor será la volatilidad de las acciones y por lo tanto, habrá más riesgo; en un contexto, la compra o venta de un activo en particular puede aumentar su exposición al riesgo; en otro, la misma transacción puede reducirlo.

Cuando se combinan dos activos riesgosos, la correlación entre las dos tasas significa el grado en el que las tasas de rendimiento de los activos tienden a moverse (variar) juntas. Una medición de la tendencia promedio de los rendimientos a variar en la misma dirección (positiva) o en direcciones opuestas (negativa) se representa por la covarianza. La covarianza es la suma ponderada de probabilidad de los productos de desviaciones en todas las situaciones de la economía, para los activos con riesgo se tiene:

$$\sigma_{1,2} = \sum_{i=1}^n p_i (X_{1i} - E(X_1))(X_{2i} - E(X_2)) \quad (2.16)$$

Para estandarizar la medida de covarianza, ésta se divide entre el producto de las desviaciones estándar de cada acción ; la razón resultante se conoce como coeficiente de correlación (ρ)

$$\rho = \frac{\sigma_{1,2}}{\sigma_1 \sigma_2} \quad (2.17)$$

El coeficiente de correlación puede ir de valores de +1 (correlación positiva perfecta) a -1 (correlación negativa perfecta). Si $\rho = 0$ se dice que las dos acciones no están correlacionadas.

El rango de rendimientos de acciones puede representarse por una distribución continua de probabilidades. La distribución usada con mayor frecuencia es la distribución normal; ésta abarca un rango ilimitado de tasas de rendimiento en intervalos de confianza, dentro del cual se encontrará, con una probabilidad específica, el rendimiento real de las acciones durante el próximo período.

La administración del riesgo es un proceso dinámico de retroalimentación en el que se repasan y revisan periódicamente las decisiones para evaluar las exposiciones y para cuantificar las compensaciones entre riesgo y rendimientos de las inversiones en varias categorías de activos, como acciones y bonos. Existen cuatro técnicas básicas disponibles para reducir el riesgo:

1. Evasión del riesgo. Es una decisión consciente de no exponerse a un riesgo en particular.
2. Prevención y control, de pérdidas. Son actividades para reducir la probabilidad o la gravedad de las pérdidas. Éstas pueden tomarse antes de, en el momento o después de que ocurra la pérdida.
3. Retención del riesgo. Comprende la absorción del riesgo y la cobertura de pérdidas con recursos propios.
4. Transferencia del riesgo. Es pasar algunos o todos los riesgos a otras personas. El método más básico de transferencia del riesgo es la venta del activo riesgoso. Existen tres métodos de transferencia del riesgo: cobertura, aseguramiento y diversificación.

2.7.1 Aseguramiento

Se paga una prima (el precio pagado por el seguro) para evitar pérdidas. Existe una diferencia entre aseguramiento y cobertura: cuando se cubre se elimina el riesgo de pérdida cediendo una ganancia potencial, cuando se asegura, se paga una prima para eliminar el riesgo de pérdida y se retiene el potencial de una ganancia.

2.7.2 Diversificación

Significa mantener cantidades similares de muchos activos riesgosos, en vez de concentrar toda la inversión en uno solo; por lo tanto, la diversificación limita la exposición al riesgo de cualquier activo solo.

2.7.3 Cobertura

Se dice que se cubre contra un riesgo cuando la acción tomada para reducir la exposición a una pérdida también ocasiona ceder la posibilidad de una ganancia. Los mercados financieros ofrecen una gran variedad de mecanismos para cubrir el riesgo de precios inciertos de materias primas, precios de acciones, tasas de interés y tipo de cambio; uno de estos mecanismos son los derivados.

2.8 Derivados

Los productos derivados son instrumentos financieros cuyo precio depende o se deriva del valor de un activo que se cotiza en el mercado de contado, denominado bien o activo subyacente, que puede ser una materia prima (commodity) como el trigo, el oro o el petróleo, o bien algún instrumento financiero, como los títulos accionarios, índices, monedas (tipos de cambio) o un instrumento de deuda. Los mercados de productos derivados son mercados de transferencia de riesgos, ya que el riesgo que algunos agentes económicos no desean asumir se traspasa a otros que tienen interés por dichos riesgos a cambio de obtener una ganancia o rendimiento. Estos productos son más valiosos en entornos de alta volatilidad o variación de precios y tienen tres finalidades básicas: cobertura, especulación o aprovechamiento de oportunidad de arbitraje.

1. Cobertura de riesgos (hedging): los productos derivados son útiles para el agente económico que desea mitigar o cubrir el riesgo de variaciones o cambios adversos en los precios de los activos que dicho agente tiene en el mercado de contado o de físicos.
2. Especulación: en este caso el agente económico no desea reducir o cancelar riesgos. Por el contrario, el especulador realiza una apuesta direccional en los movimientos del precio de un producto derivado para obtener una ganancia o

rendimiento acorde con el riesgo que asume. Esta actividad es muy útil en los mercados organizados, ya que a mayor número de especuladores, mayor liquidez.

3. Arbitraje: consiste en realizar una operación en los mercados financieros para obtener una ganancia a valor presente sin riesgo, aprovechando alguna imperfección detectada en dichos mercados.

Los derivados pueden comprarse o venderse tanto en mercados organizados o bursátiles como en los mercados extrabursátiles, denominados *Over the Counter (OTC)*. En México, el mercado organizado de productos derivados es el MexDer, que inició operaciones en diciembre de 1998. En sus inicios se listaron contratos de futuros financieros. En junio de 2003 el MexDer y el Mercado Español de Futuros y Opciones Financieros (MEFF) celebraron un acuerdo de asociación estratégica para desarrollar un mercado de contratos de opciones listados en México, que inició en marzo de 2004 con las opciones del IPyC y sobre acciones individuales.

Los productos derivados más simples, llamados de primera generación o plain vanilla son contratos:

- adelantados o forwards
- de futuros
- de swaps
- de opciones

El mayor volumen de operaciones de productos derivados en el mundo se realiza fuera de bolsa. Los principales instrumentos que se negocian en el mercado extrabursátil son los siguientes:

- Contratos adelantados o forwards de divisas.
- Contratos adelantados de tasas de interés conocidos como FRA (forward rate agreements).
- Opciones de divisas.
- Opciones de tasas de interés.
- Opciones sobre acciones individuales.
- Swaps de tasas de interés.

- Swaps de monedas.
- Productos derivados exóticos.

La característica más importante de este tipo de contratos es que los atributos que acuerdan las partes son adaptables a las necesidades tanto del comprador como del vendedor. No se tienen que apegar a las características de contratos estándar como en el caso de los mercados organizados. Sin embargo, la desventaja que presentan es que existe el riesgo de incumplimiento de la contraparte, ya que en este mercado no existe una Cámara de Compensación que asuma dicho riesgo.

Adicionalmente a los productos derivados de primera generación (plain vanilla), se han empezado (a partir de 1990) a operar productos derivados denominados de segunda generación o exóticos. Algunos ejemplos de estos instrumentos son:

- Notas estructuradas: combinación de instrumentos de deuda con un producto derivado. En la mayoría de los casos el producto derivado es una opción sobre tipo de cambio, de tasa de interés o de algún índice de acciones.
- Combinaciones de productos derivados de primera generación: combinación de forwards/futuros con opciones o swaps. Un ejemplo de estos instrumentos es el swaption, una opción en la que el bien subyacente es un swap.
- Derivados de crédito: instrumentos financieros cuyo valor depende del riesgo de crédito de alguna entidad privada o gubernamental, distinta a la contraparte de la transacción del propio instrumento financiero. En esencia, son productos derivados rediseñados para mejorar el riesgo de contraparte. También se denominan "Credit Default Swaps".
- Opciones que modifican el perfil de pago (pay-off modified): el pago en el futuro no es lineal; por ejemplo, en una opción digital se acuerda pagar una cantidad que depende de qué tanto terminó la opción en "el dinero", es decir, depende de la magnitud del valor intrínseco de la opción.
- Opciones dependientes del tiempo: (time dependent): el comprador del derivado tiene el derecho de definir alguna característica del contrato durante o al término del mismo. Por ejemplo, el comprador de una opción podría definir si la opción es

un call o put a una fecha predeterminada posterior al inicio del contrato y antes de su vencimiento.

- Opciones con un límite (limit dependent): si el precio del activo subyacente toca un determinado límite, la opción podría desaparecer o nacer. Un ejemplo son las barrier options: si el precio del bien subyacente alcanza un límite previamente especificado, la opción nace (knock-in) o bien la opción desaparece (knock-out).
- Instrumentos multi-activos: el pago acordado en el futuro depende del valor de más de un activo, es decir, de un portafolio. Involucra el concepto de correlación entre rendimientos de precios de activos en la valuación del derivado.

2.8.1 Productos derivados de primera generación

2.8.1.1 Contratos adelantados o forwards

Es un acuerdo entre dos partes para comprar o vender un activo en una fecha futura y a un precio previamente establecido. Es decir, la operación se pacta en el presente pero ocurre (se liquida) en el futuro. Estos contratos operan en el mercado extrabursátil entre dos instituciones o entre una institución financiera y uno de sus clientes.

2.8.1.2 Contratos de futuros

Es un acuerdo entre dos partes para comprar o vender un activo en una fecha futura y a un precio previamente pactado. La operación se pacta en el presente pero se liquida en el futuro. Estos contratos son estandarizados y se operan en un mercado organizado o bolsa de productos derivados.

2.8.1.3 Contratos de swaps

Se refiere a que dos participantes en el mercado intercambian simultáneamente varios flujos de efectivo que pueden tener distintas monedas o distintas bases en el cálculo de tasas de interés (por ejemplo pago de tasa fija por tasa flotante). Las modalidades de swaps básicos o *plain vanilla* son los de tasas de interés (IRS, *interest rate swaps*) y de monedas (CCIRS, *cross currency interest rate swaps*).

2.8.1.4 Contratos de opciones

Están diseñados para que el comprador de la opción se beneficie de los movimientos del mercado en una dirección pero no sufra pérdidas como consecuencia de movimientos del mercado en la dirección contraria. Una opción le da al tenedor el derecho pero no la obligación de ejercer el contrato (comprar o vender el bien subyacente). Existen dos tipos de opciones:

- Una opción de compra (*call option*) es el derecho de *comprar* en una fecha futura, una cantidad específica de un activo denominado subyacente, a un precio determinado denominado precio de ejercicio, durante la vigencia del contrato o en la fecha de vencimiento.
- Una opción de venta (*put option*) es el derecho de *vender* en una fecha futura, una cantidad específica de un activo denominado subyacente, a un precio determinado denominado precio de ejercicio, durante la vigencia del contrato o en la fecha de vencimiento.

2.9 Opciones

Los contratos de opciones fueron diseñados para dar mayor flexibilidad a los contratos de futuros, en lo que se refiere a cobertura de riesgos. Una opción le da al tenedor el derecho pero no la obligación de comprar o vender un bien subyacente; ésta es una diferencia entre las opciones con los futuros y los forwards en los que ambas contrapartes tienen, en todo momento, la obligación de realizar la operación de compra-venta en el futuro. Existe una terminología especial para las opciones:

- Al hecho de adquirir un artículo especificado a un precio fijo se le conoce como **opción de compra** y al venderlo como **opción de venta**
- El precio fijo especificado en un contrato de opción se conoce como **precio strike** o **precio de ejercicio**.
- La fecha después de la cual no se puede ejercer la opción se conoce como **fecha de expiración** o **fecha de vencimiento**.
- Las **opciones americanas** pueden ejercerse en cualquier momento hasta la fecha de terminación del contrato. Las **opciones europeas** pueden ser ejercidas solamente hasta la fecha de vencimiento.

Para adquirir una opción, el tenedor tendrá que pagar al vendedor de la misma una prima en el momento de pactar la operación, cuyo valor es inferior al monto notional. El vendedor por su parte, recibirá la prima y no la devolverá al comprador en ningún caso. Además de su tipo (opción de compra o de venta) y el nombre del valor subyacente, una opción se identifica por su precio de ejercicio y su fecha de expiración. El valor hipotético de una opción, esto es, si fuera a expirar de inmediato, se conoce como **valor intrínseco** o **valor tangible**.

Asumiendo que existen participantes de mercado, se tienen los siguientes supuestos:

1. No hay costos de transacción
2. Todas las utilidades de negociación (netas de las pérdidas de negociación) están sujetas a la misma tasa impositiva.
3. Es posible adquirir y realizar préstamos a la tasa de interés libre de riesgo.

Como ya se mencionó, existen dos tipos de opciones: las de compra (*call*) y las de venta (*put*). La opción *call* garantiza el derecho al tenedor de la opción pero no le impone una obligación. Sin embargo, el vendedor de la opción sí tiene la obligación de cumplir con los términos del contrato. El tenedor de la opción, por su parte, ejercerá su derecho si lo que se conoce como valor intrínseco de la opción es positivo. El valor intrínseco de una opción *call* es el valor máximo entre la diferencia del valor del subyacente y el precio de ejercicio, o cero. Por tanto, para que al tenedor de la opción *call* le convenga ejercer el derecho de comprar el subyacente, se debe cumplir:

$$\text{máx}[S_T - K, 0] > 0 \quad (2.18)$$

Donde S_T es el valor de mercado del subyacente y K el precio del ejercicio

La opción de venta o *put* garantiza el derecho al tenedor de la opción pero no le impone una obligación. Sin embargo, el vendedor de la opción sí tiene la obligación de cumplir en los términos del contrato. El valor de una opción es el valor máximo entre la diferencia del precio de ejercicio y el valor del subyacente, o cero. Por tanto, para que al tenedor de la opción le convenga ejercer el derecho de vender el subyacente, se debe cumplir que:

$$\text{máx}\{K - S_T, 0\} > 0 \quad (2.19)$$

Cuando el valor intrínseco de la opción es positivo, se dice que la opción se encuentra dentro del dinero (*in the money*); cuando es negativo, la opción se encuentra fuera del dinero (*out of the money*) y cuando el valor del subyacente coincide con el precio de ejercicio, se dice que la opción se encuentra en el dinero (*at the money*).

De esta forma si S_T es el valor de mercado y K el precio de ejercicio se tiene:

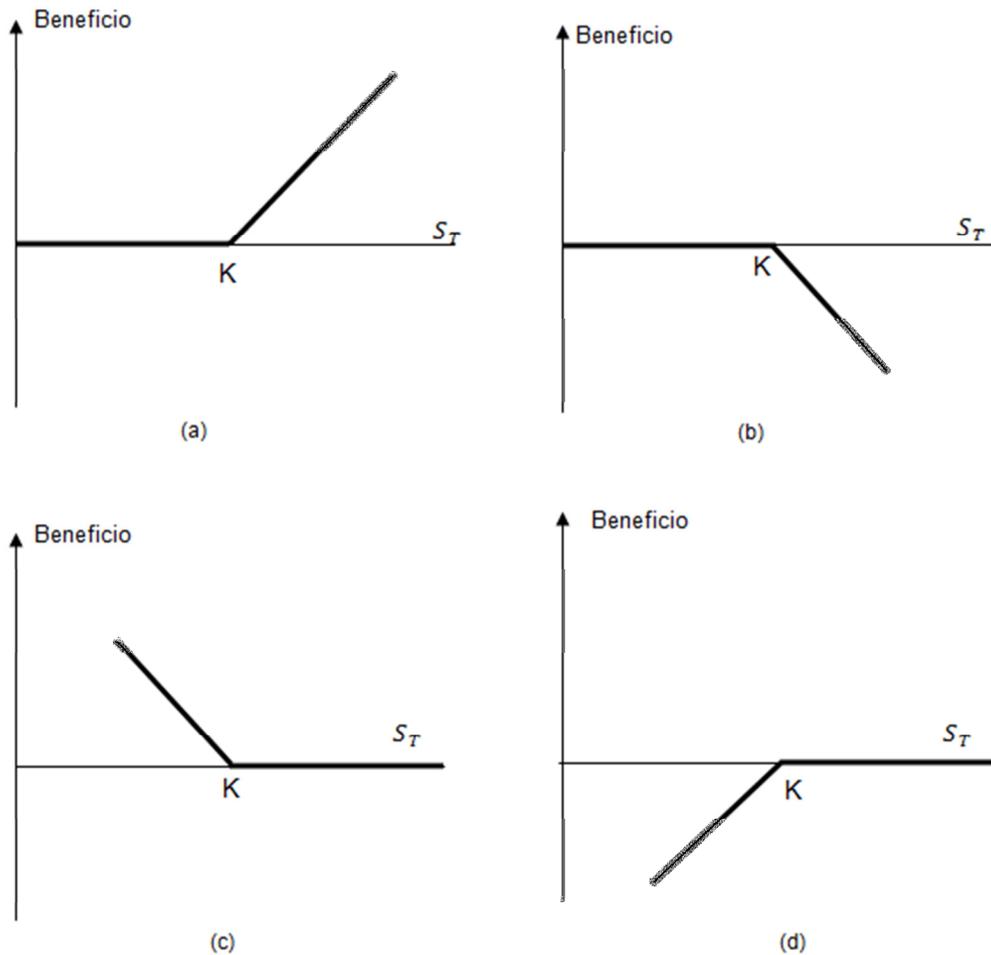
	call	put
Dentro del dinero	$S_T > K$	$S_T < K$
Fuera del dinero	$S_T < K$	$S_T > K$
En el dinero	$S_T = K$	$S_T = K$

De lo anterior, se puede observar que una opción debe ser ejercida cuando esté en el dinero. Existen cuatro tipos de participantes en los mercados de opciones:

1. Compradores de calls
2. Vendedores de calls
3. Compradores de puts
4. Vendedores de puts

Se dice que los vendedores tienen posiciones largas mientras que los compradores tienen posiciones cortas y hay cuatro tipos de posiciones de opciones.

1. Una opción larga es una opción de compra.
2. Una posición larga es una opción de venta.
3. Una posición corta es una opción de compra.
4. Una posición corta es una opción de venta.



Beneficios obtenidos de las posiciones en opciones europeas: a) posición larga en una opción de compra, b) posición corta en una opción de compra; c) posición larga en una opción de venta; d) posición corta en una opción de venta. Con K precio del ejercicio y S_T precio del activo a su vencimiento

Las opciones permiten que los inversionistas modifiquen su exposición al riesgo de los activos subyacentes. Las modificaciones posibles pueden ser descritas usando diagramas de pago, los cuales describen la relación entre el valor de una opción (medida en el eje vertical) y el precio del activo subyacente (en el eje horizontal)

2.9.1 Opciones que cotizan en MexDer

En MexDer se tienen listados los contratos de opciones sobre el IPyC que son opciones europeas, su liquidación es por diferencias (no hay entrega en especie) vencimientos trimestrales y en negociación electrónica. Los contratos de opciones sobre acciones

individuales son opciones americanas, su liquidación es mediante entrega física, es decir, en especie y sus vencimientos son trimestrales.

Liquidación del mercado de opciones

La liquidación del mercado de opciones considera dos procesos:

1. La liquidación diaria del mercado, a través de la cual la Cámara de Compensación (ASIGNA) incluye en el flujo diario las cantidades correspondientes a las primas pactadas en la concertación de operaciones.
2. La liquidación por el ejercicio/asignación anticipado o al vencimiento de los contratos de opciones liquidables en especie o en efectivo.

Cuando se tiene una opción call que se liquida en especie y el precio del activo subyacente al cierre de la sesión de negociación es superior al precio de ejercicio de la opción pactada, el comprador puede ejercer su derecho de comprar el activo subyacente del contrato de opción pagando el precio de ejercicio. Si se trata de una opción put que se liquida en especie, cuando el precio del activo subyacente al cierre de la sesión de negociación es inferior al precio de ejercicio de la opción pactada, el comprador puede ejercer su derecho de vender el activo subyacente del contrato de opción cobrando el precio de ejercicio. Si el call o el put se liquidan en efectivo, el comprador de la opción al ejercer su derecho, recibirá el valor intrínseco de la misma, es decir, la diferencia del precio del valor subyacente y el precio de ejercicio, multiplicado por el tamaño del contrato y por el número de contratos ejercidos, mismo que será pagado por el vendedor de la opción.

2.9.2 Estrategias de cobertura con opciones

Existen dos estrategias básicas de cobertura con opciones: las denominadas en el mercado como *covered call* y *protective put*. El *covered call* consiste en adquirir una opción de compra cuando se tiene una posición corta en algún bien subyacente. El *protective put* consiste en adquirir una opción de venta cuando se tiene una posición larga en algún instrumento.

Como ya se dijo, un medio adecuado para expresar el desempeño financiero de un instrumento en el mercado es a través del rendimiento que es el beneficio que produce una inversión. El rendimiento anualizado y expresado en porcentaje respecto a la inversión se denomina tasa de rendimiento. Los rendimientos no sólo se obtienen a través de ganancias de capital (diferencia entre el precio de compra y el precio de venta), sino también por los intereses que ofrezca el instrumento. El riesgo de mercado es la variabilidad de los rendimientos asociados con un activo determinado. Los diferentes rendimientos que ofrecen los diversos valores en el mercado reflejan el distinto grado de riesgo que está asociado a cada uno de ellos. Los papeles de deuda difíciles de cobrar o de dudoso respaldo, que se cotizan normalmente muy por debajo de su valor nominal, ofrecen elevados rendimientos; éstos son el reflejo de la especial compensación que procuran los inversionistas cuando corren riesgos particularmente altos. Lo contrario ocurre con los títulos muy seguros, que ofrecen amplias garantías de recuperación pero rinden mucho menos.

Los supuestos de que los inversionistas busquen maximizar su consumo futuro y las condiciones de riesgo que rodean a su decisión de inversión son elementos fundamentales de la teoría moderna del portafolio.

Capítulo 3. Carteras de Inversión

Existen cinco teorías para construir y medir el desempeño de carteras de inversión:

- a) Teoría de la valuación de activos. Permite entender el proceso y las fuerzas que determinan el precio de los activos.
- b) Teoría del Portafolio. Además de explicar las decisiones de inversión, su aplicación es útil para la selección de portafolios y la definición de criterios de inversión en general.
- c) Teoría de los mercados eficientes. Resulta útil para la administración activa y pasiva del portafolio y para determinar modelos potentes de valuación.
- d) Teoría del Mercado de Capitales. Explica en qué forma las acciones de los agentes determinan los precios de mercado de los activos de acuerdo con la relación riesgo–rendimiento, por lo que es útil para el análisis de portafolios y para la medición de su desempeño.
- e) Teoría de la valuación de instrumentos derivados. Útil para la administración de riesgos, por ejemplo, la Teoría de Valuación de Opciones (Black, Scholes y Merton).

3.1 Teoría de la valuación de activos

La valuación de activos es el proceso que relaciona el riesgo y el rendimiento de un activo para determinar su valor razonable. Influyen en el valor del activo tres factores principales: flujos de efectivo, momento en que ocurren los flujos y el rendimiento requerido (en función del riesgo). El valor o precio actual de mercado de cualquier activo financiero se determina al descontar los flujos de efectivo esperados, usando un rendimiento requerido acorde con el riesgo del activo, así como de la tasa apropiada de descuento para traer a valor presente dichos flujos de efectivo:

$$V_0 = \frac{FE_1}{(1+k)} + \frac{FE_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{FE_n}{(1+k)^n} \quad (3.1)$$

V_0 valor actual del activo

FE_i flujo de efectivo en el período i

n número de años de vida del activo

k tasa de descuento

Para aplicar este concepto a la valuación de obligaciones, acciones preferentes y acciones comunes se tiene primero que analizar la naturaleza de sus flujos de efectivo, su vencimiento y la tasa apropiada a la cual se deben descontar los flujos de efectivo en cada caso en particular.

3.2 Teoría de los mercados eficientes

Un mercado de valores es *eficiente* cuando la competencia entre los distintos participantes que intervienen en él, guiados por el principio del máximo beneficio, conduce a una situación de equilibrio en la que el precio de mercado de cualquier título constituye una buena estimación de su *precio teórico o intrínseco*. Es decir, los precios de los títulos que se negocian en los mercados financieros eficientes reflejan toda la información disponible y ajustan total y rápidamente la nueva información. Además, se supone que dicha información es gratuita. Si todos los títulos están perfectamente valorados, los inversionistas obtendrán un rendimiento sobre su inversión que será el apropiado para el nivel de riesgo asumido, sin importar cuáles sean los títulos adquiridos. Esto es, en un mercado eficiente todos los títulos estarán perfectamente valorados, por lo que no existirán títulos sobre o infravalorados, con lo que el valor actual neto de la inversión será nulo, lo cual implica que si el mercado es eficiente, el tiempo, el dinero y el esfuerzo gastados en el análisis del valor intrínseco de los títulos serán inútiles.

Si en un mercado eficiente existiera una diferencia entre el precio de mercado de un título y su valor intrínseco, ésta sería aprovechada por los especuladores que actuarían, en consecuencia, para beneficiarse de dicha "ineficiencia temporal". Si, por ejemplo, el título estuviese infravalorado los especuladores lo adquirirían, con objeto de obtener una rápida ganancia de capital, lo que crearía una presión de la demanda sobre dicho título que impulsaría su precio hacia arriba hasta situarlo en su valor intrínseco. Si, por el contrario, el título estuviese sobrevalorado esos mismos especuladores lo venderían con lo que el precio del mismo descendería, debido a la presión de la oferta, hasta situarse en su valor teórico.

Existe una gran dificultad a la hora de estimar el precio teórico de un título cualquiera; dado que tanto las expectativas sobre los dividendos futuros como el horizonte económico de la planeación, o las predicciones sobre la evolución del marco socioeconómico, son diferentes para cada inversionista en particular. Ahora bien, si el mercado es eficiente, las múltiples estimaciones del valor de un activo financiero deberán oscilar de forma aleatoria alrededor de su verdadero valor intrínseco. Por tanto, todos los inversionistas tienen las mismas probabilidades de ganar o perder (la mayor rentabilidad que algunos inversionistas puedan obtener sobre el resto, será producto del azar). Este tipo de mercado debe ser forzosamente competitivo, puesto que es la única manera de que toda la información que afecte al valor intrínseco de los títulos se refleje inmediatamente en sus precios. La razón de que los cambios en los precios sean aleatorios se debe a que los participantes en el mercado financiero son racionales y se mueven en un ambiente de competencia. Fama (1965) resume todo esto en dos puntos:

1. Los precios actuales cambiarán rápidamente para ajustarse al nuevo valor intrínseco derivado de la nueva información.
2. El tiempo que transcurre entre dos ajustes sucesivos de precios (o entre dos informaciones sucesivas) de un mismo título es una variable aleatoria independiente.

3.2.1 Las hipótesis del mercado eficiente

Fama (1965) definió los mercados eficientes como un juego equitativo en el que los precios de los títulos reflejan completamente toda la información disponible. Esto es, si los mercados son eficientes, los títulos están valorados para proporcionar un rendimiento de acuerdo a su nivel de riesgo. La idea subyacente es que los precios de los títulos se ajustan a la *teoría del recorrido aleatorio*, según la cual los cambios en los precios de los títulos son independientes entre sí y tienen la misma distribución de probabilidad. Esto es, la variación que se produce en el precio de un título del día t al $t + 1$ no está influida por la variación producida del día $t - 1$ al t , y el tamaño de ambas es totalmente aleatorio o impredecible. Cuando se cumple totalmente se dice que el mercado de valores en cuestión no tiene memoria, en el sentido de que no recuerda lo que ocurrió anteriormente y, por lo tanto, la variación que se pueda producir hoy en los precios no tiene nada que ver con la de ayer. Ahora bien, en la práctica los mercados de valores parecen ser

relativamente eficientes al reflejar la nueva información en los precios aunque, por otra parte, tengan costos de transacción, impuestos, etc.

Roberts (1967) definió tres niveles de eficiencia de los mercados de valores, donde cada nivel reflejaba la clase de información que era rápidamente reflejada en el precios: débil, intermedio y fuerte.

La hipótesis débil del mercado eficiente

En la *hipótesis débil* se supone que cada título refleja totalmente la información contenida en la serie histórica de precios, es decir, toda la información pasada; por ende los inversionistas no pueden obtener rentabilidades superiores analizando dichas series (es decir, utilizando el *análisis técnico*, que se basa en el estudio de los gráficos representativos de la evolución pasada del precio) o ideando reglas de comportamiento de los precios basadas en ellas, puesto que todos los participantes del mercado habrán aprendido ya a explotar las señales que dichas series de precios pueden mostrar y actuarán en consecuencia. Según esta hipótesis, ningún inversionista podrá conseguir un rendimiento superior al del promedio del mercado analizando exclusivamente la información pasada (la serie histórica de precios), y si lo logra será sólo por azar.

La hipótesis intermedia del mercado eficiente

Según esta hipótesis, un mercado es eficiente en su forma *intermedia* cuando los precios reflejan no sólo toda la información pasada, sino también toda la información hecha pública acerca de la empresa o de su entorno que pueda afectar a cada título en particular (informe de resultados, anuncios de dividendos, balances anuales, trimestrales, variación del tipo de interés, etc.), ya que una gran parte de la información utilizada por los analistas financieros está ampliamente disponible para el público. Esto es, si la eficiencia del mercado se ajusta a dicha hipótesis, la persona que emplee el *análisis fundamental* para intentar lograr un rendimiento superior a la media del mercado está perdiendo el tiempo, puesto que la cotización de los títulos ya refleja exactamente su valor teórico o intrínseco. La única forma de lograr un rendimiento superior al promedio, que no sea por medio del azar, es a través del uso de la información privilegiada.

La hipótesis fuerte del mercado eficiente

La *hipótesis fuerte* parte del supuesto de que los precios reflejan absolutamente toda la información ya sea pasada, pública o privada. Según ella, ningún inversor podrá aventajar al mercado como no sea por azar.

Se debe hacer hincapié, en que, para que un mercado sea eficiente, es necesario que los participantes en el mismo utilicen el *análisis técnico* (que busca formas en las series históricas de precios que sean recurrentes y, por tanto, predecibles) y el *análisis fundamental* (que utiliza las predicciones de beneficios y dividendos de la empresa, las expectativas sobre los tipos de interés y la valoración del riesgo de la compañía para determinar el precio intrínseco de la acción) con objeto de que la competencia entre los analistas asegure que, como regla general, los precios de los títulos reflejarán toda la información disponible. En resumen, los mercados se aproximan a la eficiencia cuando los participantes en los mismos creen que no son eficientes y compiten buscando esa ineficiencia que les hará ganar una mayor rentabilidad que el promedio de los inversores.

3.3 Teoría del Portafolio

La teoría del portafolio (o de la cartera) se define como el análisis cuantitativo de la administración óptima del riesgo. Los modelos formales de la teoría de la cartera para la administración del riesgo usan distribuciones de probabilidades para cuantificar la compensación entre riesgo y rendimiento esperado; se debe recordar que el rendimiento esperado de una cartera de activos se identifica con la media de la distribución y su riesgo con la desviación estándar. Ya sea que la unidad de análisis sea un individuo, una empresa o alguna otra organización económica, la aplicación de la teoría de la cartera consiste en la formulación y evaluación de las compensaciones entre los beneficios y los costos de la reducción del riesgo con el propósito de contratar la acción óptima a seguir. Para encontrar dicha combinación de activos riesgosos no se necesita conocer ni la riqueza ni las preferencias del inversionista, su composición depende sólo de la tasa de rendimiento esperada y las desviaciones estándar de los activos riesgosos y de la correlación entre ambos. La selección de una cartera dependerá de la etapa en el ciclo de vida del inversionista, el horizonte de planeación y su tolerancia al riesgo.

Teóricamente, se dice que mediante un portafolio de inversión se puede disminuir el riesgo porque los rendimientos de los títulos individuales, por lo general, no están perfectamente correlacionados entre sí, por lo que cierto porcentaje del riesgo se puede eliminar con la diversificación. La razón de diversificar es que los rendimientos de los diversos activos no se mueven al mismo ritmo o en la misma dirección, debido, como ya se mencionó, a que sus riesgos asociados no están perfectamente correlacionados. De esta forma, el rendimiento de una cartera diversificada de inversiones tiende a ser más estable que los rendimientos de los activos particulares que componen la canasta. La diversificación permite al ahorrador reducir el impacto del mal desempeño de cualquiera de los activos.

3.3.1 Compensación entre el riesgo y el rendimiento esperado

El objetivo de encontrar la cartera que ofrezca a los inversionistas la tasa de rendimiento esperado más alto para cualquier nivel de riesgo que estén dispuestos a tolerar se logra a través de la compensación cuantitativa entre el riesgo y el rendimiento esperado. La optimización de la cartera se hace en un proceso de dos pasos:

1. Hallar la combinación óptima de activos riesgosos.
2. Combinar esta cartera óptima de activos riesgosos con un activo sin riesgo.

Un activo sin riesgo se refiere a un activo que ofrece una tasa de rendimiento predecible en el horizonte de negociación (el horizonte de decisión más corto posible).

La figura 3.1 muestra las combinaciones posibles de riesgo-rendimiento, bajo los siguientes casos:

1. Invertir todo el dinero en el activo sin riesgo, representado por F .
2. Invertir todo en el activo riesgoso, representado por S .
3. Invertir en diferentes proporciones (combinaciones) el activo riesgoso y el activo sin riesgo

En la figura se muestra la compensación entre riesgo y rendimiento: la tasa de rendimiento esperado de la cartera $E(r)$ se mide a lo largo del eje vertical y la desviación estándar σ , en el eje horizontal. La línea que une los puntos F y S representa el conjunto

de alternativas que se ofrecen para elegir las diferentes combinaciones (cartera) de activo riesgoso y activo sin riesgo; cada punto en la línea corresponde a una combinación de esos dos activos. En el punto F que está en el eje vertical con $E(r) = 0.06$ y σ de cero, todo el dinero está invertido en el activo sin riesgo. Conforme un inversionista retire dinero del activo sin riesgo y lo ponga en el activo riesgoso, se moverá a largo de la línea de compensación y se enfrentará tanto a una tasa de rendimiento esperada más alta como a un riesgo mayor.

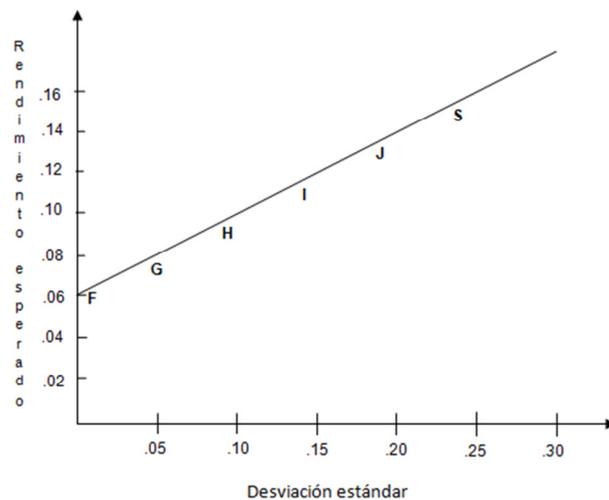


Figura 3.1. La línea de compensación riesgo-rendimiento. En el punto F , la cartera está invertida 100% en valores sin riesgo que ofrece una tasa de .06 anual. En el punto S está invertida 100% en el activo riesgoso, con una tasa de rendimiento esperada de .14 anual y σ de .20. En el punto I , la cartera tiene la mitad en el activo riesgoso y la mitad en el activo sin riesgo.

Fuente: Hull (2009) y Merton (2003).

Para encontrar la composición de cartera para cualquier punto sobre la línea de compensación se debe:

1. Relacionar el rendimiento esperado de la cartera con la proporción invertida en el activo riesgoso. Sea w la proporción de la inversión que se asignará al activo riesgoso, la proporción $1 - w$ se invertirá en el activo sin riesgo. La tasa de rendimiento esperada de cualquier cartera $E(r)$, está dada por

$$E(r) = wE(r_s) + (1 - w)r_f = r_f + w[E(r_s) - r_f] \quad (3.2)$$

donde

$E(r_s)$ tasa de rendimiento esperada del activo riesgoso

r_f la tasa sin riesgo

2. Relacionar la desviación estándar de la cartera con la proporción invertida en el activo riesgoso. Cuando se combina un activo riesgoso con uno sin riesgo, la desviación estándar de la cartera es la del activo riesgoso multiplicada por la ponderación de ese activo en la cartera. Sea σ_s la desviación estándar del activo riesgoso, entonces se tiene:

$$\sigma = \sigma_s W \quad (3.3)$$

3. Relacionar la tasa de rendimiento esperado con su desviación estándar. De (3.3) se tiene

$$W = \frac{\sigma}{\sigma_s} \quad (3.4)$$

sustituyendo este valor en (3.2) se obtiene la fórmula que relaciona la tasa de rendimiento esperada con la desviación estándar a lo largo de la línea de compensación:

$$E(r) = r_f + \frac{E(r_s) - r_f}{\sigma_s} \sigma \quad (3.5)$$

De esta forma, la tasa de rendimiento esperada de la cartera, expresada como una función de su desviación estándar, es una línea recta, con una intersección r_f y una pendiente:

$$\frac{E(r_s) - r_f}{\sigma_s} \quad (3.6)$$

3.3.2 Eficiencia de una cartera

Una cartera eficiente es la que ofrece al inversionista la tasa de rendimiento esperada más alta posible a un nivel especificado de riesgo. Observe la figura, se ha agregado un activo riesgoso a la cartera que se tenía anteriormente, anula y una desviación estándar de este segundo activo está representado por el punto R y tiene una tasa de rendimiento de 0.08 anual y una desviación estándar de 0.15. Un inversionista que requiere una tasa de rendimiento de 0.08 anual podría lograrla invirtiendo todo su dinero en el activo riesgoso 2 y, así, estaría en el punto R . Pero este punto es ineficiente porque el inversionista puede obtener la misma tasa de rendimiento esperada de 0.08 anual y una

desviación estándar más baja en el punto G . Se puede ver que el inversionista adverso al riesgo estaría mejor en cualquier punto a lo largo de la línea de compensación que conecta los puntos G y S que en el punto R . Todos estos puntos son factibles y se logran combinando el activo riesgoso 1 con el activo sin riesgo. Por ejemplo, el activo financiero J tiene una desviación estándar igual a la del activo riesgoso 2, pero su rendimiento esperado es mayor. Se pueden utilizar las ecuaciones (3.2) y (3.3) para encontrar la composición de otras carteras eficientes que se ubiquen entre los puntos G y J , y por lo tanto, tenga una tasa de rendimiento esperada más alta y una desviación estándar más baja que el activo riesgoso 2.

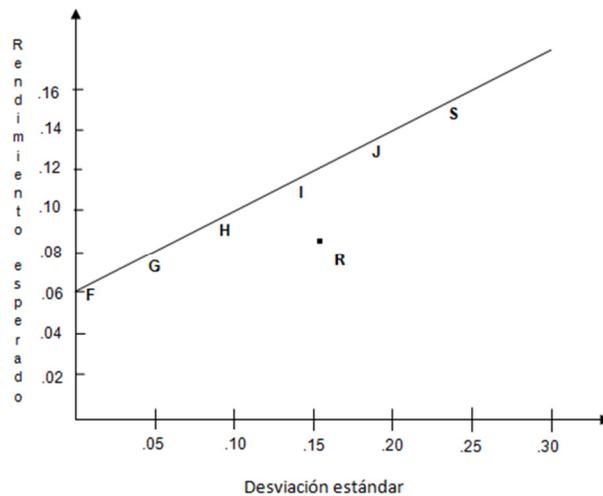


Figura 3.2. Eficiencia de la cartera. En el punto R la cartera está invertida 100% en el activo riesgoso 2 que ofrece un rendimiento esperado de .08 y σ de .15. El inversionista puede tener tanto una tasa de rendimiento esperada más alta como una desviación estándar más baja en cualquier punto de la línea que une los puntos G y J .

Fuente: Hull (2009) y Merton (2003).

3.3.3 Carteras de dos activos riesgosos

Combinar dos activos riesgosos en una cartera es igual que combinar un activo riesgoso con un activo sin riesgo; cuando uno de los dos activos no tiene riesgo, la desviación estándar de su tasa de rendimiento y correlación con el otro activo son cero. Cuando ambos activos tienen riesgo se escribe la tasa de rendimiento media como:

$$E(r) = wE(r_1) + (1 - w)E(r_2) \quad (3.7)$$

Y la varianza está descrita por

$$\sigma^2 = w^2\sigma_1^2 + (1 - w)^2\sigma_2^2 + 2w(1 - w) * \rho\sigma_1\sigma_2 \quad (3.8)$$

Como puede notarse, la ecuación 3.7 es la misma que la 3.2 con el rendimiento esperado del activo riesgoso $E(r_2)$, sustituido por la tasa de interés del activo sin riesgo r_f ; y la ecuación 3.8 es una forma más general de la 3.3 cuando el activo 2 no tiene riesgo, pues $\sigma_2 = 0$. La figura 3.3 muestra las combinaciones de la desviación estándar con la media de los rendimientos alcanzados al combinar los dos activos riesgosos. El punto S en la figura, corresponde a la cartera que consta totalmente del activo riesgoso 1 y el punto R a una cartera total del activo riesgoso 2. El punto de inflexión en la curva que une los puntos R y S se llama cartera de varianza mínima; que está dado por:

$$W_{min} = \frac{\sigma_2^2 - \rho\sigma_1\sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2} \quad (3.9)$$

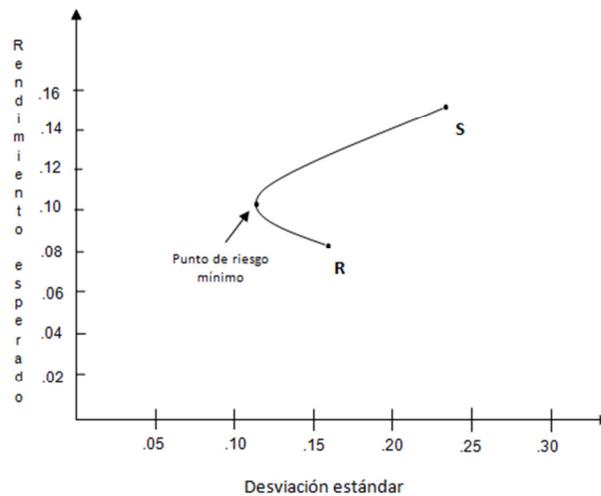


Figura 3.3. La curva de compensación riesgo-rendimiento: sólo activos riesgosos. Los supuestos son $E(r_1) = .14$, $\sigma_1 = .20$, $E(r_2) = .08$, $\sigma_2 = .15$ y $\rho = 0$
Fuente: Hull (2009) y Merton (2003).

3.3.4 Combinación óptima de activos riesgosos

Ahora se consideran las combinaciones de riesgo-rendimiento que se pueden obtener cuando se combina el activo sin riesgo con los activos riesgosos. La figura 3.4 representa una descripción gráfica de todas las posibles combinaciones riesgo-rendimiento y también ilustra cómo localizar la combinación óptima de activos riesgosos que se combinarán con el activo sin riesgo. Considérese la línea recta que une el punto F con el punto S , que

representa las combinaciones de riesgo-rendimiento que se puede obtener del activo libre de riesgo con el activo de riesgo 1. Una línea recta que une el punto F con cualquier punto de la curva que une los puntos R y S representa una línea de compensación riesgo-rendimiento que incluye una combinación, en particular, de los activos riesgosos 1 y 2 y el activo sin riesgo. La línea de compensación más alta que se puede obtener es la que une los puntos F y T . El punto T es el punto de tangencia entre la línea recta del punto F trazada a la curva que une los puntos R y S . Esta cartera riesgosa se conoce como combinación óptima de activos riesgosos; ésta se combina después con el activo sin riesgo para lograr las carteras más eficientes. La fórmula para encontrar las proporciones de la cartera en el punto T es

$$w_1 = \frac{[E(r_1) - r_f]\sigma_2^2 - [E(r_2 - r_f)\rho\sigma_1\sigma_2]}{[E(r_1) - r_f]\sigma_2^2 + [E(r_2) - r_f]\sigma_1^2 - [E(r_1) - r_f + E(r_2) - r_f]\rho\sigma_1\sigma_2} \quad (3.10)$$

$$w_2 = 1 - w_1$$

Así, la nueva línea de compensación eficiente se da mediante la fórmula

$$E(r) = r_f + w[E(r_t) - r_f] = r_f + \frac{E(r_T) - r_f}{\sigma_T} \sigma \quad (3.11)$$

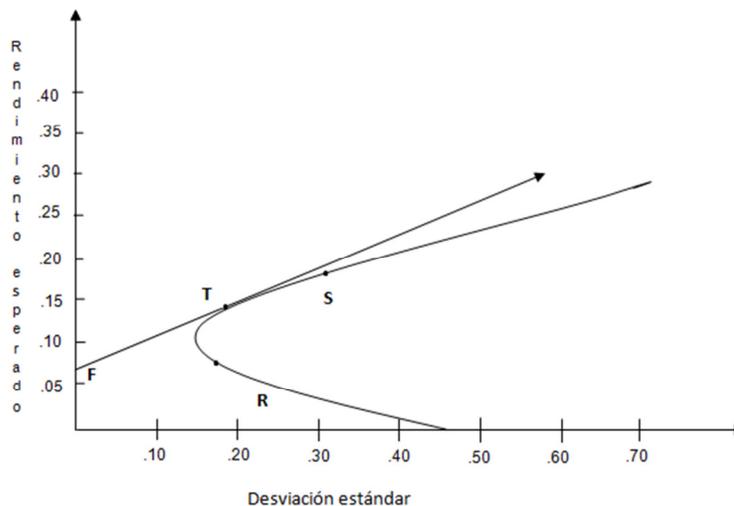


Figura 3.4. La combinación óptima de activos riesgosos. Los supuestos son $r_f = .06$, $E(r_1) = .14$, $\sigma_1 = .20$, $E(r_2) = .08$, $\sigma_2 = .15$ y $\rho = 0$
Fuente: Hull (2009) y Merton (2003).

De esta forma, el inversionista mejora su situación porque puede alcanzar una tasa de rendimiento esperada más alta para cualquier nivel de riesgo que esté dispuesto a tolerar. En conclusión, hay una sola cartera de los activos riesgosos que es la más apropiada para combinar con el activo sin riesgo; esta cartera en particular (punto T en la figura 3.4) es la *combinación óptima de activos riesgosos*. La cartera preferida es siempre alguna combinación de esta cartera de tangencia y el activo sin riesgo.

3.3.5 Cartera con múltiples activos riesgosos

Para múltiples activos riesgosos primero se consideran las carteras compuestas sólo por los activos riesgosos y después se encuentra la cartera de tangencia de activos riesgosos para combinar con el activo sin riesgo. La curva que se forma se denomina frontera eficiente de activos riesgosos y se define como el conjunto de carteras de activos riesgosos que ofrecen la tasa de rendimiento esperada más alta posible para cualquier desviación estándar dada. La combinación óptima de activos riesgosos se encuentra como el punto de tangencia entre la línea recta desde el punto que representa el activo sin riesgo (eje vertical) y la frontera eficiente de activos riesgosos. La línea recta que une el activo sin riesgo y el punto de tangencia que representa la combinación óptima de activos riesgosos es la mejor línea de compensación riesgo-rendimiento alcanzable. Como ya se había dicho, la composición de la combinación óptima de activos riesgosos depende solamente de los rendimientos esperados y de las desviaciones estándar de los activos riesgosos básicos y de las correlaciones entre ellos.

De acuerdo con Markowitz (1952), la rentabilidad de una cartera se define por la media ponderada de los rendimientos esperados de los n valores que la componen, mientras que el riesgo es función de los siguientes tres factores:

- Proporción o ponderación de cada valor en el portafolio.
- Varianza o la desviación estándar de la rentabilidad de cada valor.
- Covarianza o el coeficiente de correlación entre las rentabilidades de cada par de valores.

3.3.5.1 Metodología de Markowitz

Los pasos para construir una cartera de inversión con múltiples activos riesgosos son los siguientes:

1. Construir una tabla con los datos históricos de los activos que van a analizarse y sus respectivas rentabilidades durante el período seleccionado.
2. Calcular el rendimiento promedio de cada activo, la varianza y la desviación estándar.
3. Realizar la matriz de varianzas y covarianzas entre los activos seleccionados.
4. Hacer una tabla con los activos y el peso que tendrá cada uno dentro del portafolio.
5. Calcular el riesgo de los diferentes portafolios utilizando la fórmula

$$\sigma_p = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{i-j} \right]^{1/2} \quad (3.12)$$

con:

σ desviación estándar del portafolio

w_i peso de cada activo dentro del portafolio

σ_{i-j} desviación estándar de cada activo

6. Para calcular la rentabilidad del portafolio se utiliza:

$$r_p = \sum_{i=1}^N w_i E(r_i) \quad (3.13)$$

donde:

r_p rendimiento del portafolio

w_i peso de cada activo dentro del portafolio

$E(r_i)$ rendimiento esperado de cada activo

7. Para calcular los portafolios que se ubican en la frontera límite, se debe resolver el siguiente proceso de optimización

$$\text{Minimizar } \sigma_p = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{i-j} \right]^{1/2} \quad (3.14)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \text{ y}$$

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^N w_i E(r_i)$$

8. Para hallar la cartera de menor varianza, se aplica un proceso de optimización en el cual se minimiza la función de riesgo, sujeto a que los pesos de las carteras sean iguales a uno y que la función de riesgo sea positiva.

$$\text{Minimizar } \sigma_p = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{i-j} \right]^{1/2} \quad (3.15)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \text{ y}$$

$$\sigma_p = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{i-j} \right]^{1/2} > 0$$

10. El último paso es la construcción del portafolio óptimo. Este portafolio se halla mediante un proceso de optimización en el cual el inversionista determina las condiciones que debe cumplir dicho portafolio, es decir, si permite o no ventas en corto, si desea una participación determinada de un activo X dentro del portafolio, el nivel de riesgo que desea tomar, entre otras.

3.4 Teoría del Mercado de Capitales

El modelo de valuación de activos de capital (CAPM, por sus siglas en inglés) es una teoría de equilibrio. La idea fundamental en que se apoya el CAPM es que en equilibrio el mercado recompensa a la gente por asumir riesgo. Debido a que los individuos, por lo general, muestran una conducta adversa al riesgo, la prima de riesgo, por el agregado de todos los activos riesgosos, debe ser positiva para inducir a los inversionistas a mantener, de manera voluntaria todos los activos riesgosos que existen en la economía. Pero el mercado no recompensa al inversionista que mantiene carteras ineficientes, es decir, por exponerse a riesgos que pueden eliminarse con una conducta de diversificación óptima. Por consiguiente, la prima de riesgo de cualquier valor individual no está relacionada con

el riesgo del valor “por sí solo”, sino con su contribución al riesgo de una cartera diversificada en forma eficiente. El CAPM utiliza dos supuestos:

1. Los inversionistas concuerdan en sus pronósticos de tasas esperadas de rendimiento, desviaciones estándar y correlaciones de valores riesgosos y, por ende, mantienen de manera óptima activos riesgosos en las mismas proporciones relativas.
2. Por lo general, los inversionistas se comportan de manera óptima. En equilibrio los precios de los valores se ajustan de tal manera que, cuando los inversionistas mantienen sus carteras óptimas, la demanda agregada de cada valor es igual a su oferta.

Una cartera que tiene todos los activos en proporción con sus valores observados de mercado se conoce como *cartera de mercado* y su composición refleja las ofertas de activos existentes valuados a sus precios de mercado actuales. En la cartera de mercado la fracción asignada al valor i es igual a la razón del valor de mercado del *íésimo* valor en circulación sobre el valor de mercado de todos los activos en circulación. El CAPM dice que en equilibrio las tenencias relativas de cualquier inversionista en activos riesgosos serán las mismas que en la cartera de mercado. Dependiendo de la aversión al riesgo, los inversionistas mantienen diferentes combinaciones de activos riesgosos y libres de riesgo, pero las tenencias relativas de activos riesgosos son las mismas para todos los inversionistas.

La figura 3.5 muestra la línea de compensación riesgo-rendimiento que enfrenta cada inversionista. Debido a que el punto de tangencia o combinación óptima de activos riesgosos tiene la misma tendencia relativa de activos riesgosos que la cartera de mercado, ésta se localiza en algún punto de la línea de compensación de riesgo-rendimiento. En el CAPM la línea de compensación se llama línea de mercado de capitales (CML por sus siglas en inglés).

En la figura el punto r_M representa el rendimiento de la cartera de mercado, el punto r_F es el activo sin riesgo y CML es la línea recta que une esos dos puntos. El CAPM dice que en equilibrio, la CML representa las mejores combinaciones de riesgo-rendimiento

disponibles para todos los inversionistas. Aunque todos aspiran alcanzar los puntos que se encuentran por arriba de la CML, las fuerzas de la competencia moverán los precios de los activos de tal manera que todos alcance los puntos que están en la línea.

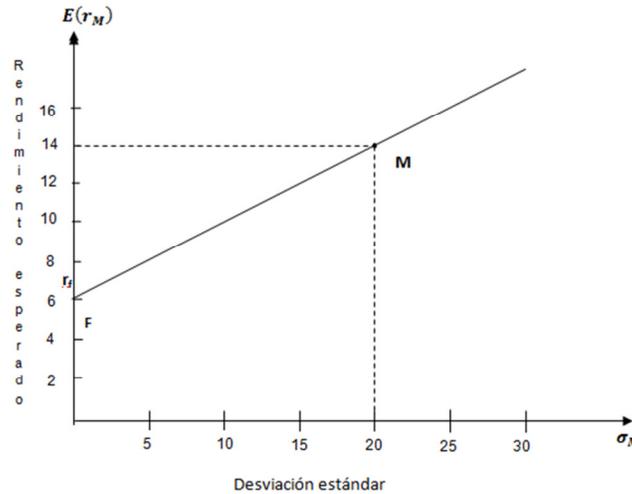


Figura 3.5. Línea del mercado de capitales LMC (CML por sus siglas en inglés)

Fuente: Merton (2003).

La fórmula de la CML es

$$\bar{r} = r_{LR} + \frac{\bar{r} - r_{LR}}{\sigma_M} \sigma \quad (3.16)$$

Por lo tanto, la pendiente de la CML es la prima de riesgo de la cartera de mercado dividida entre su desviación estándar

$$Pendiente\ de\ la\ CML = \frac{\bar{r} - r_f}{\sigma_M} \quad (3.17)$$

El CAPM implica que a la mayoría de los inversionistas les daría el mismo resultado combinar de manera pasiva el activo sin riesgo con un fondo índice que mantuviera activos riesgosos en las mismas proporciones que en la cartera de mercado, o bien, buscar valores en forma activa y tratar de “aventajar” al mercado. Otra implicación del CAPM es que la prima de riesgo de cualquier valor individual es proporcional solamente a su contribución al riesgo de la cartera de mercado. La prima de riesgo no depende del riesgo del valor por sí solo. Por ende, de acuerdo con el CAPM, en equilibrio, los

inversionistas se ven recompensados con un rendimiento esperado más alto solamente por asumir el riesgo de mercado. Éste es un riesgo irreducible o necesario, que deben asumir para obtener su rendimiento esperado. Esto se debe a que se pueden alcanzar todas las combinaciones de riesgo-rendimiento con sólo combinar la cartera de mercado y el activo sin riesgo, el único riesgo que tiene que asumir el inversionista para alcanzar una cartera eficiente es el de mercado, de esta forma, el mercado no recompensa a los inversionistas por asumir un riesgo que no sea de mercado.

3.4.1 Prima de riesgo de la cartera de mercado

La magnitud de la prima de riesgo de la cartera de mercado está determinada por la aversión al riesgo agregada de los inversionistas y la volatilidad del rendimiento del mercado. Para inducir a los inversionistas a que acepten el riesgo de la cartera de mercado, se les debe ofrecer una tasa esperada de rendimiento que exceda la tasa de interés libre de riesgo. Cuanto más alto sea el grado promedio de aversión de la población al riesgo, más alta será la prima de riesgo requerida. En el CAPM la prima de riesgo de equilibrio de la cartera de mercado es igual a la varianza de la cartera de mercado multiplicada por un promedio ponderado del grado de aversión al riesgo de los tenedores de riqueza A

$$E(r_M) - r_f = A\sigma_M^2 \quad (3.18)$$

La prima de riesgo de mercado puede cambiar con el tiempo, ya sea porque cambie la varianza del mercado o el grado de aversión al riesgo, o ambos. El CAPM explica la diferencia entre la tasa de interés libre de riesgo y la tasa esperada de rendimiento de la cartera de mercado; dado un nivel particular del rendimiento esperado del mercado, el CAPM se puede utilizar para determinar la tasa de interés libre de riesgo.

3.4.2 Beta y prima de riesgo de valores individuales

Los precios de equilibrio de activos y los rendimientos esperados son tales que los inversionistas experimentados mantienen los activos que tienen en sus carteras óptimas. Con la idea de que a los inversionistas se les debe compensar en términos del rendimiento esperado por asumir riesgos, se define el riesgo de un valor por la magnitud de su rendimiento esperado de equilibrio. Por consiguiente, el riesgo del valor A es mayor

que el riesgo del valor B si en equilibrio el rendimiento esperado de A excede el rendimiento esperado de B . Si se revisa la CML de la figura 13.5 entre las carteras óptimas (eficientes), cuanto más grande sea la desviación estándar de su rendimiento, más grande será el rendimiento esperado de equilibrio $E(r)$ y, por ende, más grande será el riesgo. Por lo tanto, el riesgo de una cartera eficiente se mide por su riesgo σ . Sin embargo, la desviación estándar del rendimiento no mide, por lo general, el riesgo de valores en el CAPM. En lugar de eso, la medida general del riesgo de un valor es la *beta* (β), la cual mide la relación existente entre el riesgo o rendimiento del activo financiero y del mercado en el cual se desarrolla, es decir, describe la sensibilidad del instrumento respecto al mercado. Técnicamente la beta describe la contribución marginal del rendimiento de ese valor a la desviación estándar del rendimiento de la cartera de mercado. Para el valor j la β está dada por

$$\beta_j = \frac{\sigma_{jM}}{\sigma_M^2} \quad (3.19)$$

Donde σ_{jM} representa la covarianza entre el rendimiento del valor j y el rendimiento de la cartera de mercado. β corresponde al coeficiente de regresión, con el rendimiento del mercado como variable independiente y el rendimiento del valor como la dependiente.

De acuerdo con el CAPM en equilibrio, la prima de riesgo de cualquier activo es igual a su beta multiplicada por la prima de riesgo de la cartera de mercado. La ecuación que expresa esta relación es

$$E(r_j) - r_f = \beta_j [E(r_M) - r_f] \quad (3.20)$$

La ecuación 3.20 se conoce como relación de la línea del mercado de valores (SML por sus siglas en inglés) y se describe en la figura 3.6.

Obsérvese que en dicha figura se traza la beta del valor en el eje horizontal y el rendimiento esperado en el vertical. La pendiente de la SML es la prima de riesgo de la cartera de mercado.

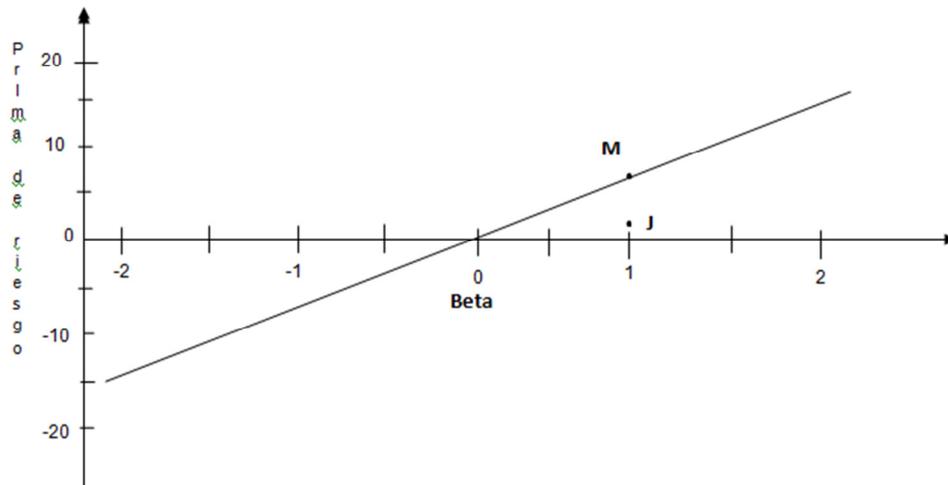


Figura 3.6. Línea de mercado de valores LMV (SML por sus siglas en inglés)

Fuente: Merton (2003).

Como se mencionó, la β muestra una medida proporcional de la sensibilidad del rendimiento realizado de un valor respecto de la cartera de mercado (ver tabla 3.1).

Tabla 3.1. Valores de Beta

Valor de β	Descripción
0	El rendimiento del activo financiero es independiente al mercado.
< 1	Los valores con esta β se llaman defensivos y sus rendimientos tienden a ser menores que los rendimientos de la cartera.
1	El activo financiero se comporta exactamente igual al mercado: si el mercado sube, el activo sube y sucede lo mismo cuando baja. Se dice que los valores con esta β tienen un riesgo promedio.
> 1	Los rendimientos del activo tienden a acentuar los de la cartera global de mercado, subiendo más en mercados a la alza y bajando más en mercados a la baja. Los valores con esta β se llaman agresivos.

Fuente: elaboración propia

Cualquier cartera que esté invertida en la SML (cualquier cartera formada por la combinación de la cartera de mercado y el activo sin riesgo) tiene una β igual a la fracción de la cartera invertida en la cartera de mercado.

Al evaluar el desempeño de los administradores de cartera, con base ajustada al riesgo, el CAPM sugiere una referencia simple basada en la CML. Consiste en comparar la tasa de rendimiento obtenida sobre la cartera administrada, con la tasa de rendimiento que se puede lograr combinando la cartera de mercado y el activo sin riesgo en proporciones que habrían producido la misma volatilidad. Este método requiere calcular la volatilidad de la cartera administrada durante el período relevante en el pasado y después averiguar cuál habría sido la tasa de rendimiento de una estrategia de combinar la cartera de mercado y el activo sin riesgo para producir una cartera con la misma volatilidad. Finalmente, se compara la tasa de rendimiento promedio de la cartera administrada con la tasa de rendimiento promedio de esa simple cartera de referencia.

3.4.3 Estrategia de indexación

En la práctica, la cartera de mercado, usada realmente para la medición del desempeño, es una cartera bien diversificada de acciones más que la cartera de mercado auténtica de todos los activos riesgosos. Resulta que ha sido difícil superar la estrategia simple de referencia; estudios del desempeño de los fondos de inversión de capitales administrados encuentran constantemente que la estrategia simple supera alrededor de dos tercios de los fondos. Como resultado, más individuos y fondos de pensión han adoptado la estrategia pasiva de inversión usada como referencia del desempeño. A este tipo de estrategia se le ha llamado *indexación* porque, con frecuencia, la cartera usada como sustituta de la cartera de mercado tiene las mismas ponderaciones que los bien conocidos índices del mercado de valores.

Como se ha visto, la CML proporciona una referencia conveniente para medir el desempeño de la cartera completa de activos de un inversionista. No obstante, los individuos y los fondos de pensiones con frecuencia usan administradores de carteras diferentes, cada uno de los cuales administra sólo una parte de la cartera en conjunto. Para medir el desempeño de esos administradores, el CAPM aconseja una referencia diferente: la SML.

Por (3.20) se sabe que cada activo tiene una prima de riesgo igual a su β multiplicada por la prima de riesgo de la cartera de mercado. La diferencia entre la tasa promedio del

rendimiento de un valor o una cartera de valores y su relación SML se conoce como *alfa* (α). Si un administrador de cartera puede producir de manera regular un α positivo, entonces su desempeño se juzga superior, incluso si la cartera administrada se desempeña mejor que la CML como una inversión independiente.

Considérese la forma en que un inversionista puede utilizar un fondo con un α positiva junto con una cartera de mercado y el activo sin riesgo para crear una cartera total que supere el desempeño de la CML. Por ejemplo, supóngase que la tasa libre de riesgo es de 6% anual, la prima de riesgo de la cartera de mercado es de 8% anual y la desviación estándar de la cartera de mercado es de 20% anual. Suponga que se tiene un fondo de inversión administrado con β de 0.5, α de 1% anual y una desviación estándar de 15%. Las figuras 3.7 y 3.8 muestran la relación del fondo con la SML y la CML. En ambas figuras, el punto *A* representa al fondo. En la figura 3.7 el fondo está arriba de la SML. El α del fondo se mide como la distancia vertical entre el punto *A* y la SML.

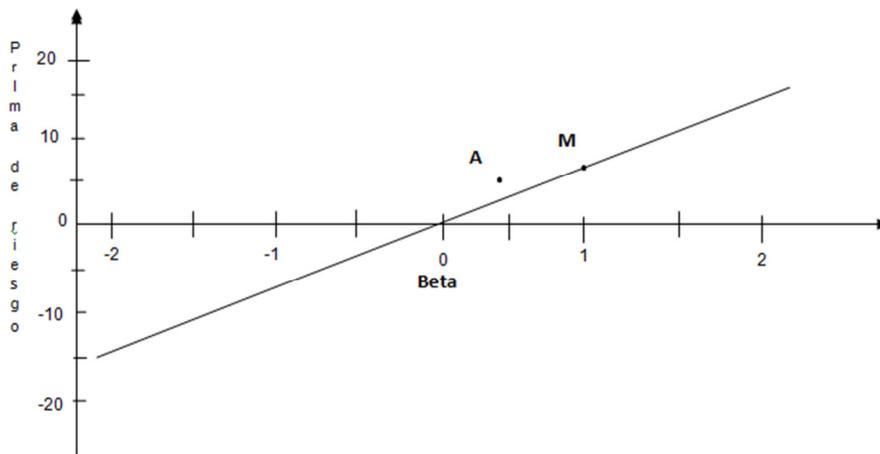


Figura 3.7. El fondo A y la línea de mercado de valores. La SML tiene una pendiente de 8% anual. El fondo A es un fondo de inversión administrado con β de 0.5, α de 1% anual
 Fuente: Hull (2009) y Merton (2003).

En la figura 3.8 el punto *A* está por debajo de la CML, y por consiguiente, no es eficiente. Un inversionista no querría el fondo *A* como una cartera total porque podría lograr un riesgo menor y/o un rendimiento esperado más alto con una la combinación de la cartera

de mercado y un activo sin riesgo. Sin embargo, mediante la combinación del fondo con la cartera de mercado en ciertas proporciones óptimas, puede lograr puntos que queden por arriba de la CML. El punto Q de la figura corresponde a la combinación óptima del fondo y la cartera de mercado. Al combinar esta cartera con el activo sin riesgo, los inversionistas pueden lograr combinaciones riesgo-rendimiento en cualquier lugar de la línea que una los puntos F Y Q que están por arriba de la CML. De este modo, si se puede tener una cartera con un α positiva se puede aventajar al mercado (*estrategia de indexación*).

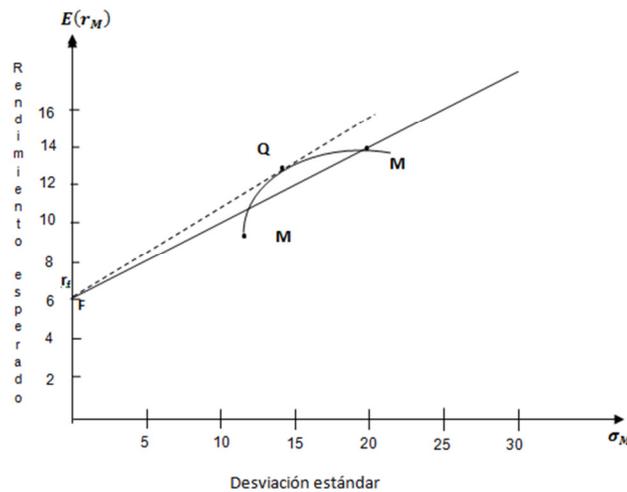


Figura 3.8. El fondo A y la línea de mercado de capitales (CML). La tasa libre de riesgo es de 6% anual, la prima de riesgo de la cartera de mercado es de 8% y la desviación de la cartera de mercado es de 20% anual. La CML tiene una pendiente de 0.4. El fondo A es un fondo de inversión administrado con una tasa esperada de rendimiento de 11% anual y un α de 15% anual
Fuente: Hull (2009) y Merton (2003).

3.4.4 Riesgos en un portafolio de inversión

Si se considera que el riesgo representa la posibilidad contingente de padecer un daño, en materia de portafolios de inversión el riesgo queda representado por la posibilidad de obtener resultados insatisfactorios en materia de rentabilidad, luego entonces es posible la obtención de una pérdida real de capital o una pérdida de oportunidad. El grado de riesgo de un portafolio está determinado por la participación que se tenga en valores de renta variable.

Para acciones o instrumentos derivados de éstas, la mayor parte del riesgo proviene de fuentes específicas que afectan las condiciones de la empresa o del sector económico al que pertenece. A este riesgo se le denomina riesgo asistemático. Otro tipo de riesgo que afecta prácticamente a todo el mercado se debe a factores políticos, macroeconómicos y sociales que afectan significativamente la percepción de las expectativas del público inversionista sobre cómo pueden éstos afectar las utilidades de las empresas. Esta porción del riesgo que afecta a todo el mercado se conoce como riesgo sistemático.

El riesgo más interesante es el asistemático, ya que puede manejarse y compensarse. Esta es precisamente la idea de formar un portafolio, que es un agrupamiento de inversiones que combina diferentes valores con el fin de maximizar el rendimiento probable y, a la vez, reducir el riesgo asistemático.

Una cartera eficiente es aquella que ofrece al inversionista la mayor tasa esperada de rendimiento con determinado nivel de riesgo. Las estrategias para disminuir el riesgo de un portafolio de inversión son las siguientes:

- Disminuir la participación en valores de renta variable a medida que éstos incrementen su valor.
- Incursionar en valores de renta variable con perspectivas de rentabilidad a largo plazo.
- Efectuar periódicamente las adecuaciones al portafolio, basándose en las perspectivas futuras de cada inversión.
- Realizar permanentemente evaluaciones individuales de los instrumentos de inversión componentes del portafolio.
- Definir y validar las premisas que fundamentan la tenencia de los diversos instrumentos de inversión en el portafolio.

3.4.5 Evaluación del desempeño de una cartera

No existe una definición de riesgo aceptada universalmente; sin embargo, una manera de considerar el riesgo de la rentabilidad de algún instrumento es la dispersión de la distribución de la frecuencia, es decir, cuánto se puede desviar un rendimiento determinado del rendimiento medio.

La desviación estándar es la forma más usual de representar la dispersión de una distribución normal. Para la distribución normal la probabilidad de tener una rentabilidad mayor o menor que el promedio por una determinada cantidad depende sólo de la desviación estándar.

Otra forma de medir el riesgo en un portafolio es en términos estadísticos a través de beta, que es la tendencia de una acción individual a covariar con el mercado, por ejemplo, con el Índice de precios y cotizaciones (IPyC) de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) que, de alguna manera, permite medir la rentabilidad del mercado accionario mexicano.

Una beta con un valor de uno tiende a subir y bajar en el mismo porcentaje que el mercado y las acciones con una beta menor a uno tienden a tener menor movimiento que el mercado en términos porcentuales. Asimismo, una acción o activo con una beta mayor a uno tiende a fluctuar más que el mercado.

La rentabilidad esperada de un título se relaciona positivamente con el riesgo, ya que se espera obtener mayor rentabilidad para aquellos títulos valor con riesgo mayor, es decir, que a mayor riesgo se espera mayor rentabilidad.

Para estimar el rendimiento esperado de la cartera de mercado se utiliza la siguiente fórmula:

Rendimiento esperado de mercado = Tasa libre de riesgo + Prima de riesgo esperada

$$\bar{r}_M = \bar{r}_{LR} + \text{prima de riesgo} \quad (3.21)$$

La tasa sin riesgo se toma de una tasa de un instrumento del mercado financiero que no implique riesgo en el pago de los intereses que tiene asignados desde su compra a su vencimiento en el momento de la valuación. Para el caso México, se toma la tasa de CETES, debido a que no existe riesgo en cuanto a falta de pago por parte del gobierno federal.

La prima de riesgo esperada normalmente se obtiene de estimaciones pasadas, para lo cual se calcula primero el rendimiento medio o promedio del mercado accionario. En este caso, algún índice bursátil en un periodo determinado; segundo, se compara con la tasa sin riesgo vigente al momento de la estimación y la diferencia se utiliza como prima de riesgo esperada.

3.5 Modelo de Black-Scholes

Un modelo para valorar opciones sobre acciones debe hacer algunos supuestos sobre la evolución de los precios de las acciones con el paso del tiempo. Uno de los modelos para fijar el precio de las opciones de acciones es el modelo de Black-Scholes, en donde la replicación de la cartera se ajusta continuamente con el tiempo. Black-Scholes considera una acción que no paga dividendos y asume que el rendimiento sobre la acción en un período corto se distribuye normalmente. Se asume que los rendimientos de dos períodos diferentes no superpuestos son independientes. Se define:

μ : rendimiento esperado sobre la acción

σ : volatilidad de la acción

La medida del rendimiento en el tiempo Δt es $\mu\Delta t$. La desviación estándar del rendimiento es $\sigma\sqrt{\Delta t}$. Por lo tanto, el supuesto subyacente al modelo Black-Scholes es que:

$$\frac{\Delta S}{S} = N(\mu\Delta t, \sigma^2\Delta t) \quad (3.22)$$

Donde ΔS es el cambio en el precio de la acción S en el tiempo Δt y $N(m, v)$ indica una distribución normal con media m y varianza v . Obsérvese que es la varianza del rendimiento, no su desviación estándar, la cual es proporcional a Δt .

El supuesto anterior implica que el precio de la acción en cualquier fecha futura tiene una distribución *logarítmica normal*. Una variable logarítmica normal sólo puede ser positiva y tiene la propiedad de que su logaritmo natural se distribuye normalmente. Por lo tanto, el supuesto de Black-Scholes para los precios de las acciones implica que $\ln S_T$ es normal, donde S_T es el precio de la acción en un tiempo futuro T

$$\ln S_T \sim N \left[\ln S_0 + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma^2 T \right] \quad (3.23)$$

Con S_0 el precio actual de la acción. La media y la desviación estándar de $\ln S_T$ están dadas por

$$E[\ln S_T] = \ln S_0 + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T \quad (3.24)$$

$$\text{Var}[\ln S_T] = \sigma^2 T \quad (3.25)$$

con base en la ecuación (3.23) y las propiedades de la distribución normal, se tiene que

$$\ln S_T - \ln S_0 \sim N \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma^2 T \right] \quad (3.26)$$

o equivalentemente

$$\ln \frac{S_T}{S_0} \sim N \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma^2 T \right] \quad (3.27)$$

Los supuestos que hicieron Black y Scholes cuando dedujeron su fórmula para la valuación de opciones fueron los siguientes:

1. El comportamiento del precio de la acción corresponde al modelo logarítmico normal con μ y σ constantes.
2. No hay costos de transacción ni impuestos. Todos los títulos son perfectamente divisibles.
3. No hay dividendos sobre la acción durante la vida de la opción.
4. No hay oportunidades de arbitraje libres de riesgo.
5. La negociación de valores es continua.
6. Los inversionistas pueden adquirir u otorgar préstamos a la misma tasa de interés libre de riesgo.
7. La tasa de interés libre de riesgo a corto plazo r es constante.

3.5.1 Fórmulas de valuación de Black-Scholes

Las fórmulas de Black-Scholes para calcular los precios de opciones de compra y de venta europeas sobre acciones que no pagan dividendos son:

$$c = SN(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2) \quad (3.28)$$

$$p = Ke^{-rT}N(-d_2) - SN(-d_1) \quad (3.29)$$

donde

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (3.30)$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/K) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (3.31)$$

con

c precio de la opción de compra

p precio de la opción de venta

S precio de la acción

K precio de ejercicio

r tasa de interés libre de riesgo (tasa anualizada con capitalización continua de un activo seguro con el mismo vencimiento que la opción)

T tiempo faltante en años para el vencimiento de la opción

σ desviación estándar de la tasa anualizada con capitalización continua de la acción

$N(d_i)$ función de probabilidad acumulativa para una variable normal estandarizada

De lo anterior, se observa que el rendimiento esperado de la acción no aparece de manera explícita en la fórmula de valuación de opciones. Su efecto se transmite a través del precio de la acción: cualquier cambio en las expectativas acerca del precio futuro de la acción o del rendimiento esperado requerido de la acción, ocasionará que cambie el precio de la acción y, en consecuencia, que cambie el precio de la opción de compra; sin embargo, en cualquier precio dado de la acción, el de la opción se puede obtener sin conocer el rendimiento esperado de dicha acción. Además la ecuación es independiente de todas las variables afectadas por las preferencias al riesgo, llamado valoración del riesgo neutro.

Como ya se mencionó, el valor teórico de una opción es un número producido por un modelo de valuación de opciones, el cual difiere según el modelo utilizado. El modelo de Black- Scholes requiere de los siguientes elementos para el cálculo del valor teórico:

- Precio de ejercicio.
- Precio del subyacente.
- Tasa de interés.
- Tiempo hasta la expiración.
- Volatilidad.

Cualquiera que tome una posición en un futuro subyacente sólo tiene una preocupación: que el mercado se mueva en una dirección incorrecta. Si tiene una posición comprada, entonces tiene el riesgo de una disminución en el mercado. Si tiene una posición vendida, entonces tiene el riesgo de un aumento en el mercado.

Existe una gran variedad de fuerzas que pueden afectar el valor de una opción. Si se usa un modelo de valuación de opciones, cualquier entrada que se ingrese al modelo puede ser incorrecta. Aun si las entradas han sido correctamente estimadas, es posible que a través del tiempo las condiciones del mercado cambien, afectando de manera adversa el valor de la posición en opciones. Las condiciones cambiantes del mercado afectan al valor de una opción como se muestra en la tabla 3.2

Tabla 3.2. Efectos generales de las condiciones cambiantes del mercado en el valor de una opción

	CALL	PUT
Precio del futuro aumenta	aumenta	disminuye
Precio del futuro disminuye	disminuye	aumenta
Volatilidad en alza	aumenta	aumenta
Volatilidad bajista	disminuye	disminuye
Tiempo	disminuye	disminuye

Fuente: elaboración propia

A medida que el precio del subyacente aumenta o disminuye, es más o menos probable que las opciones terminen at-the-money, en consecuencia, su valor aumenta o disminuye. En el caso de un call, su valor se mueve en la misma dirección que el futuro

subyacente, por lo tanto, un cambio en el precio del futuro hace que la curva del valor de la opción se mueva hacia arriba o hacia abajo, como puede observarse en la figura 3.9

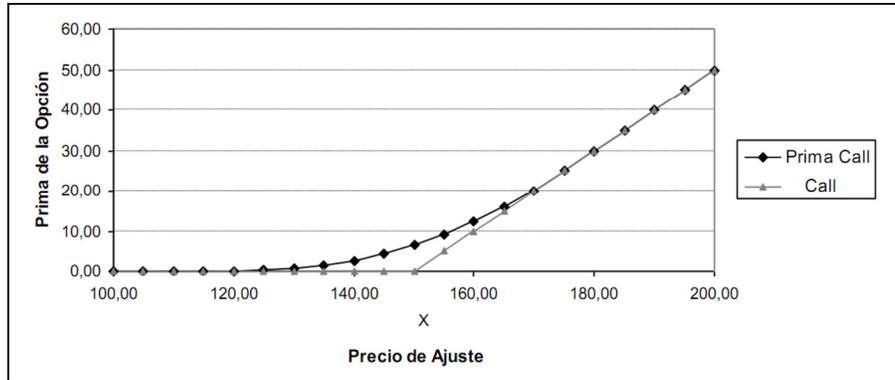


Figura 3.9. Prima de un call ante cambios en el precio del subyacente.

En el caso de un put, su valor se mueve en sentido opuesto a los cambios en el precio del subyacente, como se ve en la figura 3.10.

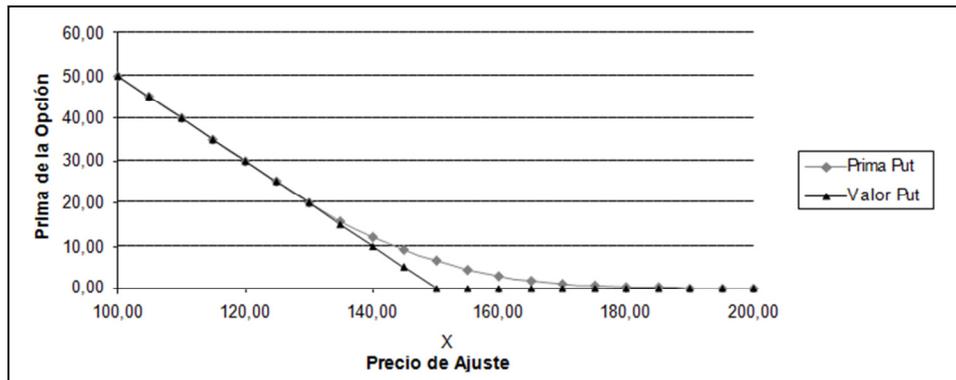


Figura 3.10. Prima de un put ante cambios en el precio subyacente.

En ambos casos, el cambio en el valor de la opción es generalmente más pequeño que el correspondiente cambio en el precio del subyacente y, a su vez, dicho cambio es diferente a distintos precios del subyacente. A medida que aumenta la volatilidad aumenta el valor de una opción, como puede verse en la figura 3.11.

Tiempo hasta la expiración

A medida que se acerca la expiración, el valor de una opción disminuye. La prima de una opción está compuesta por valor intrínseco y valor tiempo. A medida que se acerca la expiración, el valor tiempo de la opción se aproxima a cero, por lo tanto, la

opción sólo está compuesta por valor intrínseco.

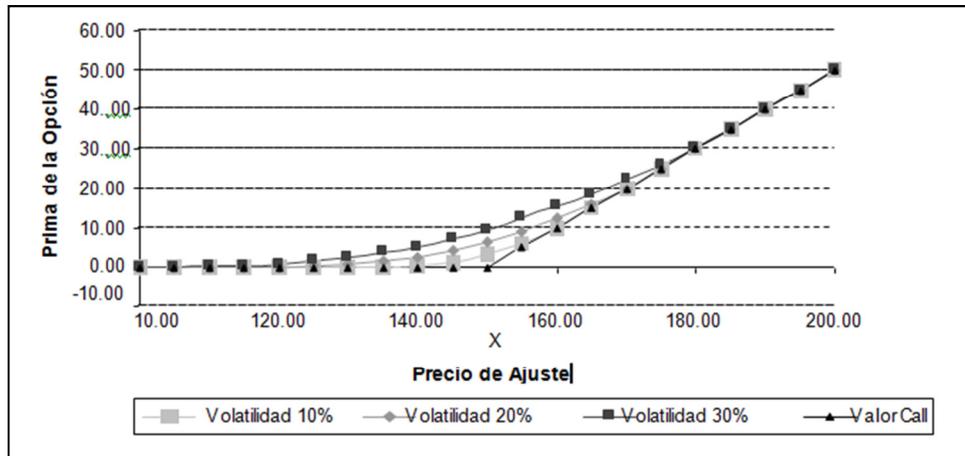


Figura 3.11. Prima de un call ante cambios en la volatilidad

Tasa de interés

La tasa de interés:

- Afecta al precio futuro del contrato subyacente.
- Afecta al costo de traslado del activo subyacente.

Lo anterior significa que la tasa de interés varía según el instrumento subyacente y según el procedimiento de liquidación, por lo que no es posible generalizar sobre sus efectos.

Se ha mencionado que el valor de una opción es determinado por un número de variables: precio del subyacente, precio de ejercicio de la opción, tasa de interés, número de días hasta la expiración y volatilidad del subyacente. Dichas variables pueden afectar el valor de una opción. Las letras griegas (también llamadas las griegas) son un conjunto de herramientas que permiten determinar el riesgo de una posición en opciones.

3.6 Las letras griegas

Las griegas son coeficientes que miden la sensibilidad de las opciones: sensibilidad ante cambios en el precio, ante cambios en la volatilidad, ante el paso del tiempo, etc. Para cuantificar la sensibilidad del valor de la opción a la variación de alguno de los parámetros se utiliza la derivada parcial del valor de la opción con respecto a la variable que se está examinando. Las letras griegas: delta, gamma, theta, vega (o kappa) y rho permiten

evaluar no solo la dirección de un cambio en el precio del subyacente, sino también la magnitud relativa de ese cambio y, así, determinar los riesgos asociados tanto con opciones individuales como con posiciones complejas.

3.6.1 DELTA

La delta de una opción sobre una acción es la relación entre el cambio de precio de la opción y el cambio de precio de la acción subyacente. La delta cambia con el paso del tiempo y se calcula como la primera derivada parcial de la fórmula de Black-Scholes con respecto al precio

$$\text{delta} = \Delta = \frac{\partial c}{\partial S} = N(d_1) > 0 \quad (3.32)$$

de aquí se tiene que *cuando $S \rightarrow 0$, entonces $C \rightarrow 0$ y $\Delta \rightarrow 0$*
cuando $S \rightarrow \infty$, entonces $C \rightarrow \infty$ y $\Delta \rightarrow 1$

La pendiente de la curva relaciona el precio de la opción con el precio del activo subyacente. Supóngase que la delta de una opción de compra sobre una acción es de 0.6. Esto significa que cuando el precio de la acción cambia en un monto pequeño, el precio de la opción cambia alrededor de 60% de ese monto. La figura 3.12 muestra la relación entre el precio de una opción de compra y el precio de la acción subyacente. Cuando el precio de la acción corresponde al punto *A*, el precio de la opción corresponde al punto *B* y Δ es la pendiente de la línea indicada.

La delta de una opción de compra es positiva, en tanto que la delta de una opción de venta es negativa. Existen varias definiciones sobre la delta de una opción:

1ª Definición: Delta como *razón de cambio*. Es el cambio en el valor de una opción dado un cambio de una unidad en el precio del contrato subyacente.

En teoría, una opción no puede ganar o perder valor más rápido que el subyacente, por eso la delta de un call tiene un límite superior de 1. Una opción con delta igual a 1 cambia un punto por cada punto en que cambia el precio del subyacente. Se moverá al 100% del

índice del subyacente. Supuestamente un call no puede moverse en dirección opuesta a la del mercado, por ello delta tiene un límite inferior igual a cero. Un call con delta igual a 0 se moverá insignificanemente, aún si el subyacente tiene grandes movimientos. Un call at-the-money tiene delta igual a 0.5, es decir, aumenta o disminuye en valor justo a la mitad del índice del subyacente. En la figura 3.13 se puede observar delta de un call comprado.

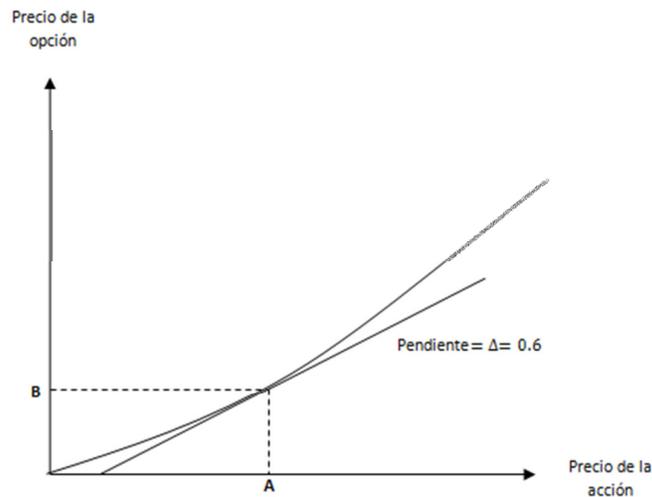


Figura 3.12. Cálculo de la delta
Fuente: Hull (2009) y.

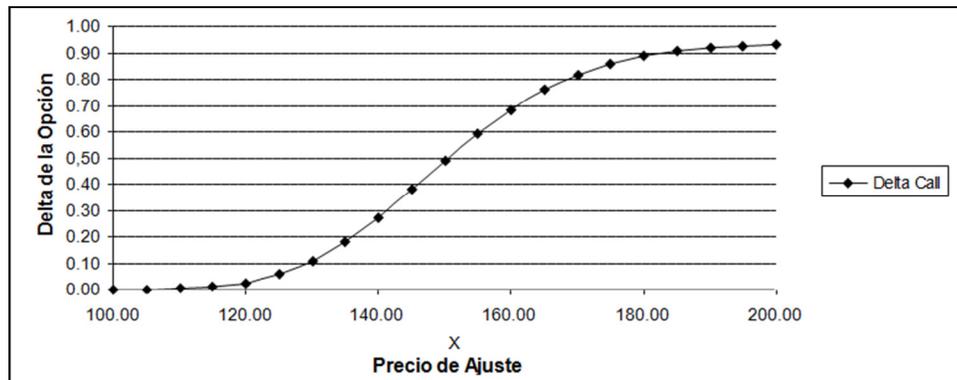


Figura 3.13. Delta de un call comprado.
Fuente: Elaboración propia basado en Hull (2009) y Merton (2003).

Un put tiene las mismas características que un call, excepto que su valor se mueve en sentido opuesto al del subyacente. Por eso los puts tienen deltas negativas que van desde cero para puts out-of-the-money hasta -1 para puts in-the-money. Un put at-the-

money tiene un delta igual a -0.5 . Por ejemplo, un put con un delta de -0.10 cambiará su valor a un 10% del cambio producido en el subyacente, pero en dirección opuesta; si el subyacente aumenta 0.50, el put perderá 0.05 en valor. La figura 3.14 muestra el delta de un put comprado.

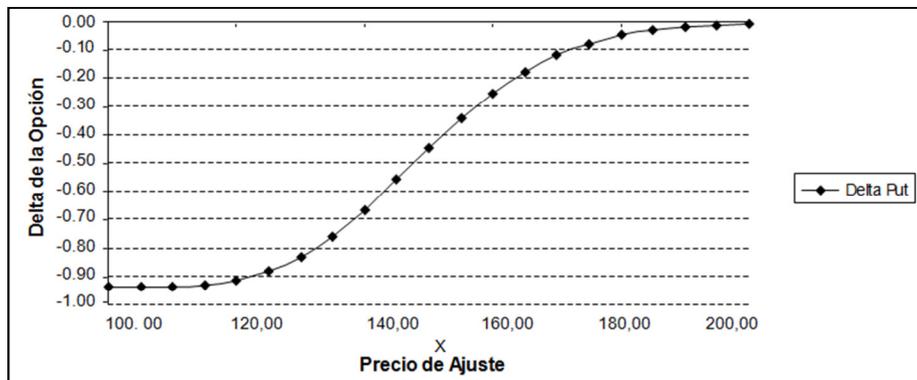


Figura 3.14. Delta de un put comprado.

2ª Definición: Delta como *razón de cobertura*. Representa el número de contratos subyacentes que una opción requiere para establecer una cobertura neutral. Aquí se usa delta para diseñar posiciones que estén protegidas contra movimientos en el precio del subyacente.

Un contrato subyacente tiene siempre una delta igual a 1, por ello la razón de cobertura puede determinarse dividiendo 1 por la delta de la opción. Por ejemplo, supóngase una opción Call at-the-money con una delta igual a 0.50. La razón de cobertura será $1/0.50 = 2/1$, por cada dos opciones que se compren, se deberá vender un contrato subyacente para establecer una cobertura neutral.

Como los puts tienen deltas negativos, la compra de un put requiere, para cubrir la posición, comprar contratos subyacentes. Así, si se tiene un put con una delta de -0.75 , el ratio de cobertura será $1/0.75 = 4/3$, entonces, se deben comprar 3 subyacentes por cada 4 puts comprados. Cualquier cobertura, ya sea opciones con opciones u opciones con futuros será delta neutral si la suma de todos los deltas de la misma da igual a 0.

3ª Definición: Delta como equivalente de una posición en el subyacente. Indica el riesgo de una posición en opciones expresado en unidades del subyacente. Si un subyacente tiene una delta de 1 por cada 1 delta en opciones se tiene un subyacente.

Suponga que se compran 10 contratos de opciones con una delta de 0.5 cada una; se estarán comprando en 5 deltas, es decir, se habrán comprado 5 contratos subyacentes. Sería lo mismo si se venden 20 puts con una delta de -0.25 , ya que: $-20x - 0.25 = +5$.

Se debe tener en cuenta que una posición en el subyacente es sensible sólo a movimientos en el precio, mientras que una posición en opciones es sensible también a otras condiciones cambiantes del mercado. Por ello, delta representa un equivalente del subyacente sólo bajo ciertas condiciones del mercado.

4ª DEFINICION: El delta es aproximadamente la posibilidad de que una opción termine *in-the-money*. Así por ejemplo, un call con una delta de 0.25 tiene aproximadamente un 25% de probabilidad de terminar en el dinero.

Factores que cambian la delta de una opción

La delta de una opción no solo varía ante cambios en el precio del subyacente, sino también ante el paso del tiempo (cuando se acerca la expiración) y ante distintos niveles de volatilidad:

- En el caso de un call, la delta de una opción *in-the-money* aumenta y la delta de una opción *out-of-the-money* disminuye.
- En el caso de un put, la delta de una opción *in-the-money* aumenta y la delta de una opción *out-of-the-money* disminuye, siempre considerando valores absolutos.

La figura 3.15 muestra la variación de la delta con el tiempo al vencimiento de opciones de compra *in the money*, *at the money* y *out of the money*. El hecho de que la delta de una opción cambie a través del tiempo significa que la exposición al mercado de la posición también cambia a través del tiempo; por consiguiente, una posición que esté

cubierta hoy tal vez no lo esté mañana. Esto se soluciona recalculando la exposición de la posición cada día y agregando posiciones compradas o vendidas en opciones o en el subyacente para reajustar la exposición al mercado de la posición.

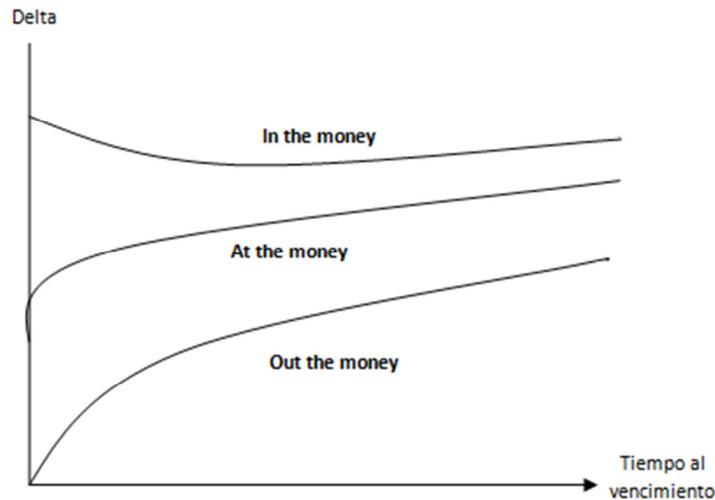


Figura 3.15. Patrones típicos de la variación de la delta con el tiempo al vencimiento de una opción de compra.

3.6.2 GAMMA

Se refiere a la curvatura de una opción. Es la razón de cambio de la delta de una opción ante cambios en el precio del subyacente. Gamma indica el número de acciones en que se ha de variar la cartera cuando el precio de la acción varía. Está expresada en deltas ganadas o perdidas por cada punto de cambio en el subyacente, con una delta creciente en la suma de la gamma si el precio del subyacente aumenta, y con una delta decreciente en la suma de la gamma si el precio del subyacente disminuye. Supóngase una opción con delta de 0.25 y gamma de 0.05, por cada punto de cambio en el subyacente la opción gana 0.05 deltas, por lo tanto la nueva delta será de 0.30.

Si la gamma es igual a cero, la delta de la opción no cambia. Si la gamma es muy alta, la delta de la opción cambia rápidamente ante cambios en el precio del subyacente. Se define gamma de una opción como la derivada de delta con respecto al precio de la acción

$$Gamma = \Gamma = \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} = \frac{\partial \Delta}{\partial S} \quad (3.33)$$

Una posición comprada en opciones tiene una gamma positiva. Esto significa que la posición delta se mueve en la misma dirección que el precio del subyacente, es decir, la posición gana si el precio aumenta o disminuye. Una posición vendida en opciones tiene una gamma negativa. Esto significa que la delta se mueve en sentido opuesto al del cambio en el precio del subyacente, es decir, la posición pierde si el precio del subyacente aumenta o disminuye. Una posición gamma negativo prefiere que el mercado se mantenga estable.

Tener una gamma positiva o negativa grande depende de la capacidad del operador, la cual, a su vez, depende de la cantidad de contratos que normalmente negocia, de los riesgos a corto plazo que puede soportar y de la liquidez del mercado.

3.6.3 THETA

Es la razón a la cual una opción pierde valor por el paso del tiempo. Es la cantidad de dinero que una posición gana o pierde en un día, manteniendo constantes las demás condiciones del mercado. Si se tiene compra en opciones, entonces theta es negativa ya que la posición pierde valor por el transcurso de un día. Si se tiene venta en opciones, theta será positiva, pues la posición gana valor en el transcurso del día. Para cuantificar cómo cambia el precio de la opción con respecto al tiempo hasta la expiración, se puede representar como la derivada parcial de la fórmula Black-Scholes con respecto al tiempo

$$Theta = \theta = \frac{\partial c}{\partial T} \quad (3.34)$$

nótese que

$$cuando T \rightarrow 0 \text{ entonces } c \rightarrow \text{Máx}[S - K, 0] > 0$$

$$cuando T \rightarrow \infty \text{ entonces } c \rightarrow S$$

Al acercarse la expiración, el gamma de un opción at-the-money crece. Lo mismo ocurre con Theta. En una opción *at-the-money* siempre existe un 50% de probabilidad de que la opción termine in- the-money. Por esto, las opciones at-the-money decrecen en valor más lentamente que las opciones in o *out-of-the-money* y su theta va creciendo con el tiempo, principalmente al momento de la expiración. En el caso de las opciones in y out-of-the-money su suerte está decidida mucho antes; por tanto, pierden casi todo su

valor tiempo antes de la expiración.

Como principio general, se puede decir que una opción tiene una gamma y una theta de signos opuestos. Existe una carrera entre tiempo y volatilidad, donde el tiempo destruye valor y la volatilidad, en la forma de movimientos en los precios, crea valor.

3.6.4 VEGA

Se define como el cambio en el valor de una opción por cada punto porcentual de cambio en la volatilidad del contrato subyacente. A medida que aumenta la volatilidad, aumenta la vega de una opción. Opciones at-the-money tienen mayor vega que opciones in o out-of-the-money.

La vega de una opción disminuye a medida que se acerca la expiración; más tiempo hasta la expiración significa más tiempo para la volatilidad para hacer efecto, menos tiempo significa que cualquier cambio en la volatilidad sólo tendrá un pequeño efecto en el valor de una opción. Para cuantificar la variación del precio de la opción cuando se produce un cambio en la volatilidad, se deriva la expresión de Black-Scholes con respecto a la volatilidad

$$Vega = v = \frac{\partial c}{\partial \sigma} \quad (3.35)$$

Si la vega es positiva, entonces el valor de la posición aumenta si la volatilidad aumenta, y disminuye si la volatilidad disminuye. Si la vega es negativa, entonces el valor de la posición disminuye si la volatilidad aumenta, y aumenta si la volatilidad disminuye.

3.6.5 RHO

Muestra la sensibilidad del valor teórico de una opción ante cambios en la tasa de interés. Comparado con un cambio en el precio o con un cambio en la volatilidad, un cambio en la tasa de interés casi no tiene efecto en el valor de una opción, menos efecto si se trata de una opción sobre contratos de futuros. En el caso de una opción sobre futuros, el valor de una opción, tanto para calls como para puts, disminuye ante aumentos en la tasa de interés. Para cuantificar exactamente la variación del precio de la opción cuando varía la tasa de interés, se calcula la derivada parcial de la fórmula de

Black-Scholes con respecto al tipo de interés:

$$Rho = \rho = \frac{\partial c}{\partial r} \quad (3.36)$$

y se tiene:

$$\text{cuando } r \rightarrow \infty \text{ entonces } c \rightarrow S$$

De aquí, se tiene que cuando el tipo de interés tiende a infinito, el valor actual del precio de ejercicio es cero, con lo cual el valor de la opción será igual al precio de la acción.

Conocer las griegas de una posición en opciones puede ayudar al operador a determinar, de antemano, cómo la posición reaccionará ante condiciones cambiantes del mercado. En este tipo de análisis las opciones tienen su mayor sensibilidad ante los distintos cambios cuando se encuentran at-the-money. Esto es así ya que en ese punto la incertidumbre es máxima, las opciones tienen las mismas probabilidades de terminar in o out-of-the-money a la expiración; por ende, ante pequeñas variaciones, el valor de la opción puede cambiar trágicamente. Las griegas permiten describir el riesgo de posiciones simples o complejas, así como determinar cómo cubrir una posición con opciones simples compradas o vendidas.

3.7 Cobertura

3.7.1 Cobertura Delta

La delta representa el número de unidades de la acción que se deben mantener para cada opción vendida en corto para crear una cobertura libre de riesgo. Como se sabe, delta cambia con el paso del tiempo, entonces, para mantener una cobertura libre de riesgo usando una opción y una acción subyacente, se necesita ajustar periódicamente el número de acciones que se tienen. La creación de una cobertura libre de riesgo que cambie con el tiempo se conoce como *cobertura dinámica (delta hedging)*.

Se tiene que existe un precio de mercado y un valor teórico de la opción. El valor teórico es el valor que se obtiene al utilizar el modelo de Black-Scholes; por lo tanto, es determinado por la estimación acerca de la volatilidad futura del subyacente. Recuérdese que los dos determinantes primarios del valor de una opción son:

- El precio del subyacente.
- La volatilidad del subyacente.

Se tiene que tanto el precio de ejercicio y el tiempo hasta la expiración son iguales para todos los involucrados; la tasa de interés se supone constante a lo largo de la vida de la opción, sólo queda la volatilidad, que surge de una estimación que cada interesado realiza. Por eso se dice que lo que se está negociando cuando se opera con opciones es la volatilidad del mercado. Para poder apostar a la volatilidad se debe eliminar el efecto de los cambios en el precio del subyacente. Esto se hace estableciendo y manteniendo posiciones que tengan una exposición al mercado igual o cercana a cero; este tipo de posiciones se llaman *delta neutral*. Las ganancias/pérdidas de estas posiciones no cambian, dados pequeños cambios en el precio del subyacente. Si esto se hace correctamente, para pequeños cambios en el precio del subyacente, el aumento o disminución en el valor de la posición se compensará exactamente con la disminución o aumento en el valor de la posición opuesta. Es importante observar que, como la delta cambia, la posición del inversionista permanece con una cobertura *delta neutral* sólo durante un período relativamente corto, por ello, la cobertura debe ajustarse periódicamente, es decir, hacer una *cobertura dinámica*.

En este análisis se debe suponer que la estimación de la volatilidad que realiza cada operador es la correcta; por tanto, existirán diferencias entre el precio de mercado y el valor teórico de una opción o, lo que es lo mismo, entre la volatilidad implícita y la volatilidad estimada. La volatilidad implícita es la volatilidad del mercado y es la volatilidad que se debe ingresar al modelo para obtener un valor teórico idéntico al precio de mercado de la opción. Para obtener ganancias de la diferencia entre las volatilidades, lo que se hace es comprar opciones *subvaluadas*, es decir, aquellas opciones que se negocian a un precio menor que su valor teórico, o lo que es lo mismo, cuya volatilidad estimada es mayor a la volatilidad implícita y se venden opciones *sobrevaluadas*, esto es, aquellas que se negocian a precios mayores que su valor teórico, cuya volatilidad estimada es menor que la volatilidad implícita. De esta forma, se asegura que a *largo plazo* se obtendrá como ganancia esa diferencia entre precios.

Para que la posición sea *delta neutral*, es decir que las ganancias/pérdidas de la misma no varíen ante pequeños cambios en el precio del subyacente se hace lo siguiente

1° Se cubre la compra o venta de una opción, eliminando la exposición al mercado de esa posición. De esta manera, se eliminan los efectos de cambios favorables o desfavorables en el precio del subyacente y es seguro que las ganancias potenciales no serán absorbidas por movimientos adversos en los precios.

Para cubrir una posición en opciones se debe tomar una posición opuesta en el mercado. Esto se puede hacer tomando la posición opuesta en el subyacente como también cubrirse con otras opciones que sean teóricamente equivalentes al instrumento subyacente. Como se dijo anteriormente, la proporción correcta de opciones que se necesitan para establecer una cobertura neutral se conoce como *razón de cobertura*, que es una de las definiciones de la delta.

La razón de cobertura se determina dividiendo 1 (delta del futuro) por la delta de la opción. Por ejemplo, se venden 4 calls con un delta de 0.75. La exposición al mercado es: $-4 \times 0.75 = -3$, es decir, se tiene una pérdida en el mercado. Supóngase que hay disponibles puts con una delta de -0.25 . Para cubrirse se necesita una posición opuesta en el mercado; por lo tanto, se venden puts: $\frac{3}{0.25} = 12$, es decir, se deben vender 12 puts. Entonces la posición queda como se aprecia en la tabla 3.3

Tabla 3.3. Escenarios por cobertura delta

	Posición Delta	
Se venden 4 calls	$-4 \times 0.75 =$	- 3
Se venden 12 puts	$-2 \times 0.25 =$	3
	total	0

Fuente: elaboración propia.

2°: Se reajusta la exposición al mercado de toda la posición a cero cada vez que se desbalancea. Los ajustes se hacen principalmente para asegurar que la posición se mantenga delta neutral. Se debe recordar que una volatilidad alta significa mayores

fluctuaciones en los precios, lo que resulta en más y mayores ajustes.

Un ajuste con opciones puede reducir el riesgo delta, pero también cambia los otros riesgos asociados con la posición. Cuando se agrega o quita una opción de una posición, necesariamente cambia el total de delta, gamma, theta y vega de la posición.

Black and Scholes mostraron que era posible establecer una cartera libre de riesgo que consiste en una posición en una opción sobre una acción y una posición en la acción. Expresado en términos de Δ , la cartera de Black-Scholes está dado como

$$\begin{cases} -1: \text{opción} \\ +\Delta: \text{unidades de la acción} \end{cases}$$

Usando la terminología de delta, se concluye que Black y Scholes valoraron opciones estableciendo una posición delta neutral y demostrando que el rendimiento sobre la posición debe ser la tasa de interés libre de riesgo.

3.7.1.1 Delta de opciones europeas sobre acciones

En el caso de una acción de compra europea sobre una acción que no paga dividendos se tiene que

$$\Delta = N(d_1) \tag{3.37}$$

La cual proporciona la delta de una posición larga en una opción de compra. La delta de una posición corta en una opción de compra es $-N(d_1)$. El uso de la cobertura delta para una posición larga en las opciones implica mantener una posición corta en $N(d_1)$ acciones por cada opción comprada. Del mismo modo, el uso de la cobertura delta para una posición corta en las opciones implica mantener una posición larga en $N(d_1)$ acciones por cada opción vendida.

En el caso de una opción de venta europea sobre una acción que no paga dividendos, la delta se obtiene por medio de

$$\Delta = N(d_1) - 1 \tag{3.38}$$

La delta es negativa, lo que significa que una posición larga en una opción de venta debe cubrirse con una posición larga en la acción subyacente y una posición corta en una opción de venta debe cubrirse con una posición corta en la acción subyacente. La figura 3.16 muestra la variación de la delta de una opción de compra y de una opción de venta con el precio de la acción. La cobertura delta tiene como objetivo mantener el valor de la posición del inversionista tan constante como sea posible

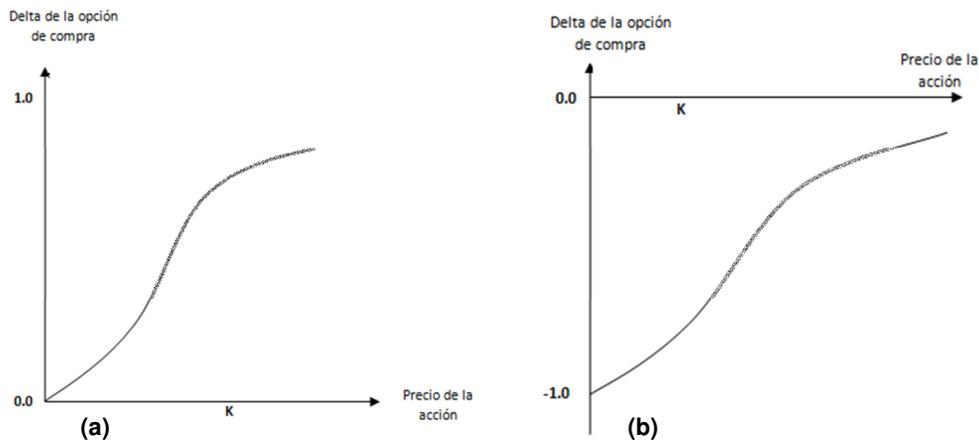


Figura 3.16. Variación de la delta con el precio de la acción para una a) opción de compra y b) opción de venta sobre una acción que no paga dividendos

3.7.1.2 Delta de una cartera

La delta de una cartera de opciones cuyo precio es S se obtiene por medio de $\frac{\Delta\Pi}{\Delta S}$ donde ΔS es un pequeño cambio en el precio del activo y $\Delta\Pi$ es el cambio resultante en el valor de la cartera. La delta de la cartera puede calcularse a partir de las deltas de las opciones individuales incluidas en la cartera. Si una cartera consiste en una cantidad w_i de la opción i ($1 \ll i \ll n$), la delta de la cartera se obtiene

$$\Delta = \sum_{i=1}^n w_i \Delta_i \quad (3.39)$$

donde Δ_i es la delta de la i^{ma} opción. La fórmula se usa para calcular la posición en el activo subyacente que se requiere para hacer que la delta de la cartera sea igual a cero. El mantenimiento de una posición delta neutral en una sola opción y el activo subyacente, tiende a ser excesivamente caro debido a los costos de transacción incurridos en las transacciones. La neutralidad delta es más factible para una cartera grande de opciones.

Sólo se requiere una transacción en el activo subyacente para hacer que la delta de toda la cartera sea igual a cero. Los costos de transacción de la cobertura se absorben por los beneficios obtenidos en diversas transacciones.

3.7.2 Creación sintética de opciones como seguro de un portafolio de inversión

Cuando se está interesado en adquirir una opción de venta sobre una cartera para protegerse contra caídas del mercado y al mismo tiempo conservar la posibilidad de obtener una ganancia si el mercado tiene un buen desempeño, se puede crear una opción sintética, la cual es utilizar una estrategia que consiste en comprar opciones de venta sobre un índice de mercado como el índice IPyC.

La creación sintética de una opción implica mantener una posición en el activo subyacente de modo que la delta de la posición sea igual a la delta de la opción requerida. La posición necesaria para crear una opción sintéticamente es la contraria a la que se requiere para cubrirla: esto se debe a que el procedimiento para cubrir una opción implica la creación sintética de una opción igual y opuesta. Hay dos razones por las que resulta más conveniente crear sintéticamente la opción de venta requerida que comprarla en el mercado:

1. Los mercados de opciones no siempre tienen la liquidez para absorber las transacciones que se requieren para administrar fondos grandes.
2. Con frecuencia, se requieren diferentes precios y fechas de ejercicio que las que están disponibles en los mercados de opciones cotizadas en bolsa.

La opción sintética puede crearse por la negociación de la cartera. La delta de una opción de venta europea sobre la cartera es:

$$\Delta = e^{-qT} [N(d_1) - 1] \quad (3.40)$$

donde d_1 está dado como en la ecuación 3.30.

Para crear sintéticamente la opción de venta, el administrador de fondos debe garantizar que en un momento dado se haya vendido una proporción $e^{-qT} [N(d_1) - 1]$ de las acciones incluidas en la cartera original y que los ingresos se inviertan en activos libres de

riesgo. A medida que disminuye el valor de la cartera original, la delta de la opción de venta, proporcionada por la ecuación 3.40 se vuelve más negativa, por lo que debe incrementarse la proporción de la cartera original vendida. Conforme aumenta el valor de la cartera original, la delta de la opción de venta se vuelve menos negativa, por lo que debe reducirse la proporción de la cartera original vendida (es decir, parte de la cartera original debe readquirirse).

El uso de esta estrategia para crear un seguro de cartera significa que en un momento dado los fondos se dividen entre la cartera de acciones sobre la que se requiere el seguro y los activos libres de riesgo. A medida que aumenta el valor de la cartera de acciones, se venden activos libres de riesgo, por lo que aumenta la posición en la cartera de acciones. A medida que disminuye el valor de la cartera de acciones, se compran activos libres de riesgo, por lo que disminuye la posición en la cartera de acciones. El costo del seguro surge del hecho de que siempre se vende después de una caída del mercado y se compra después de un repunte del mismo.

Capítulo 4. Metodología sistémica

METODOLOGIA DE SISTEMAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS ECONÓMICO-FINANCIEROS

Los problemas económico-financieros han sido estudiados bajo enfoques de sistemas duros que utilizan las técnicas tradicionales del método científico y del paradigma de la ciencia. Los sistemas duros se identifican como aquellos en que interactúan hombres y maquinas, en los que se les da mayor importancia a la parte tecnológica en contraste con la parte social. El componente social de estos sistemas se considera como si la actuación o comportamiento del individuo o del grupo social solo fuera generador de estadísticas. En cambio, los sistemas suaves se identifican como aquellos en que se le da mayor importancia a la parte social. El componente social de estos sistemas se considera la primordial. El comportamiento del individuo o del grupo social se toma como un sistema con fines, con voluntad, un sistema con propósitos, capaz de desplegar comportamientos, actitudes y aptitudes múltiples, que no solo es capaz de escoger medios para alcanzar determinados fines, sino que también es capaz de seleccionar y cambiar sus fines.

El enfoque de sistemas, posee conceptos e ideas que sirven para el tratamiento de sistemas duros o suaves. La metodología sistémica propuesta se realizó bajo el enfoque de sistemas suaves (Metodología de Sistemas Suaves de Checkland) incluyendo en una de sus etapas el estudio de los sistemas rígidos para dar solución a problemas económico-financieros. La metodología se divide en dos partes: el pensamiento sistémico y la visión real. En el pensamiento sistémico se aplican todos los conceptos sistémicos usados para el análisis del problema así como las teorías necesarias para su estudio. En la visión real se define, analiza y se soluciona el problema en su entorno, así como se valida la solución cuantitativa del problema.

Parte 1. Pensamiento Epistemológico

ETAPA 1 PENSAMIENTO EPISTEMOLÓGICO

Paso 1 Problemática

Se puede considerar que existe un problema financiero cuando se generan pérdidas monetarias debidas a diferentes causas, tanto en organizaciones e instituciones de gobierno como en la iniciativa privada. Esto provoca la necesidad de implementar actividades para tomar decisiones y/o generar medidas que contribuyan con la solución a dicho problema. Sin embargo, en muchos de los casos el origen y la solución al problema no están precisamente en donde éste está causando estragos. Por esta razón el primer paso de esta metodología es iniciar con un análisis de lo que está sucediendo y por qué está sucediendo, ubicando el ambiente, las necesidades existentes, lo que está causando el problema y las dificultades pertenecientes al problema bajo estudio. Es importante mencionar que en esta etapa la opinión de expertos en la materia es fundamental para entender la naturaleza en la que se genera la situación problemática. Bajo estas circunstancias hay algunas interrogantes que deben ser contestadas para identificar debidamente la situación problemática y posteriormente darle una solución en las etapas subsecuentes:

¿Cuál es el problema a resolver?

¿En dónde se está presentando el mayor impacto?

¿Cómo se originó el problema o qué está causando el problema?

¿Quiénes son los involucrados?

Paso 2: Conceptos

Debido a que el análisis propuesto es bajo un enfoque sistémico, se hacen indispensables los conceptos generados por la teoría de sistemas. Así como las palabras involucradas en el sistema bajo estudio estableciendo significados e ideas con el propósito de integrar conocimientos y experiencias nuevas con los ya almacenados en la memoria, es decir, se definen todos los conceptos involucrados en la problemática incluyendo las ideas necesarias para el entendimiento de ésta y de la solución, se crean las palabras (constructos) que no tengan un nombre en el idioma en el que se está analizando el problema. Los datos no solamente se requieren para proporcionar información acerca de la operación del sistema sino también para pronosticar el ambiente en el que el sistema operará en el futuro. Las preguntas necesarias en esta etapa son:

¿Cuáles son los conceptos necesarios para el análisis y la solución del problema?

¿Es necesario crear un concepto nuevo para satisfacer un propósito (constructo)?

Paso 3: Teoría

De igual forma que en la etapa 2 la teoría de sistemas se establece como necesaria para el análisis de la situación problemática. Posteriormente se especifica el ámbito de conocimiento o campo de aplicación al que se refiere dicha problemática, definiendo las teorías necesarias para que en etapas posteriores se proceda a la solución deduciendo y postulando otros hechos mediante reglas y razonamientos que formen la base para el análisis del sistema y la modelación de la solución. Las interrogantes necesarias para esta etapa son:

- ¿En qué teorías están involucrados los conceptos?
- ¿Cuál es la definición de las teorías involucradas?
- ¿Cuál es el objetivo de utilizar dichas teorías involucradas?

Paso 4: Objetivos

Al identificar la problemática se determinan las características del ambiente dentro del cual opera el sistema identificando las necesidades a cubrir para proceder a la solución. En la mayoría de los casos los objetivos de un sistema presentan diversos conflictos por lo que se recomienda primero realizar una lista de las necesidades de los involucrados para la solución de la problemática y posteriormente plantear dichos objetivos. Existen varias metodologías para el planteamiento de objetivos, las cuales pueden ser implementadas en esta etapa. En el caso de no implementarse una metodología las preguntas que se proponen para el planteamiento de buenos objetivos particulares son:

- ¿Qué se va a realizar para la solución de la problemática?
- ¿Cómo se va a realizar el sistema solución?
- ¿Para qué se va a realizar el sistema solución?
- ¿En cuánto tiempo se va a realizar el sistema solución?

Con base en los objetivos particulares es esencial formular un objetivo general claro, real y específico. Entre más precisos sean los objetivos más fácil será definir una medida o indicador del desempeño del sistema solución. En esta etapa existe una retroalimentación hacia la etapa 1 puesto que en muchos casos algunas de las necesidades existentes

consideradas no se pueden cubrir con la solución del problema o surgen nuevas necesidades que no se habían tomado en cuenta.

Parte 2 Visión Real de la Problemática

ETAPA 2: ANÁLISIS DEL SISTEMA

Paso 5: Visión rica

Debido a la estructura de los sistemas económico financieros, el problema está relacionado con la actividad humana, causando así, sistemas desordenados. Las personas entidades, y otros factores que intervengan en la problemática pueden ubicarse como agentes involucrados en el contexto mediante una representación, llamada visión rica, por medio de holones identificando los subsistemas y enumerando las relaciones que existen en el entorno hasta el macrosistema como se muestra en las figuras 4.1 y 4.2, con la finalidad de entender mejor cómo está compuesto el sistema y cómo opera el mismo. Se elabora una tabla definiendo los agentes mediante figuras que los representen, indicando su descripción correspondiente a fin de utilizarlos en la representación de la visión rica del sistema. Por último, se establecen las relaciones que existen entre los implicados y se deben observar la aparición de relaciones emergentes, dentro de las cuales se consideran las retroalimentaciones negativas necesarias que se deben proponer para equilibrar el sistema.

Como se observa en la figura 4.2 existen relaciones unidireccionales y bidireccionales las cuales se representan con dos flechas en direcciones opuestas entre los agentes, dependiendo de las interrelaciones que guardan entre sí. Las siguientes preguntas pueden ayudar para asegurar que se ha realizado el esquema adecuadamente:

¿Cuál es el sistema que se está estudiando?

¿En qué ambiente está operando el sistema?

¿Cuáles son los subsistemas?

¿Cómo interactúa el sistema con el entorno?

¿Cuáles son las conectividades entre el sistema con el suprasistema y el macrosistema del cual forma parte?

¿Está equilibrado el sistema o cuáles son las relaciones emergentes necesarias para equilibrar el sistema?

Sistema	Sistema	<p>Diagrama de un sistema equilibrado. Muestra un núcleo central con 'SUBSISTEMA1' y 'SUBSISTEMA2' rodeado por 'SISTEMA'. Este núcleo está rodeado por 'ENTORNO', luego 'SUPRASISTEMA' y finalmente 'MACROSISTEMA'. Hay múltiples flechas de conexión entre los niveles, indicando un sistema dinámico y equilibrado.</p>	
			Entorno
			Suprasistema
			Macrosistema
Entorno	Entorno	<p>Diagrama de un sistema desequilibrado. Muestra la misma estructura de niveles que el primer diagrama, pero con pocas flechas de conexión, especialmente entre el Entorno y el Sistema, lo que indica un sistema rígido o desequilibrado.</p>	
			Suprasistema
		Macrosistema	
Suprasistema	Suprasistema	<p>Diagrama de un sistema desequilibrado. Muestra la misma estructura de niveles, pero con pocas flechas de conexión, especialmente entre el Suprasistema y el Sistema, lo que indica un sistema rígido o desequilibrado.</p>	
			Macrosistema
Macrosistema	macrosistema	<p>Diagrama de un sistema desequilibrado. Muestra la misma estructura de niveles, pero con pocas flechas de conexión, especialmente entre el Macrosistema y el Sistema, lo que indica un sistema rígido o desequilibrado.</p>	

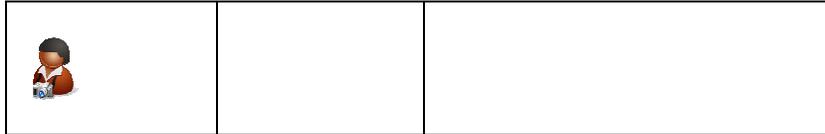


Figura 4.1. Forma de elaborar la representación de la visión rica.
Fuente: *Elaboración propia.*

NO. DE ICONO	AGENTE	DESCRIPCIÓN
Sistema		
1.		Agente 1
2.		Agente 2
3.		Agente 3
4.		Agente 4
5.		Agente 5
Entorno		
6.		Agente 6
Suprasistema		
7.		Agente 7
Macrosistema		
8.		Agente 8
9.		Agente 9

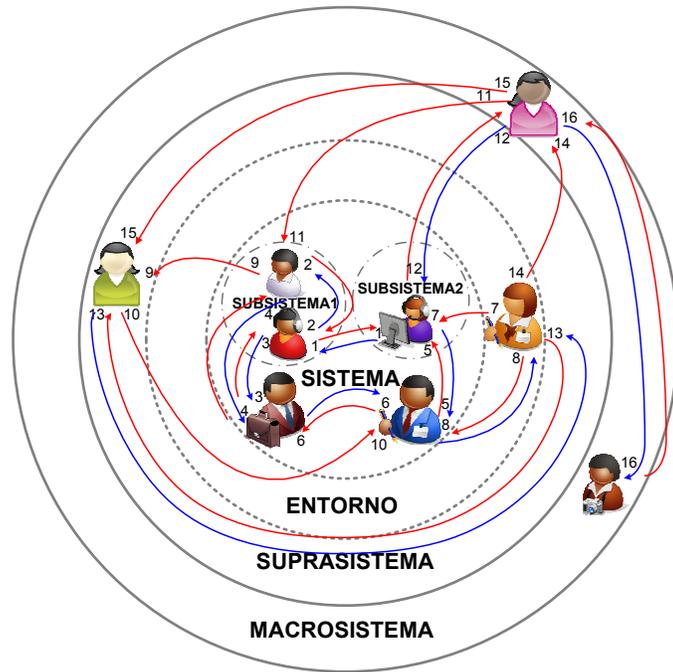


Figura 4.2. Visión rica.
Fuente: *Elaboración propia.*

Paso 6: Análisis de las relaciones

Una vez que se ha esquematizado el ambiente, el alcance de la problemática, y cómo están relacionados los agentes involucrados, se identifica la forma en que el problema será abordado, ubicando sus propias necesidades. En la figura 4.2 se pueden observar las relaciones que existen entre los elementos con el entorno, el suprasistema y el

macrosistema. Se analizan cada una de las relaciones que se representaron en la visión rica con la finalidad de identificar y comprender el funcionamiento de cada una y el conflicto que existe entre los agentes, si es que existe. La tabla 4.1 muestra un ejemplo de un análisis de relaciones.

Tabla 4.1. Análisis de relaciones

NO. DE RELACIÓN	ORIGEN – DESTINO	CONFLICTO
Conflictos del Sistema		
Sistema – Sistema		
1.	Agente 1 ↔ Agente 2	Se describen y especifican los conflictos de cada una de las relaciones entre los agentes involucrados, con la finalidad de destacar las que afectan directamente al problema.
2.	Agente 2 ↔ Agente 3	
3.	Agente 2 ↔ Agente 4	
4.	Agente 3 ↔ Agente 4	
5.	Agente 1 ↔ Agente 5	
6.	Agente 4 ↔ Agente 5	
Sistema – Entorno		
7.	Agente 1 ← Agente 6	
8.	Agente 5 ↔ Agente 6	
Sistema – Suprasistema		
9.	Agente 1 → Agente 7	
10.	Agente 5 ← Agente 7	
Sistema – Macrosistema		
11.	Agente 3 ← Agente 9	
12.	Agente 1 ↔ Agente 9	
Conflictos del Entorno		
Entorno – Entorno		
No existe		
Entorno – Suprasistema		
13.	Agente 6 ↔ Agente 7	
Entorno – Macrosistema		
14.	Agente 6 → Agente 8	
Conflictos del Suprasistema		
Suprasistema – Suprasistema		
No existe		
Suprasistema – Macrosistema		
15.	Agente 7 ← Agente 8	
Conflictos del Macrosistema		
Macrosistema – Macrosistema		
16.	Agente 8 ↔ Agente 9	

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar las relaciones entre los distintos agentes se podrá apreciar que no siempre responden a las mismas necesidades y objetivos. Por esta razón en esta etapa se realiza

la eliminación de relaciones e incluso agentes que no son relevantes y/o indispensables para dar solución a la problemática. La figura 4.3 muestra la reestructuración de la situación, en donde sólo se muestran los agentes, los elementos y las relaciones necesarias para la solución del problema. Las interrogantes que se proponen para un buen análisis de relaciones de esta etapa son:

- ¿Cómo es la relación que existe entre los agentes?
- ¿Existe algún conflicto en esta relación?
- ¿Afecta directamente esta relación en la problemática?
- ¿Es relevante esta relación para la solución del problema?

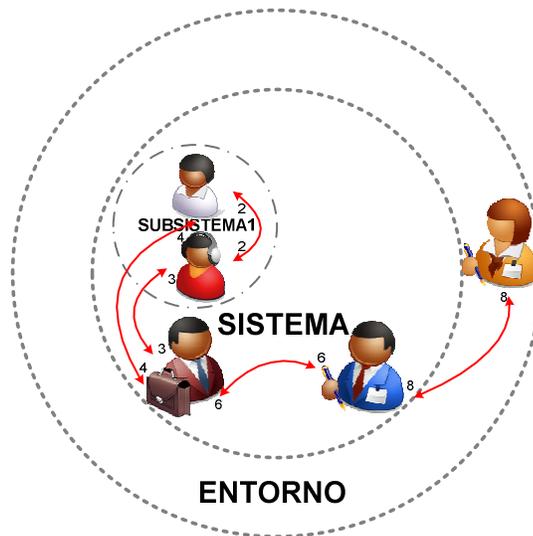


Figura 4.3. Visión rica reestructurada.
Fuente: *Elaboración propia.*

Paso 7: CATWOE

Esta etapa se basa en el tercer estadio de la metodología de sistemas suaves de Checkland, la cual es llamada definición raíz de los sistemas relevantes, aquí se elaboran las definiciones raíz como sentencias que efectúan transformación desde diferentes perspectivas en donde se fundamentan seis factores agrupados en las siglas CATWOE, en la tabla 4.2 se presentan las definiciones de cada una de ellas.

La figura 4.4 muestra un diagrama que ejemplifica la transformación, sigla T del CATWOE, en la metodología para solucionar problemas económico – financieros, en el

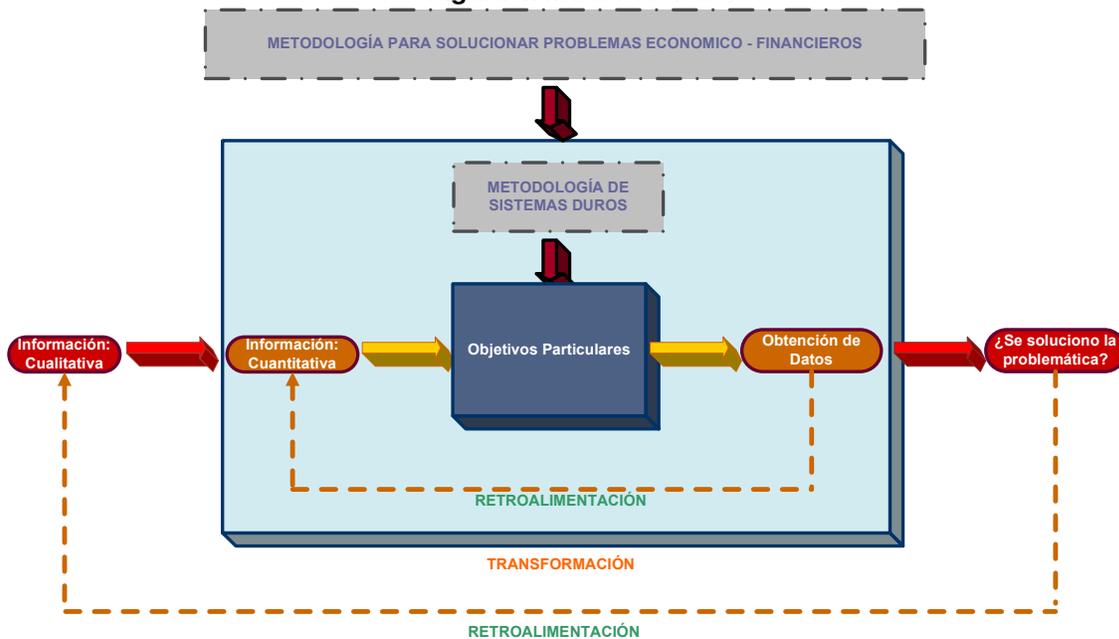
cual se aprecia cómo se da solución a un problema considerado como suave, por la existencia de actividad humana, a través de una metodología de sistemas duros.

Tabla 4.2. Definición de CATWOE

SIGLAS	SIGNIFICADO	DEFINICION
C	Clientes	Agentes involucrados que pueden obtener beneficios y desventajas de un sistema
A	Actores	Son todos los agentes que intervienen en la transformación de un sistema. Los actores pueden ser inclusive los clientes y los dueños.
T	Transformación	Es la conversión que los agentes realizan para transformar entradas en salidas.
W	Weltanschauung	Se refiere al punto de vista que se tiene desde la perspectiva del cliente y del dueño, la visión positiva y negativa desde los diferentes roles para hacer el proceso de transformación significativo en el contexto.
O	Dueño	Cada sistema tiene un propietario el cual es el que toma la decisión de comenzar o cerrar un sistema.
E	Ambiente	Los elementos externos que se deben considerar, que pueden ser normas políticas, aspectos legales y éticos.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4. Transformación



Fuente: Elaboración propia.

Para clasificar la opinión de los involucrados en esta metodología y mostrar la visión del mundo, sigla W (Weltanschauung) del CATWOE, se propone la tabla 3, la cual se divide entre visión positiva y negativa desde el punto de vista del dueño y del cliente.

Tabla 4.3. Visión del mundo (Weltanschauung).

Agente	Dueño		Cliente	
	Positiva	Negativa	Positiva	Negativa
Agente 2				
Agente 3				
Agente 4				
Agente 5				
Agente 6				

Fuente: Elaboración propia.

ETAPA 3: DESARROLLO DEL SISTEMA SOLUCIÓN

Paso 8 Propuesta solución

Después de hacer el análisis cualitativo (etapas 5,6 y 7) se hace el análisis cuantitativo y se propone una solución al problema a través del uso de metodologías económicas, financieras, matemáticas.

Paso 9: Metodología de sistemas duros

Se implementa la metodología dura que más se adecue al conflicto en cuestión. En esta etapa, las metodologías duras que utilicen la implementación en uno de sus pasos deberá ser simulado debido a que se propone un análisis de riesgos en la etapa 10, antes de su implementación real.

Las preguntas que se proponen para elegir una metodología de sistemas duros adecuada son:

¿En qué área de la empresa se va a implementar la solución?

¿Qué tipo de información es la que se tiene?

¿Cuál es la mejor forma de presentar toda la información?

¿Qué se desea realizar (pronostico, crear controles normativos o tecnológicos, inversiones, logística y cadena de suministro, etc.)?

Paso 10: Análisis de riesgos

Dentro de los conflictos financieros el análisis del riesgo es un elemento a considerar ya que antes de implementar el sistema solución se debe tomar en cuenta si se reducen significativamente las vulnerabilidades financieras para que estas no sean explotadas por una amenaza. Existen varias metodologías que se aplican para análisis de riesgos financieros, las cuales pueden ser utilizadas para esta etapa. En este momento se hace una comparación entre los resultados obtenidos al aplicar la metodología de análisis de riesgos financieros tanto en la etapa 5 y la información obtenida hasta esa etapa, como en la simulación de la etapa 8 para retroalimentar a la etapa 5 y así hacer las modificaciones necesarias o en su caso proceder a la implementación en la etapa 10. Esta comparativo se ejemplifica en la figura 4.5

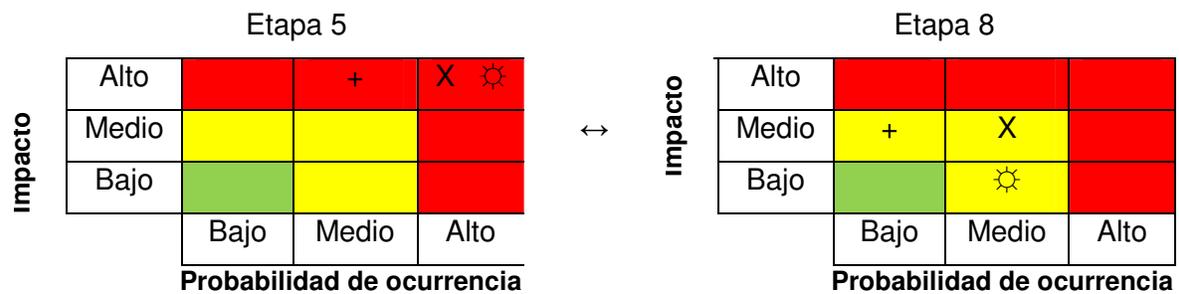


Figura 4.5. Matriz de análisis de riesgos.
Fuente: Elaboración propia.

Etapa 4 IMPLEMENTACIÓN

Paso 11: Instalación

Es necesario que todo sistema propuesto se implante apropiadamente para que sea de utilidad. En el producto final se deben enfatizar propuestas concretas para tomar acciones. Que los resultados sean simples, directos y lógicos, mostrar un plan concreto para la implantación del sistema. Es importante darse cuenta que la etapa de implementación del sistema diseñado, forma también parte del diseño global del sistema. Las preguntas que se recomiendan para esta etapa son:

¿Se llego a un acuerdo para la implementación del diseño propuesto?

¿Existe un plan para implementar el diseño propuesto?

- ¿Entienden todas las personas involucradas que se está proponiendo para hacer?
- ¿Se han especificado a detalle los procedimientos y recursos necesarios para implantar el diseño propuesto?

ETAPA 5. MEJORAS

Paso 12: Mejoras continuas al sistema duro

En esta etapa se detectan cambios que son posibles de llevar a cabo en el sistema duro implantado para su mejoramiento si la apreciación retrospectiva del sistema duro muestra que el desempeño no es el esperado y se propicia un cuestionamiento de todos los factores que se presentan. En esta etapa se presenta un ciclo de continua conceptualización y habilitación de cambios, al retroalimentar a la etapa 8, siempre tendientes a mejorar el sistema duro. Las preguntas propuestas para esta etapa son:

- ¿Qué sistema de control se necesita para lograr y mantener las condiciones de operación óptimas?
- ¿Dónde debe controlarse la operación del sistema?
- ¿Están todas las responsabilidades de los usuarios del sistema diseñado bien claras y establecidas?
- ¿Están convencidos los usuarios de que es posible operar el sistema diseñado?
- ¿Está operando el sistema en la forma predicha en la fase de diseño?
- Si no, ¿por qué no? Exactamente, ¿qué fue lo que falló?
- ¿Necesitan algunos aspectos de la operación del sistema atención posterior?
- ¿Necesita el sistema re-diseñarse o re-optimizarse?
- Si es así, ¿cómo debe hacerse?
- Finalmente, ¿es la operación mejorada resultante adecuada?

Paso 13: Mejoras continuas del sistema suave

De igual forma que en la etapa anterior se deben detectar cambios en el sistema general con el fin de mejorar constantemente el desempeño del sistema ya que ciertos parámetros en el diseño podrían conocerse a partir de la operación de dicho sistema. En esta etapa la retroalimentación se generó hacia el paso 5 para representar la conceptualización continua y habilitación de cambios en el sistema suave

Las preguntas propuestas para esta etapa son las mismas que se realizan para la metodología de sistemas duros pero enfocadas al sistema suave.

La figura 4.6 representa la metodología para solucionar problemas económicos – financieros propuesta.

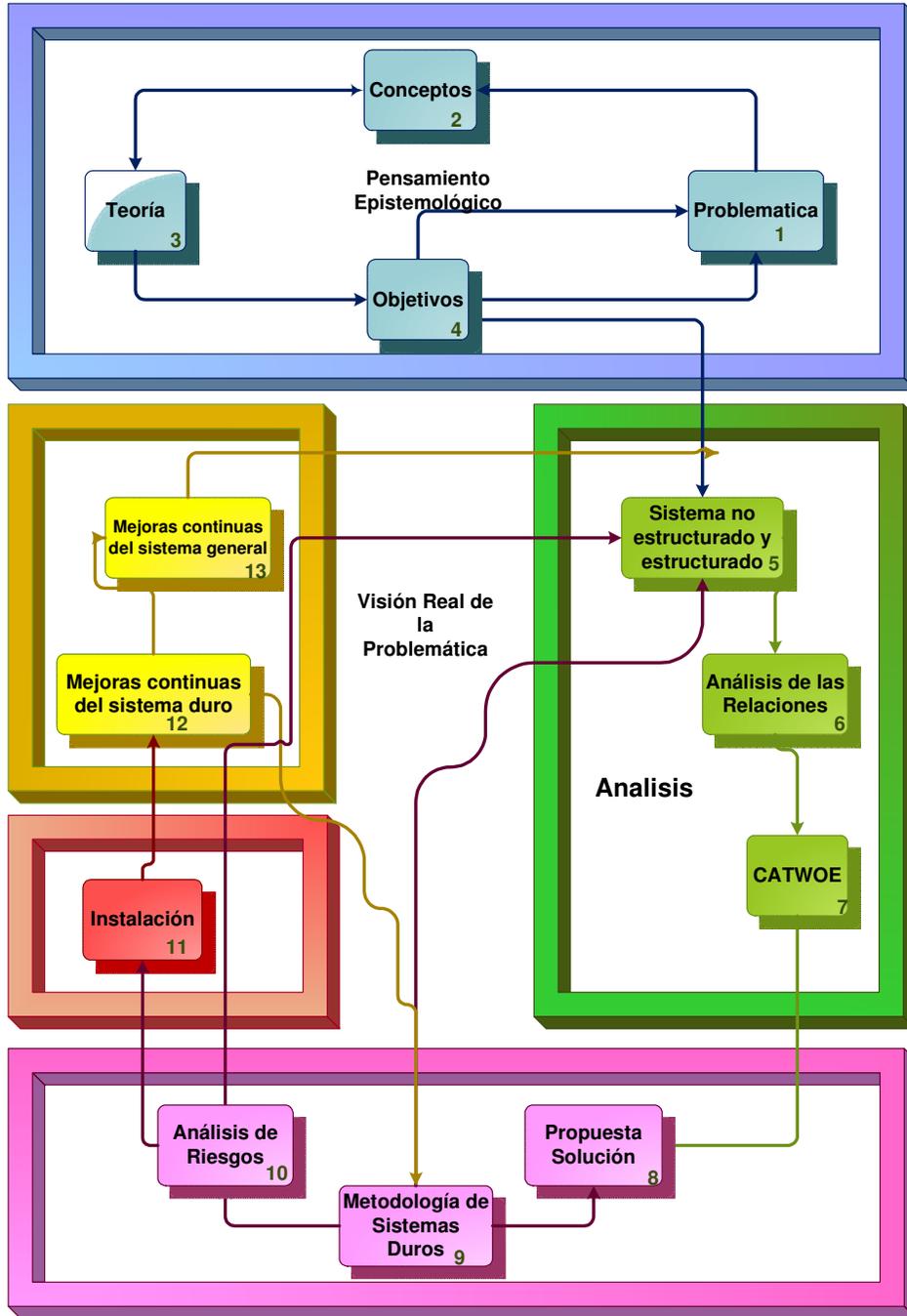


Figura 4.6. Metodología Sistémica para resolver análisis económico-financieros
Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 5. Caso de estudio: AFORES

En el presente trabajo el sistema en estudio son las AFORES, cuya administración de los fondos para el retiro de los trabajadores se realiza mediante la construcción y optimización de carteras de inversión, a fin de maximizar el rendimiento de dichos fondos con la menor exposición posible a los riesgos de mercado causados por la volatilidad de los precios de los activos que conforman las carteras de inversión.

Para estudiar dicho sistema y cumplir con el objetivo general, se busca desarrollar métodos alternativos de evaluación de riesgos y proponer una metodología para la optimización de carteras (o portafolios) de inversión que sean: (i) lo más simples, pero apegados a la realidad; (ii) confiables en los resultados que arrojen; y (iii) realistas, ya que deben de ser herramientas confiables para soportar decisiones de inversión de las AFORES.

Los componentes que posee el sistema son los siguientes:

- Elementos. Los fondos de los trabajadores, los portafolios de inversión, el sistema del ahorro para el retiro, el sistema financiero mexicano y el gobierno regulador.
- Objetivo. Invertir el ahorro de los trabajadores para obtener mayores rendimientos con el menor riesgo posible.
- Atributos. Mayor retorno de la inversión por cada peso invertido, menor probabilidad de tener minusvalía en los ahorros de los trabajadores ante fluctuaciones negativas (pérdidas) de los valores (precios, índices, tasas, etc.) que conformen los portafolios de inversión.
- Fronteras. El éxito de las AFORES para asegurar ganancias, que estén muy por encima de la inflación, dependerá de la volatilidad de los rendimientos de los activos que conformen los portafolios de inversión, de la aversión al riesgo de los administradores de los portafolios, de las restricciones de los reguladores del sistema financiero mexicano para permitir invertir los fondos de los trabajadores en instrumentos financieros más riesgosos (pero también más rentables) y de las expectativas sobre la culminación de la crisis económico-financiera que atraviesa el mundo (incluido México).
- Entradas. Información cuantitativa y cualitativa sobre: (i) el desempeño histórico de los fondos de pensión de los trabajadores; la evolución de variables macroeconómicas (PIB, inflación, tipos de cambio, tasas de interés, comportamiento de las bolsas en el

mundo, etc.) y financieras (precios de los productos agroindustriales, precios de las acciones, índices bursátiles, etc.); (iii) restricciones sobre la conformación de las carteras de inversión; y (iv) aversión al riesgo.

- Proceso de conversión. Analizar las entradas del sistema y, con base a un marco conceptual de carteras de inversión y un análisis técnico y otro fundamental, desarrollar métodos para evaluar riesgos y optimizar carteras de inversión que reflejen, de manera parsimoniosa, el comportamiento de los diversos instrumentos financieros que conformen las carteras de inversión.
- Salidas. Construcción de carteras de inversión que maximicen el rendimiento de los fondos de pensión y minimicen la exposición de dichas carteras a fluctuaciones de los rendimientos de los instrumentos financieros que las conformen.
- Entorno. Se tiene al sistema financiero mexicano el cual, a su vez, es un subsistema del entorno financiero global: socios, bancos, inversionistas de capital de riesgo, uniones de crédito, bolsas de valores.

Con respecto a la clasificación de los sistemas señalados anteriormente, puede decirse que el sistema en estudio es:

- modelo (en cuanto a su definición) porque representa las operaciones de las AFORES dentro de un sistema financiero, y con dicho modelo se persigue optimizar las carteras de inversión de los ahorros para la jubilación (objetivo);
- artificial (en cuanto a su origen), ya que los portafolios como tal son creados por el ser humano, al igual que las metodologías y los modelos;
- abierto (en cuanto a su ambiente o grado de aislamiento), debido a que las carteras de inversión deben ser adaptadas a los cambios del entorno económico;
- no lineal (de acuerdo a la interdependencia de sus elementos), puesto que se trata de un sistema complejo.

En cuanto a la clasificación de Boulding, el sistema bajo estudio es sociocultural porque un sistema económico-financiero está constituido por seres humanos que interactúan y que tienen una cultura organizacional que los distingue de otros sistemas. Finalmente, el sistema en estudio es una combinación de sistema blando (por las relaciones entre el factor social, político y humano) y sistema duro, ya que se incluyen cálculos (tasa de descuento, flujos netos de efectivo, nivel de riesgo, etc.) y la metodología de optimización de portafolios.

En cuanto a la Metodología de Sistemas para lograr el Objetivo General de este trabajo, se propone aplicar la Metodología de Checkland. En la figura 1.3 y en la tabla 1.4 se presenta el desarrollo de la Fase 1 (Problema No Estructurado) del sistema de las AFORES.

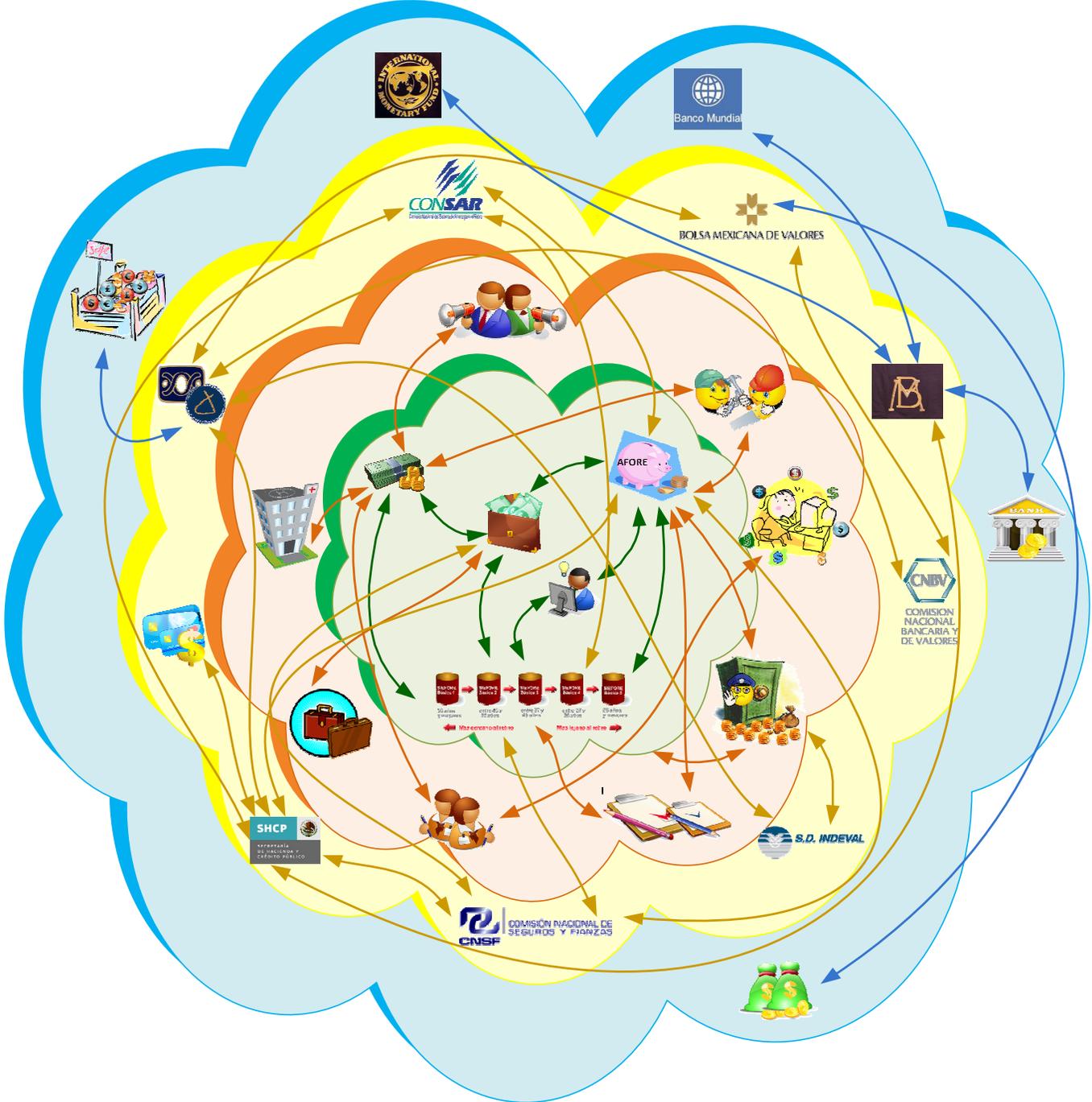


Figura 1.3. Situación problema no estructurada.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.5 Descripción de los íconos utilizados como agentes

No. de ícono	Ícono	Descripción	No. de ícono	Ícono	Descripción
SISTEMA					
1.		AFORES	2.		SIEFORES
3.		Fondos	4.		Portafolios de inversiones
5.		Consultores financieros			
ENTORNO					
6.		Patrón	7.		Trabajadores
8.		Valuadoras de precios	9.		Custodia de valores
10.		Calificadoras	11.		Valuadoras
12.		Gestión de Portafolios	13.		IMSS, ISSSTE
SUPRASISTEMA					
14.		SHCP	15.		CONSAR
16.		Banco de México (Banxico)	17.		Instituto para el Depósito de Valores
18.		Comisión Nacional Bancaria y de Valores	19.		Comisión Nacional de Seguros y Fianzas
20.		Instituciones de crédito	21.		Sector de derivados (MexDer y Asigna)
22.		Bolsa Mexicana de Valores			
MACROSISTEMA					

23.		Mercados de valores internacionales	24.		Bolsas de valores internacionales
25.		Fondo Monetario Internacional	26.		Banco Mundial
27.		Bancos Centrales Internacionales			

Fuente: Elaboración propia.

5.1 Construcción, optimización y cobertura de portafolios de inversión

Como se mencionó en la sección 1.3.2, las AFORES utilizan cinco sociedades de inversión que se diferencian por los valores que pueden adquirir, basados en su riesgo implícito y su rendimiento esperado. La SIEFORE Básica 5 (SB5) es la más agresiva financieramente o de mayor riesgo implícito. La SB5 puede invertir (ver tabla 1.2) en renta variable y derivados, por ello, la SB5 permite exponer a los portafolios de inversión a más riesgos de mercado con la incorporación de instrumentos derivados, pero también esta SIEFORE es la que puede proporcionar mayores rendimientos.

Dado lo anterior, en este trabajo de investigación se construyeron 64 portafolios hipotéticos para la SB5, los cuales están conformados por seis acciones que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores; estas seis acciones forman parte del grupo de emisoras que integran el índice de Precios y Cotizaciones de México (IPyC). Como se vio en la sección 2.1.3, este índice representa al mercado bursátil mexicano. Se utiliza el valor de los CETES (sección 2.2.1) a 28 días como activo financiero libre de riesgo para desarrollar una estrategia de cobertura dinámica *delta (delta hedging)* para cada uno de los 64 portafolios.

La construcción, optimización y cobertura delta de los 64 portafolios se realizaron en nueve pasos, que se explican a continuación.

1. Obtener precio de acciones y el IPyC

Se obtuvo la cotización diaria de los precios de las acciones de: FEMSAUBD, TELMEXL, WALMEXV, AMXL, CYDSA, GRUPO GEO y el IPyC al cierre del 30 de diciembre del

2005 al 28 de febrero de 2011 (www.finance.yahoo.com). Se homologan las fechas de las 6 acciones con el IPyC (ver anexo E)

2. Calcular las variaciones diarias

Se calcularon las variaciones diarias para cada acción y el IPyC (ver anexo F) utilizando la fórmula 2.8 de cambio de precio: $\frac{\text{Precio de una acción} - \text{precio inicial}}{\text{Precio inicial}}$.

3. Obtener media, desviación estándar y varianza anual de los precios de las acciones.

Se calcularon la media, desviación estándar y varianza anualizadas de cada una de las acciones y el IPyC (tabla).

Tabla Media, desviación estándar y varianza de las acciones

	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	AMXL	CYDSA	Grupo GEO
MEDIA	0.32582422	0.16275088	0.26350425	0.26781849	0.94905083	0.2524856
Desv.Estándar	0.33745837	0.28320729	0.32139639	0.34826603	0.79666454	0.4984586
Varianza	0.11387815	0.08020637	0.10329564	0.12128923	0.63467438	0.24846098

Fuente: elaboración propia.

4. Obtener covarianza (β) de cada acción con el IPyC.

Se calculó la covarianza de cada una de las acciones con el mercado (IPyC) Por la sección 3.4.2 se sabe que β mide la sensibilidad del instrumento respecto al mercado y cada beta individual indica el nivel de riesgo que se le agrega al portafolio por cada instrumento (ver tabla).

Cuando la β de la acción es mayor que la del mercado, ésta es más sensible a sus movimientos; esto hace que la incorporación de la acción al portafolio contribuya más al riesgo. De la misma forma, cuando la acción es menos sensible a los movimientos del mercado, al incorporarla al portafolio, éste disminuye el riesgo.

Tabla. Covarianza de cada una de las acciones con el IPyC

	BETA IPyC original					
	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	AMXL	CYDSA	Grupo GEO
	0.82740231	0.69142799	0.88473217	1.15553706	0.29331926	1.06867815

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse las acciones de FEMSAUBD, TELMEXL, WALMEXV y CYDSA son menores a β , entonces, los rendimientos de estas acciones disminuyen el riesgo del

portafolio, las variaciones de las acciones de AMXL y GRUPO GEO son mayores a β , lo que indica que contribuyen más al riesgo del portafolio; de esta forma el riesgo del portafolio se encuentra diversificado.

5. Obtener matriz de varianzas y covarianzas entre cada una de las acciones

Se calculó la covarianza de cada acción con respecto a las otras acciones. De esta forma se obtiene la matriz de varianzas y covarianzas. Como puede observarse, la desviación estándar de cada acción se encuentra en la diagonal de la matriz (ver tabla).

6. Obtener pesos y beta de cada una de las acciones

Se obtuvieron los pesos de cada acción para integrar el portafolio óptimo, con la restricción $\sum_{i=1}^N w_i = 1$; además, utilizando la estrategia de indexación de la sección 3.4.3, se debe cumplir la restricción $\sum_{i=1}^N \beta_i w_i = 0.9$ (tabla). Es importante mencionar que se obliga a los portafolios a ser construidos y optimizados a tener una beta de 0.9 para que no sigan de manera perfecta el comportamiento del mercado bursátil mexicano, ya que el comportamiento de éste último ha sido bastante volátil desde el 2008 (crisis “subprime” en Estados Unidos, crisis de “default” en Grecia, España e Italia). De esta forma, de manera implícita, se intenta cubrir a los portafolios del riesgo de mercado.

Tabla. Matriz de varianzas y covarianzas (la varianza se encuentra en la diagonal)

MATRIZ DE VARIANZAS Y COVARIANZAS						
	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	GIGANTE	IDEAL	Grupo GEO
FEMSAUBD	0.11387815	0.03786287	0.03926378	0.06289241	0.02032881	0.05248269
TELMEXL	0.03786287	0.08020637	0.03430179	0.05243179	0.01272472	0.03999967
WALMXV	0.03926378	0.03430179	0.10329564	0.05861896	0.02300588	0.05318159
GIGANTE	0.06289241	0.05243179	0.05861896	0.12128923	0.01529594	0.0638385
IDEAL	0.02032881	0.01272472	0.02300588	0.01529594	0.63467438	0.00050508
Grupo GEO	0.05248269	0.03999967	0.05318159	0.0638385	0.00050508	0.24846098

Fuente: elaboración propia.

Tabla. Rendimiento por acción, matriz de varianzas y covarianzas, pesos individuales y beta individual

MATRIZ DE VARIANZAS Y COVARIANZAS									
	RENDIMIENTO POR ACCIÓN	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	GIGANTE	IDEAL	Grupo GEO	PESOS INDIVIDUAL	BETA INDIVIDUAL
FEMSAUBD	0.325824218	0.11387815	0.03786287	0.03926378	0.06289241	0.02032881	0.05248269	0.15123667	0.82740231
TELMEXL	0.162750883	0.03786287	0.08020637	0.03430179	0.05243179	0.01272472	0.03999967	0.23767118	0.69142799
WALMXV	0.263504253	0.03926378	0.03430179	0.10329564	0.05861896	0.02300588	0.05318159	0.24815714	0.88473217
GIGANTE	0.267818489	0.06289241	0.05243179	0.05861896	0.12128923	0.01529594	0.0638385	0.25019189	1.15553706
IDEAL	0.949050827	0.02032881	0.01272472	0.02300588	0.01529594	0.63467438	0.00050508	0.02400409	0.29331926
Grupo GEO	0.252485602	0.05248269	0.03999967	0.05318159	0.0638385	0.00050508	0.24846098	0.08873902	1.06867815

Fuente: elaboración propia

1 **0.9**
condición beta del
de los portfolio
pesos

7. Obtener media, desviación estándar y varianza del portafolio.

Se calculó el rendimiento, la desviación estándar y la volatilidad (varianza) del portafolio optimizado para cada uno de los pesos y betas obtenidos en el paso 6, por lo que se generaron 64 portafolios óptimos diarios (ver anexos G, H e I). Cabe señalar que los pasos 6 y 7 fueron realizados a través de una macro, desarrollada en lenguaje Visual Basic (ver anexo J).

Tabla. Rendimiento por acción, matriz de varianzas y covarianzas, pesos individuales, beta individual, rendimientos, varianza y desviación del portafolio optimizado

MATRIZ DE VARIANZAS Y COVARIANZAS									
	RENDIMIENTO POR ACCIÓN	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	GIGANTE	IDEAL	Grupo GEO	PESOS INDIVIDUAL	BETA INDIVIDUAL
FEMSAUBD	0.325824218	0.11387815	0.03786287	0.03926378	0.06289241	0.02032881	0.05248269	0.15123667	0.82740231
TELMEXL	0.162750883	0.03786287	0.08020637	0.03430179	0.05243179	0.01272472	0.03999967	0.23767118	0.69142799
WALMXV	0.263504253	0.03926378	0.03430179	0.10329564	0.05861896	0.02300588	0.05318159	0.24815714	0.88473217
GIGANTE	0.267818489	0.06289241	0.05243179	0.05861896	0.12128923	0.01529594	0.0638385	0.25019189	1.15553706
IDEAL	0.949050827	0.02032881	0.01272472	0.02300588	0.01529594	0.63467438	0.00050508	0.02400409	0.29331926
Grupo GEO	0.252485602	0.05248269	0.03999967	0.05318159	0.0638385	0.00050508	0.24846098	0.08873902	1.06867815

PORTAFOLIO		
MEDIA	VARIANZA	DESVSTAND
0.26554067	0.06042582	0.24581665

1
condición
de los
pesos

0.9
beta del
portafolio

Fuente: elaboración propia.

8. Determinar el número de acciones a comprar, en función del monto a invertir.

Una vez que se calcularon los pesos ponderados (w_i), de cada una de las acciones que conforman el portafolio, se multiplicó el monto total de la inversión (en este caso 1 millón de pesos) por cada w_i para determinar cuánto se debe invertir en cada acción que conforma el portafolio, se dividió el monto a invertir en cada acción entre el precio unitario de cada acción, con el propósito de establecer el volumen de acciones a comprar de cada emisora, ver anexos K y L.

9. Obtener el valor del portafolio

Para hallar el valor actual de cada uno de los portafolios, se suma el producto del número de acciones de cada emisora por el precio actual de cada acción (ver anexo M).

$$S(t) = \sum_{i=1}^n \text{Número de acciones} * P_{T+1}$$

10. Cobertura de los portafolios óptimos a través de instrumentos derivados.

Una vez optimizados los 64 portafolios, el siguiente paso consistió en realizar las coberturas para los mismos, a través de la implementación de la estrategia de cobertura dinámica delta (por las razones que se explicaron en la sección 3.7.1). Para ello se determinó la variable d_1 del modelo de Black-Scholes (ecuación 3.30) para cada uno de los 64 portafolios óptimos, a fin de aplicar este resultado en la ecuación 3.40 para determinar el valor de Δ (64 valores) ver anexo N . Para efectos de este trabajo de

investigación, se obtuvieron las fluctuaciones de los valores de delta de un portafolio con respecto al inmediato anterior (63 fluctuaciones de delta); ya que delta cambia con el paso del tiempo, se necesita ajustar periódicamente el número de acciones que se tienen, compensándolas con activos libres de riesgo (en este caso CETES). El siguiente paso consistió en multiplicar cada fluctuación de delta por el valor del portafolio óptimo con el propósito de determinar el monto que debe asignarse a la compra de acciones (activos riesgosos); una vez hecho esto, el monto que se debe asignar a activos libres de riesgo (CETES) se obtiene al restar el monto de acciones del monto total de la inversión (ver anexo O).

Cabe señalar que cuando la fluctuación de delta es positiva, se debe vender CETES y comprar acciones puesto que la exposición al riesgo del portafolio no se incrementa. Si la fluctuación de delta es negativa, significa que el portafolio está más expuesto al riesgo por lo cual deben venderse acciones y comprarse CETES. Lo anterior indica que, por ser delta una estrategia de cobertura dinámica, en algún momento se recomprará las acciones vendidas previamente.

Conclusiones

En este trabajo de investigación se planteó el siguiente objetivo: construir una metodología sistémica que permita reducir la minusvalía de los ahorros de los trabajadores para su retiro, mediante la reducción a la exposición del riesgo de mercado de los portafolios en los que están invertidos dichos ahorros.

Para alcanzar el objetivo anterior, en este trabajo se propuso una Metodología Sistémica para solucionar problemas Económico-Financieros (MSEF), que son sistemas muy complejos gobernados por las interrelaciones no lineales entre sus componentes (agentes económicos). La MSEF es una versión mejorada de la Metodología de Sistemas Suaves de Checkland, ya que en ella se establece la aplicación de holones para complementar la visión rica, lo que permite entender de manera más global cómo se dan las relaciones entre los diferentes componentes del sistema y su entorno.

Así mismo, la MSEF es válida para modelar y solucionar problemas económico-financieros porque en la etapa 3 se permite incluir metodologías, métodos y herramientas cuantitativas, las cuales son las que regularmente solucionan estos problemas. En el caso de estudio que corresponde a este trabajo de investigación, en esta etapa se propuso la metodología de la construcción, optimización y cobertura dinámica de portafolios de inversión para administrar los fondos de pensión en México, específicamente de la Siefore Básica 5 (SB5). Para ello se aplicaron los modelos de Markowitz (selección de portafolios), del CAPM (determinación de riesgos de mercado), el de Black-Scholes (determinación del precio de instrumentos derivados) y de la estrategia de cobertura dinámica delta (reducción de exposición de los portafolios de inversión al riesgo, según el comportamiento del mercado). Con los portafolios óptimos el valor del portafolio disminuyó en algunas ocasiones por debajo de un límite previamente establecido (en este caso un millón 100 mil pesos), incurriendo en minusvalías no deseadas. Sin embargo, con la estrategia de cobertura delta, el valor de los mismos portafolios no estuvo por debajo del límite establecido, es decir, la cobertura establecida si redujo la exposición de los portafolios al riesgo de mercado y, por ende, evito la minusvalía en los mismos.

Con lo anterior, se concluye que, efectivamente, si se cumplió el objetivo general establecido en este trabajo. Asimismo, esta metodología y la estrategia de cobertura

desarrollada puede aplicarse a portafolios que contengan muchos más activos financieros de diversa índole, debido a que en este trabajo los portafolios construidos, optimizados y cubiertos, sólo estuvieron conformados por seis activos financieros..

Referencias

- Ackoff, Russel L. (2004). *Rediseñando el futuro*. México: Grupo Noriega Editores.
- Ávila y Lugo, José. (2007). *Introducción a la Economía*. México D.F, México: Plaza y Valdés Editores.
- Banco de México. Recuperado de: <http://www.banxico.org.mx>
- Bertalanffy, Ludwing von. (1976). *Teoría General de los Sistemas*. México: FCE.
- Bolsa Mexicana de Valores. Recuperado de: <http://www.bmv.com.mx>
- Brigham, Eugene F. y Houston, Joel F. (2006). *Fundamentos de Administración Financiera*. México: Thomson.
- Checkland, Peter y Scholes Jim. (1994). *La metodología de sistemas suaves en acción*. México D.F, México: Grupo Noriega Editores
- Comité Técnico Nacional de Seguridad Social. Instituto Mexicano de Ejecutivos en Finanzas. (2004). *El costo económico del sostén a los jubilados*. Boletín Técnico Imef, Ejecutivos de Finanzas. 26. 12. Recuperado de <http://www.imef.org.mx>
- Comisión Nacional CONSAR. Recuperado de: <http://www.consar.gob.mx>
- Cuadrado, Juan R. (1995). *Introducción a la política económica*. Madrid: McGraw Hill.
- Díaz, M. Alfredo y Hernández, A. Luis A. (1999) *Sistemas Financieros Mexicano e Internacional*. México D.F, México: SICCO.
- Gigch, John P. von. (1987). *Teoría General de Sistemas* (2ª Ed.). México: Trillas.
- González, Mario. A. (2009, Febrero). *Afores en la mira*. Imef. Ejecutivos de Finanzas el poder de los negocios, 74, 32-38.
- Gutiérrez, Daniel. (Noviembre, 2009). *Pensiones: Alternativa*. Imef. Ejecutivos de Finanzas, el poder de los negocios, 83, 12.
- Herrera, A. Carlos E. (1998). *Fuentes de Financiamiento*. México D.F, México: SICCO.
- Hull, John C. (2009). *Introducción a los mercados de futuros y opciones*. (6ª Ed). United States of America: Pearson Prentice Hall.
- Hull, John C. (2009). *Options, futures and other derivatives*. (7ª Ed). México: Pearson Educación.
- Merton, Robert C. Bodie Zvi. (2003). *Finanzas*. México: Pearson Educación.
- Mino, Fernando. (2005, Marzo). *Apuestas de Largo Plazo*. Ejecutivos de Finanzas, 27, 32-37.

Peña, V. José E. (2008, septiembre). *Seguridad Social: Cambio cultural*. Ejecutivos de Finanzas, 69,14-16.

Samuelson, Paul A. (1979). *Curso de Economía Moderna* (17ª Ed.). Madrid, España: Aguilar.

Samuelson, Paul A. (1980). *Economics*. (11th Ed.). *Internacional Student Edition*. McGraw-Hill.

Vargas, S. Gustavo. (2002) *Introducción a la Teoría Económica*. Aplicaciones a la Economía Mexicana. México: Pearson Educación.

Venegas, Francisco. (2005, octubre) *De Bachelier a Merton: 100 años del movimiento browniano en economía y finanzas*. Panorama Económico, 1, 9-64.

Anexo A

Clasificación general de los sistemas

Clasificación de los sistemas de acuerdo a su:		
constitución	Físicos	equipo, maquinaria, objetos y cosas reales
	Abstractos	conceptos, planes, hipótesis e ideas
definición	Reales	el observador los descubre en la realidad que lo circunda
	Ideales	construcciones simbólicas (lógica y matemáticas)
	Modelos	abstracciones de la realidad
origen	Naturales	encontrados en la naturaleza
	Artificiales	creados por el hombre
ambiente o grado de aislamiento	Abiertos	intercambio de energía de información entre el sistema y su entorno, admiten cambios y adaptaciones
	Cerrados	existe poca relación entre el sistema y su ambiente
relación entre sus elementos	Lineales	poca interacción entre los elementos, su comportamiento es determinista
	No lineales	un cambio en un parámetro puede causar la variación impredecible de todo el sistema
enfoque social o tecnológico	Duros	interacción entre hombres y máquinas, parte tecnológica
	Suaves	alto componente social, político y humano
complejidad	Estructuras estáticas y Armazones	sistemas estáticos con propiedades estructurales, (ejemplos: un cristal, una roca, el mapa de una ciudad o una representación gráfica)
	Sistemas dinámicos simples	la diferencia con respecto a las estructuras estáticas radica en la incorporación del elemento dinámico (ejemplos: las máquinas simples que responden al modelo de la física newtoniana, la atracción entre dos cuerpos o el movimiento planetario)
	Sistemas cibernéticos o mecanismos de control	los sistemas son capaces de procesar información a un nivel que les permiten auto-regularse, se incluyen mecanismos de control mediante dispositivos de retroalimentación, como en un termostato, o en los procesos homeostáticos de un organismo vivo
	Sistemas abiertos	mantiene una diferenciación interna gracias a la relación que tienen con el entorno; las estructuras con una capacidad de auto-perpetuarse (tales como una célula) son ejemplos de este sistema
	Organismos inferiores	presentan una diferenciación creciente dentro del sistema (diferenciación de funciones en el organismo), en los que se puede distinguir entre la reproducción del propio sistema y el individuo funcional (a diferencia de los sistemas de nivel 4). Una planta, por ejemplo, genera semillas en las que va interno el código genético para el posterior desarrollo del nuevo organismo
	Sistema animal	Presentan mayor capacidad en el procesamiento de la información del exterior; la evolución de subsistemas receptores, de un sistema nervioso, y en la organización de la propia información en cuanto a la generación de una imagen o conocimiento estructurado sobre el entorno; en los sistemas animales existe una capacidad de aprendizaje, así como una primera capacidad de conciencia sobre sí mismos
	Sistema Humano	Incluye las capacidades de autoconciencia, auto-sensibilidad, y simbolismo como medio de comunicación; todo ello gracias a la capacidad de manejo de una herramienta como es el lenguaje; un sistema humano es capaz de preguntarse sobre cómo se ve a sí mismo y sobre qué imagen tiene del entorno para actuar en consecuencia

Sistema sociocultural u organizaciones sociales	conjuntos de individuos con capacidad de crear un sentido social de organización, de compartir cultura, historia y futuro, de disponer de sistemas de valores, de elaborar sistemas de significados; el nivel 8 abarca a los sistemas de nivel 7 en interacción, con lo cual aparecen (emergen) las propiedades sistémicas
Sistemas Trascendentales	sistemas hoy no descubiertos o no existentes, que podrían convertirse en realidades en futuros próximos; este noveno nivel sería más complejo que los precedentes.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo B

Cronología de la Ingeniería de Sistemas

1930-1940	Von Bertalanffy. Fundador de la TGS y uno de los precursores del movimiento de sistemas.
1940	Sociólogos del Instituto Tavistock aplican en las organizaciones el proceso de investigación-acción creado por Kurt Lewin, desarrollado para estudiar fenómenos sociales.
1951	Morse y Kimball publican uno de los primeros libros de Investigación de Operaciones y mencionan el uso métodos estadísticos, la experimentación y métodos analíticos (teóricos) para atacar problemas y encontrar soluciones definitivas.
1953	Ackoff publica su obra metodológica sobre el diseño de la investigación social.
1954-1956	Mc Closkey y Trefethen editan dos volúmenes con problemas resueltos aplicando modelos, técnicas y herramientas de la Investigación de Operaciones en la administración de sistemas.
1957	Churchman y Ackoff publican la Introducción a la Investigación de Operaciones que contiene uno de los primeros esfuerzos sistemáticos más relevantes sobre la metodología de sistemas. H.H. Goode y R.E. Machol publican el primer libro sobre Ingeniería de Sistemas.
1959	Kaufmann empieza a publicar su serie de libros sobre métodos y modelos de la Investigación de Operaciones.
1960	Flagle, Hugging y Roy publican su obra en la que integran la Investigación de Operaciones y la Ingeniería de Sistemas.
1962	Ackoff publica su libro sobre el método científico y amplía la relevancia de su aportación metodológica. Hall hace otro de los primeros esfuerzos relevantes sobre metodología de sistemas, integra los conceptos de ciencia, tecnología y creatividad en su definición de las fases de su metodología de la Ingeniería de Sistemas.
1965	Boumol publica su obra remarcando la relación entre la Investigación de Operaciones, el Análisis de Operaciones y la Teoría Económica, a través de los modelos matemáticos, técnicas y herramientas en el estudio de esos fenómenos y en la toma de decisiones para resolver problemas sin hacer algún énfasis metodológico. Chestnut publica su libro sobre herramientas de la Ingeniería de Sistemas.
1966	Beer formaliza la interacción entre la Investigación de Operaciones, la Cibernética y la Administración a través de los conceptos de sistemas, complejidad, modelos, decisión, comunicación y control de manera integral, ampliando y consolidando las bases para el modelo general que en años subsiguientes construiría y propondría como el modelo de sistema viable.
1967	Chestnut publica su libro sobre método de Ingeniería de Sistemas en donde hace énfasis a crear, ingeniar un sistema y operarlo. Hare publica el Método para el Análisis de Sistemas compuesto de: 1. Definición del Sistema, 2. Análisis y Diagnóstico y 3. Tratamiento del Sistema (Implantación y Mejoramiento)
1968	Ackoff y Sasieni publican una versión actualizada a la primer obra de Ackoff, en el cual se enfatiza el alcance metodológico.
1969:	Jenkins presenta su método de cuatro fases: 1) Análisis de sistemas. 2) Sistemas. 3) Implantación y 4) Operación.
1970-1980	Inicia el movimiento crítico y el pensamiento sistémico. Destaca la

	participación de Flood, Jackson y Ulrich.
1971	Neufville y J.H. Stafford abordan el análisis de sistemas para la resolución de problemas y la toma de decisiones en los sistemas relacionados con la ingeniería y la administración. Churchman publica su libro Diseño de Sistemas de Indagación en el cual insiste en la importancia de la metodología de sistemas.
1972	Checkland señala la necesidad de desarrollar métodos apropiados para los sistemas suaves y a empeñar su esfuerzo en definir uno, explícito que para ello se basó en la investigación acción entre otros conceptos.
1974	Ackoff enriqueció su concepto de planeación estratégica analizando las posibilidades de diferentes filosofías, actitudes y tipologías de planeación, hasta llegar a proponer e impulsar lo que llamó la planeación interactiva para enfrentar sistemas de problemas.
1980:	Flood y Jackson alentaron su ataque a construir las bases sólidas de conocimiento teórico del pensamiento sistémico crítico,
1981	Checkland publica un libro describiendo su metodología de sistemas suaves.
1983	Ulrich publica su promesa como heurística crítica de sistemas para la planeación social.
1989	Hall expande, adapta y actualiza su metodología de la Ingeniería de Sistemas en su metodología de metasistemas.
1991	Van Gigch adapta y actualiza su Teoría General de Sistemas Aplicada presentándola como la modelación y meta-modelación en el diseño de sistemas, haciendo claro su énfasis y los modelos matemáticos, técnicas y herramientas de sistemas. Flood y Jackson presentan su propuesta como un nuevo modo para planear, diseñar y evaluar en su Intervención Total en Sistemas.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo C

Instrumentos de deuda en la Bolsa Mexicana de Valores

En el mercado de deuda mexicano se encuentran cuatro rubros:

1. Gubernamental. Se ponen a disposición de los inversionistas Títulos de Crédito o instrumentos que generan un beneficio al usuario. Abarca los siguientes instrumentos:

- BONDDES (Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal). Títulos de crédito nominativo y negociable, emitidos por el Gobierno Federal y colocados a descuento por el Banco de México a un plazo de uno o dos años. Su valor nominal es de \$100 y se colocan en el mercado a descuento, con un rendimiento pagable cada 28 días (CETES a 28 días o TIIE, la que resulte más alta). Existe una variante de este instrumento con rendimiento pagable cada 91 días, llamado Bonde91.
- Bonos BPAS: Emisiones del Instituto Bancario de Protección al Ahorro con el fin de hacer frente a sus obligaciones contractuales y reducir gradualmente el costo financiero asociado a los programas de apoyo a ahorradores. Su plazo es de tres años y tiene un valor nominal de \$100, pagable al vencimiento de los títulos en una sola exhibición. Se colocan en el mercado a descuento y sus intereses son pagaderos cada 28 días. La tasa de interés será la mayor entre la tasa de rendimiento de los CETES al plazo de 28 días y la tasa de interés anual más representativa que el Banco de México da a conocer para los pagarés con rendimiento liquidable al vencimiento (PRLV) al plazo de un mes.
- CETES (Certificados de la Tesorería de la Federación). Títulos de crédito al portador emitidos por el Gobierno Federal desde 1978, en los cuales se tiene la obligación de éste a pagar su valor nominal al vencimiento (\$10.00). Son los títulos de menor riesgo que se colocan a través de las casas de bolsa a una tasa de descuento y tienen el respaldo del Banco de México, en su calidad de agente financiero del Gobierno Federal. A través de este mecanismo se captan recursos de personas físicas y morales a quienes se les garantiza una renta fija. El rendimiento que recibe el inversionista consiste en la diferencia entre el precio de compra y venta. Las emisiones pueden ser a 28, 91, 182 y 364 días, aunque se han realizado emisiones a plazos mayores, y tienen la característica de ser los valores más líquidos del mercado.

- Pagaré de Indemnización Carretero: Se le conoce como PIC-FARAC (por pertenecer al Fideicomiso de Apoyo al Rescate de Autopistas Concesionadas), es un pagaré avalado por el Gobierno Federal a través del Banco Nacional de Obras y Servicios S.N.C. en el carácter de fiduciario. Tiene un valor nominal de 100 UDIS y su plazo va de 5 a 30 años. El rendimiento en moneda nacional de este instrumento dependerá del precio de adquisición, con pago de la tasa de interés fija cada 182 días.
- Udibonos (Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal denominados en UDIS). Títulos de deuda del Gobierno Federal, su referencia es el valor de las Unidades de Inversión (UDIS), con un valor nominal de 100 UDIS, su característica fundamental es la de proteger a sus tenedores contra el incremento de la inflación al mantener constante el valor real de su inversión y ofrecerles rendimientos reales, está ligado al INPC. Se emiten a un plazo de tres y cinco años, pagan intereses semestrales a una tasa de interés fija, se colocan a través de subastas y su rendimiento se determina por el mercado.

2. Deuda a Corto Plazo. Incluye los siguientes instrumentos:

- Aceptaciones bancarias: Letras de cambio giradas por una empresa en favor de un banco, son cotizadas por las casas de bolsa en términos de tasas de descuento y las operaciones se realizan por conducto de la Bolsa Mexicana de Valores y las mesas de dinero de los bancos, su rendimiento se sitúa entre los CETES y el papel comercial.
- Papel comercial: Título de crédito (pagaré negociable), sin garantía específica, emitido por sociedades anónimas cuyas acciones se cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores; su precio es bajo y se requiere autorización de la Comisión Nacional de Valores para su emisión, la cual fluctúa entre los 7 y 91 días.
- Pagaré con Rendimiento Liquidable al Vencimiento (PRLV). Título de crédito emitido por la institución para documentar los depósitos a plazo en moneda nacional que realizan los cuentahabientes. La tasa de interés aplicable a estos depósitos es fija durante la vigencia de los mismos y los intereses devengados son entregados junto con el capital inicial al vencerse el plazo del depósito.
- Certificado Bursátil de Corto Plazo. Es un título de crédito que se emite en serie o en masa, destinado a circular en el mercado de valores, clasificado como un instrumento de deuda que se coloca a descuento o a rendimiento y al amparo de

un programa, cuyas emisiones pueden ser en pesos, unidades de inversión o indizadas al tipo de cambio.

3. Deuda a Mediano Plazo

- Pagaré a Mediano Plazo: Título de deuda emitido por una sociedad mercantil mexicana con la facultad de contraer pasivos y suscribir títulos de crédito. Su valor nominal es de \$100, 100 UDIS, o múltiplos, con un plazo de 1 a 7 años. El pago de los intereses puede ser mensual, trimestral, semestral o anual a una tasa revisable de acuerdo con las condiciones del mercado.

4. Deuda a Largo Plazo

- Obligaciones: Son instrumentos emitidos por empresas privadas que participan en el mercado de valores. Con un valor nominal de \$100, 100 UDIS o múltiplos. Tiene un plazo de tres años en adelante. Su amortización puede ser al término del plazo o en parcialidades anticipadas con un rendimiento de sobretasa teniendo como referencia a los CETES o TIIE.
- Certificados de participación inmobiliaria: Títulos colocados en el mercado bursátil por instituciones crediticias con cargo a un fideicomiso cuyo patrimonio se integra por bienes inmuebles. Tiene un valor nominal de \$100. Su plazo es de tres años en adelante y su amortización puede ser al vencimiento o con pagos periódicos, pagan una sobretasa teniendo como referencia a los CETES o TIIE.
- Certificado de Participación Ordinarios: Títulos colocados en el mercado bursátil por instituciones crediticias con cargo a un fideicomiso cuyo patrimonio se integra por bienes muebles. Su valor nominal es de \$100 o 100 UDIS, con un plazo de 3 años en adelante y su amortización puede ser al vencimiento o con pagos periódicos, pagan una sobretasa, teniendo como referencia a los CETES o TIIE, o tasa real.
- Certificado Bursátil Instrumento de deuda de mediano y largo plazo: La emisión puede ser en pesos o en unidades de inversión. Tiene un valor nominal de \$100 pesos ó 100 UDIS dependiendo de la modalidad. Su rendimiento puede ser a tasa revisable de acuerdo a condiciones de mercado por mes, trimestre o semestre, etc.; fijo determinado desde el inicio de la emisión; a tasa real, etc. El pago de intereses puede ser mensual, trimestral, semestral, etc.

- Pagaré con rendimiento liquidable al vencimiento a plazo mayor a un año: Conocidos como los PRLV's, son títulos emitidos por instituciones de crédito. Los PRLV's ayudan a cubrir la captación bancaria y alcanzar el ahorro interno de los particulares. Tiene un valor nominal de \$1, su plazo es de un año en adelante, los intereses se pagarán a la tasa pactada por el emisor precisamente al vencimiento de los títulos.

Anexo D

Emisoras que forman parte del Índice de Precios y Cotizaciones de México.

En el IPyC se utiliza una muestra de acciones balanceada, ponderada y representativa del conjunto total de acciones cotizadas en este mercado. El peso relativo de cada una de las series accionarias que componen la muestra para el cálculo del IPyC se explica por su valor de mercado: se trata de un índice ponderado por valor de capitalización. Por ejemplo, si se observa el valor de una serie accionaria, respecto del peso que tiene en la muestra, sus movimientos afectan en forma importante el resultado final del índice. La fecha base de cálculo del principal índice bursátil es el 30 de octubre de 1978. Esto significa que la base igual a 100 para realizar los cálculos es la obtenida en esa fecha.

Las emisoras que forman parte del Índice de Precios y Cotizaciones de México durante el periodo febrero 2010 a enero 2011 son:

Emisora	Nombre	Sector
ALFA A	Grupo Alfa	Industrial
AMX L	América Móvil	Telecomunicaciones
ARA	Consortio ARA	Inmobiliaria
ASUR B	Grupo Aeroportuario del Sureste	Turismo
AUTLAN B	Minera Autlán	Minero
AXTEL CPO	Axtel	Telecomunicaciones
BIMBO A	Grupo Bimbo	Alimentación
BOLSA A	Bolsa Mexicana de Valores	Financiero
CEMEX CPO	Cemex	Industrial
COMERCI UBC	Comercial Mexicana	Comercial
COMPART O	Banco Compartamos	Financiero
ELEKTRA	Grupo Elektra	Comercial
FEMSA UBD	Fomento Económico Mexicano	Bebidas
GAP B	Grupo Aeroportuario del Pacífico	Turismo
GCARSO A1	Grupo Carso	Comercial
GEO B	Corporación GEO	Inmobiliaria
GFAMSA A	Grupo Famsa	Comercial
GFINBUR O	Grupo Financiero Inbursa	Financiero
GFNORTE O	Grupo Financiero Banorte	Financiero
GMEXICO B	Grupo México	Minero
GMODELO C	Grupo Modelo	Bebidas
GRUMA B	Grupo Maseca	Alimentación
HOMEX	Desarrolladora Homex	Inmobiliaria

ICA	Empresas ICA	Construcción e Infraestructura
KIMBER A	Kimberly-Clark	Industrial
MEGA	Megacable Holdings S.A.B. De C.V.	Telecomunicaciones
MEXCHEM	Mexichem	Industrial
PE&OLES	Industrias Peñoles	Minero
SORIANA B	Organización Soriana	Comercial
TELECOM A1	Carso Global Telecom	Telecomunicaciones
TELINT L	Telmex Internacional	Telecomunicaciones
TELMEX L	Telmex	Telecomunicaciones
TLEVISA CPO	Grupo Televisa	Entretenimiento
TVAZTCA CPO	TV Azteca	Entretenimiento
URBI	Urbi Desarrollos Urbanos	Vivienda
WALMEX V	Walmex	Comercial

Fuente: Bolsa Mexicana de Valores

Anexo E

Cotización al cierre de las acciones e IPyC.

Fecha	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	AMXL	CYDSA	GRUPO GEO	IPyC	Fecha	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	AMXL	CYDSA	GRUPO GEO	IPyC
30/12/2005	21.9169288	6.30216089	13.8474995	14.25301	3.2	37.58	17.80271	09/11/2010	68.56	9.40229476	33.88	35.1996826	18.2	39.85	36.19803
02/01/2006	21.911242	6.36925613	13.915552	14.3538351	3.2	37.61	17.9257	10/11/2010	68.21	9.51093472	33.95	35.070272	18	39.78	36.41747
03/01/2006	22.5111995	6.63284461	14.2206147	15.1329386	3.17	37.5	18.50069	11/11/2010	68.12	9.45167656	33.83	35.0005894	18.5	39.43	36.30454
04/01/2006	23.1623381	6.55616433	14.269894	15.6462303	2.7	37.69	18.66923	12/11/2010	68.16	9.41217112	33.71	35.13	18.5	38.6	36.05739
05/01/2006	23.1026267	6.55616433	14.424772	15.4812436	2.8	37.5	18.60834	16/11/2010	67.04	9.22452028	33.8	34.87	16	38.35	35.64821
06/01/2006	23.0827229	6.51303167	14.3707994	15.682894	2.82	37.4	18.73678	17/11/2010	67.27	9.244273	33.76	35.07	18	38.72	35.84248
09/01/2006	23.1566513	6.5226167	14.3966124	16.0586968	3.2	37.19	18.99883	18/11/2010	68.1	9.42204748	33.95	35.52	18.9	40.2	36.32212
10/01/2006	23.0912531	6.4411439	14.2933604	15.8845443	3.2	36.97	18.91238	19/11/2010	68.36	9.52081108	34.64	35.61	18.95	40.08	36.6014
11/01/2006	23.6968973	6.50344663	14.287743	16.2603471	2.99	37.15	19.16044	22/11/2010	68.85	9.491182	35.2	35.53	18.9	40.31	36.71046
12/01/2006	23.6570897	6.40280376	14.0141107	16.0953605	2.99	36.07	18.92501	23/11/2010	68.48	9.55044016	34.79	35.07	18.9	39.18	36.27183
13/01/2006	23.5717877	6.34050103	13.8592327	16.1778538	3.19	35.63	18.8892	24/11/2010	70.27	9.60969832	35.31	35.68	18.89	39.99	37.07928
16/01/2006	23.4921725	6.35008606	13.9014722	16.2420152	3.28	35.47	18.95829	25/11/2010	70.35	9.69858556	35.26	35.59	18	40.01	36.9692
17/01/2006	23.1395909	6.19193298	13.786487	15.4537459	3	34.62	18.48963	26/11/2010	70.71	9.75784372	35.56	35.57	18	39.81	36.90453
18/01/2006	22.8779981	6.08649759	13.8146466	15.4812436	3	34.92	18.26596	29/11/2010	70.5	9.77759644	35.54	35.33	18.88	39.94	36.89061
19/01/2006	22.8609377	6.13442276	13.9484049	15.7653873	3	35.54	18.52145	30/11/2010	70.6	9.8862364	35.12	35.28	18.01	40.11	36.81732
20/01/2006	22.4685485	6.00023227	13.8521928	15.4629118	3	34.72	18.34623	01/12/2010	71.21	10.231909	35.25	35.7	18.9	41.08	37.2756
23/01/2006	22.6931771	5.94272205	13.9742179	15.554571	3	34.9	18.47113	02/12/2010	70.63	10.4096835	34.9	35.61	19	41.3	37.39947
24/01/2006	22.7301413	6.04336493	14.1032829	16.2511812	3	35.5	18.87541	03/12/2010	70.75	10.1528981	34.77	35.35	18.99	41.28	37.38591
25/01/2006	22.9035887	6.0098173	14.4083456	16.1686879	2.98	35.39	18.86637	06/12/2010	70.2	10.1035163	35.43	35.58	18.9	41.9	37.73713
26/01/2006	23.2590137	6.18234794	14.6523957	16.7003114	3	35.79	19.21675	07/12/2010	70.83	10.123269	35.46	35.63	18.95	42.09	37.88013
27/01/2006	23.8618146	6.02419485	14.2135748	16.3611722	3	34.7	18.9565	08/12/2010	70.37	9.96524728	35.06	35.36	18.75	42.15	37.61777
30/01/2006	23.7025841	5.90438191	13.9765645	16.1778538	3	34.38	18.84924	09/12/2010	69.96	9.985	35	35.02	18.95	42.65	37.56739
31/01/2006	23.3158817	5.95709961	14.2393878	16.1961856	3	35.86	18.9071	10/12/2010	69.7	9.985	34.77	35.37	17.1	42.91	37.67778
01/02/2006	23.1651815	6.00502478	14.5467971	16.3795041	2.98	35.87	19.16238	13/12/2010	69.92	9.91	34.74	35.38	18	43.7	37.89434
02/02/2006	22.9718303	5.94272205	14.4975177	16.0861946	2.98	36.65	19.06038	14/12/2010	69.7	9.7	34.69	35.44	18.15	43.2	37.90104
03/02/2006	22.8979019	5.82770163	14.3567196	15.8753783	2.99	37.03	18.86218	15/12/2010	69.14	9.68	34.97	35.04	18	43.11	37.67655
07/02/2006	23.3528459	5.73185127	14.3614128	15.8387146	2.99	36.45	18.66506	16/12/2010	69.2	9.79	35.58	35	18.1	43.35	37.83286
08/02/2006	23.4154007	5.58328322	14.0375771	16.3061767	2.99	35.66	18.41024	17/12/2010	69.57	9.79	35.74	35.18	18.89	43.49	37.99734
09/02/2006	23.8134767	5.5452811	14.3379465	16.1595219	3	35.73	18.51833	20/12/2010	69.4	9.84	35.31	35.09	18.89	43.34	37.97548
10/02/2006	23.7736691	5.59766077	14.1596021	16.2053516	2.9	35.39	18.29858	21/12/2010	69.37	9.82	35.64	35.19	18.7	44.4	38.23086
13/02/2006	23.5120763	5.9766077	14.0305372	15.7378895	2.85	33.97	17.88363	22/12/2010	68.99	9.86	35.69	34.97	18.5	44.4	38.17291
14/02/2006	23.5262933	5.59286825	13.7559807	15.8203828	2.85	35.27	18.02301	23/12/2010	68.96	9.92	35.57	35.03	18.5	44.1	38.13147
15/02/2006	23.5831613	5.60724581	13.7700606	16.1411901	3	36.43	18.16916	24/12/2010	68.79	9.87	35.3	35.01	17.1	44.7	38.08107
16/02/2006	23.8731882	5.78936148	13.9484049	16.5169929	3	37	18.45724	27/12/2010	68.9	9.96	35.22	34.94	19	44.72	38.13285
17/02/2006	23.864658	5.72226623	13.8169933	16.3703382	3	36.99	18.48078	28/12/2010	68.73	9.97	35.02	35.2	18.7	44.31	38.14751
20/02/2006	23.8874052	5.70309616	14.0047242	16.38867	3	37	18.54258	29/12/2010	68.89	10.01	34.94	35.13	19.24	44.52	38.2302
21/02/2006	23.921526	5.7126812	13.7325144	16.3061767	3.2	37.17	18.49738	30/12/2010	69.26	10.02	35.24	35.17	17.68	44	38.24314
22/02/2006	24.291168	5.74143631	13.9249385	16.626984	3.05	38.81	18.78046	31/12/2010	69.05	10.05	35.29	35.4	17.63	45.3	38.55079
23/02/2006	24.5101098	5.75581386	14.4271187	17.0486165	3	40.49	19.11772	03/01/2011	69.3	10.1	35.27	35.55	17.63	44.5	38.6058
24/02/2006	24.774546	5.6312084	14.4130388	17.1769394	3	40.29	19.10089	04/01/2011	69.44	10.17	35.52	35.58	19.2	43.83	38.54216
27/02/2006	25.7384587	5.65517099	14.1502156	16.7278092	3.2	40.2	18.85467	05/01/2011	69.12	10.1	35.7	35.93	18.99	43.32	38.69624
28/02/2006	25.6958077	5.64079343	14.07043	16.6634677	3.2	41.13	18.70632	06/01/2011	68.79	10.16	35.83	35.94	19.2	42.5	38.58967
01/03/2006	26.0455459	5.77498393	14.1877618	17.0944641	3.11	42.41	19.05874	07/01/2011	68	10	35.98	36.13	18.98	42.75	38.60086
02/03/2006	26.1564385	5.77498393	14.3332532	17.103612	3.11	41.34	19.10233	10/01/2011	67.65	10.04	35.7	35.88	18.96	42.25	38.37816
03/03/2006	26.0796667	5.88521184	14.3191734	17.0852801	3.15	41.3	19.18925	11/01/2011	66.8	10.02	34.87	35.69	18.95	42.25	38.02881
06/03/2006	25.8266041	5.8468717	14.07043	17.0486165	3.2	40.04	18.99146	12/01/2011	68.08	10.09	35	35	18.03	42.16	37.96331
07/03/2006	25.1783088	5.78456897	13.9202453	16.6361499	3.18	39.09	18.55107	13/01/2011	68.3	10.09	34.8	35.25	18.5	41.61	38.07019
08/03/2006	25.2493939	5.73664379	13.6527287	16.3703382	3.2	37.7	18.39882	14/01/2011	68.89	10.05	34.34	35.15	18.49	41.83	37.99472
09/03/2006	25.4939263	5.76539899	13.2397208	16.38867	3	37.2	18.31057	17/01/2011	69	9.95	34.21	35.15	18.8	42.13	38.09691
10/03/2006	25.8749419	5.76539899	13.5119306	16.3153426	3.12	38.5	18.42017	18/01/2011	68.35	10.03	34.4	35.58	18.3	42.13	38.1513
13/03/2006	25.7213983	5.80853155	13.6480355	16.7644728	3.08	39.3	18.70619	19/01/2011	67.29	10.12	34.12	35.4	18	42.11	37.81016
14/03/2006	25.6560001	5.8756268	13.7512875	17.0852801	3.12	39.94	18.94104	20/01/2011	66.54	10.16	33.76	35.31	19.9	42.18	37.58468
15/03/2006	27.1317248	5.85645673	13.709048	17.0394505	3	40.47	18.99964	21/01/2011	65.4	10.12	33.5	35.18	18.51	41.5	37.32111
16/03/2006	27.566765	5.81811659	13.9390184	17.0669483	3.14	39.77	19.16643	24/01/2011	65.96	10.27	33.85	35.49	18.51	41.75	37.6679
17/03/2006	27.8169842	5.81332407	14.0845098	17.3969215	3	39.14	19.3458	25/01/2011	66.18	10.32	34.35	35.1	18	41.31	37.47076
20/03/2006	28.2093735	5.97626968	14.1596021	17.660685	2.95	39.49	19.58112	26/01/2011	66.81	10.39	34.82	34.82	19.9	42.2	37.5854
23/03/2006	27.6776576	6.1235636	14.2769339	17.4863717	2.96	40.89	19.59811	27/01/2011	65.3	10.37	34.65	34.55	18.51	41.5	37.4477
23/03/2006	27.7544294	6.11873429	13.9014722	17.2111403	2.95	39.79	19.25587	28/01/2011	64.39	10.34	34.05	34.77	18	41	36.83972
24/03/2006	27.7601162	6.18634461	13.915552	17.2570122	2.95	39.61	19.3393	31/01/2011	64.33	10.51	33.74	34.6	18.51	41.53	36.98224
27/03/2006	28.0643601	6.14771014	13.6527287	17.1377452	3	38.97	19.22632	01/02/2011	64.96	10.6	34.27	35.15	18.51	43.25	37.6181
28/03/2006	28.6216665	5.9593671	13.3007333	16.9359088	3.01	38.4	18.92998	02/02/2011	65.2	10.78	35.5	35.2	19.18	42.94	37.94875
29/03/2006	28.6387269	5.93039124	13.4743844	16.963432	3										

Anexo F

Variación diaria de las acciones e IPyC.

FECHA	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXYV	AMXL	CYDSA	Grupo geo	IPyC	FECHA	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXYV	AMXL	CYDSA	Grupo geo	IPyC
02/01/2006	-0.00025947	0.01064639	0.00491442	0.00707395	0	0.00079893	0.00698095	09/11/2010	-0.00058309	-0.01956746	-0.00557675	-0.02239425	0	0.01528662	-0.00945068
03/01/2006	0.02738126	-0.0413845	0.02192243	0.05427842	-0.009375	-0.00292475	0.03207629	10/11/2010	-0.00510502	0.01155462	0.00206612	-0.00367647	-0.01098901	-0.00175659	0.00606221
04/01/2006	-0.00289251	-0.01156069	0.00346535	0.03391884	-0.14826498	0.00506667	0.00910993	11/11/2010	-0.00131945	-0.00623053	-0.00353461	-0.00198694	-0.02777778	-0.00879839	-0.00310098
05/01/2006	-0.00257795	0	0.01085348	-0.01054482	0.03703704	-0.00504112	-0.00326152	12/11/2010	0.0005872	-0.00417973	-0.00354715	0.00369738	0	-0.02104996	-0.00680769
06/01/2006	-0.00086154	-0.00657895	-0.00374166	0.01302546	0.00714286	-0.00266667	0.00690228	16/11/2010	-0.01643192	-0.01993704	0.00266983	-0.00740108	-0.13513514	-0.00647668	-0.01134802
09/01/2006	0.00320276	0.00147167	0.00179621	0.02396259	0.13475177	-0.00561497	0.01398586	17/11/2010	0.00343079	0.00214133	-0.00118343	0.00573559	0.125	0.00964798	0.00544964
10/01/2006	-0.00282417	-0.01249082	-0.00717196	-0.01084475	0	-0.00591557	-0.00455028	18/11/2010	0.01233834	0.01923077	0.00562796	0.01283148	0.05	0.03822314	0.01338189
11/01/2006	0.0262283	0.00967262	-0.00311936	0.0236584	-0.065625	0.00486881	0.01311628	19/11/2010	0.00381791	0.01048218	0.02032401	0.00253378	0.0026455	-0.00298507	0.00768898
12/01/2006	-0.00167987	-0.01547531	-0.01646904	-0.01014656	0	-0.02907133	-0.0122873	22/11/2010	0.00716793	-0.00311203	0.01616628	-0.00224656	-0.00263852	0.00573852	0.00297967
13/01/2006	0.00360577	-0.00973054	-0.01105157	0.00512528	0.06688963	-0.0121985	-0.00189221	23/11/2010	-0.005374	0.0062435	-0.01164773	-0.01294681	0	-0.02803275	-0.01194837
16/01/2006	0.00337756	-0.00151172	0.00304775	0.00396601	0.02821317	-0.0044906	0.00365765	24/11/2010	0.02613902	0.00620476	0.01494682	0.01739378	-0.0005291	-0.02067381	0.02261608
17/01/2006	0.01500847	-0.02490566	-0.00827144	-0.04853273	-0.08536585	-0.02396391	-0.02472058	25/11/2010	0.00113847	0.00924974	-0.00141603	-0.00252242	-0.04711488	0.00050013	-0.00296877
18/01/2006	-0.01130499	-0.01702786	0.00204255	0.00177936	0	0.00866551	-0.01209705	26/11/2010	0.00511727	0.00610998	0.00850822	-0.00056196	0	-0.00499875	-0.00174929
19/01/2006	-0.00074571	-0.00787402	0.00968235	0.01835406	0	0.01775487	-0.01398722	29/11/2010	-0.00296988	0.00202429	-0.00056243	-0.00674276	0.04888889	-0.00326551	-0.00037749
20/01/2006	-0.01716418	-0.021875	-0.00689771	-0.01918605	0	-0.02307259	-0.00946038	30/11/2010	0.00141844	0.01111111	-0.01181767	-0.00141523	-0.04608051	-0.00242638	-0.00198668
23/01/2006	0.00999747	-0.00958466	0.00889098	0.00592768	0	0.00518433	0.00549868	01/12/2010	0.00864023	0.03496503	0.00370159	0.01190476	0.04941699	0.0241835	0.01250064
24/01/2006	0.00162887	0.01693548	0.00923594	0.04478491	0	0.01719198	0.02321773	02/12/2010	-0.00814492	0.01737452	-0.00992908	-0.00252101	0.00529101	0.00535554	0.00327033
25/01/2006	0.00763072	-0.00555115	0.02163062	-0.00507614	-0.00666667	-0.00309859	-0.00478993	03/12/2010	0.00169899	-0.02466793	-0.00372493	-0.00730132	-0.00052632	-0.00048426	-0.00362557
26/01/2006	0.001551831	0.02870813	0.01693811	0.03287982	0.00671141	0.01130263	0.01857167	06/12/2010	-0.00777385	-0.00486381	0.01898188	0.00605636	-0.00479394	0.01501938	0.00394455
27/01/2006	0.02591687	-0.0255814	-0.02994875	-0.02030735	0	-0.03045533	-0.01354287	07/12/2010	0.00897436	0.00195503	0.00084674	0.00140528	0.00246455	0.00543641	0.00378937
30/01/2006	0.00667302	-0.01988862	-0.01667492	-0.01120448	0	-0.0092219	-0.00565822	08/12/2010	-0.00649442	-0.01560976	-0.01128032	-0.00757788	-0.01055409	0.01425252	-0.00692606
31/01/2006	-0.01631478	0.00892857	0.01880457	0.0113314	0	0.04304828	0.00306962	09/12/2010	-0.00582635	0.00198216	-0.00171135	-0.00961538	0.01066667	0.0118624	-0.00133926
01/02/2006	-0.00646341	0.00804505	0.00158866	0.01131862	-0.00666667	0.00027886	0.01350181	10/12/2010	-0.00371641	0	-0.00657143	0.00999429	-0.09762533	0.00609613	0.00293845
02/02/2006	-0.0034663	-0.0103751	-0.00338764	-0.01790711	0	0.02174519	-0.00532293	13/12/2010	0.00315638	-0.00751127	-0.00086281	0.00028273	0.05263158	-0.01846063	0.00574768
03/02/2006	-0.00321822	-0.01935484	-0.00971188	-0.01310541	0.0033557	0.01036835	0.01039853	14/12/2010	-0.00314645	-0.02119072	-0.00143926	-0.00169587	0.00833333	-0.01144165	0.00017681
07/02/2006	0.01986837	-0.01644737	0.0003269	-0.00230947	0	-0.01566298	-0.01045054	15/12/2010	-0.00803443	-0.00206186	0.00807149	-0.01128668	-0.00826446	-0.00203833	-0.00592306
08/02/2006	-0.00267868	-0.02591973	-0.02254902	0.02951389	0	-0.02167353	-0.01365225	16/12/2010	0.0008678	0.01136364	0.01744352	0.00114155	0.00535556	0.0056715	0.0041873
09/02/2006	0.01700061	-0.00515021	0.02139753	-0.00899382	0.00334448	0.00196298	0.00587119	17/12/2010	0.00534682	0	0.00449691	0.00514286	0.04364641	0.00322953	0.00434754
10/02/2006	-0.00167164	-0.0076531	-0.01243863	0.00283607	-0.03333333	-0.00951581	-0.01186662	20/12/2010	-0.00244358	0.00510725	-0.01209134	-0.00255827	0	-0.00344907	-0.00036257
13/02/2006	0.01100347	0	-0.00911501	-0.02884615	-0.01724138	-0.04012433	-0.02267662	21/12/2010	-0.00043228	-0.00203252	0.00934579	0.00284981	-0.01005823	0.02445778	0.00672478
14/02/2006	0.00060467	-0.0085616	-0.01956849	0.0052417	0	0.03826906	-0.00779372	22/12/2010	-0.00547787	0.00407352	0.00140292	-0.00625178	0.01069519	0	-0.00151549
15/02/2006	0.00241721	0.00257069	0.00102354	0.0202781	0.05263158	0.03288914	0.00810908	23/12/2010	-0.00043485	0.00608519	-0.00336229	0.00171576	0	-0.00675676	-0.01008559
16/02/2006	0.01229805	0.03247863	0.0129516	0.02328223	0	0.01564645	0.01585544	24/12/2010	-0.00246252	-0.00504032	-0.00759067	-0.00057094	-0.07567568	0.01360544	-0.00132174
17/02/2006	-0.00035731	-0.0115894	-0.00942127	-0.00887902	0	-0.00027027	0.00127538	27/12/2010	0.00159907	0.00911854	-0.00226629	-0.00199943	0.11111111	0.00044743	0.00135973
20/02/2006	0.00095318	-0.00335008	0.01358696	0.00111982	0	0.00027034	0.00334401	28/12/2010	0.00246734	0.00100402	-0.00567859	0.00744133	-0.01578947	-0.00916816	0.00038445
21/02/2006	0.0014284	0.00168067	-0.019437	-0.00503356	0.06666667	0.00459459	-0.00243763	29/12/2010	-0.00323795	0.00401204	-0.00228441	-0.00198864	0.00287701	0.00473934	0.00216764
22/02/2006	0.01545228	0.00503356	0.0140123	0.01967397	-0.046875	0.0441216	0.01530379	30/12/2010	0.00537088	0.000999	0.00858615	0.00113863	-0.08108108	0.00033848	0.00033848
23/02/2006	0.00901323	0.00250417	0.03606336	0.02535832	-0.01639344	0.04328781	0.01795803	31/12/2010	-0.00303205	0.00299401	0.00141884	0.00653966	-0.00282805	0.02954545	0.00804458
24/02/2006	0.01078886	-0.02164863	-0.00097593	0.00752688	0	-0.00493949	-0.00808034	03/01/2011	0.00362056	0.00497512	-0.00056673	0.00042329	0	-0.01766004	0.00142695
27/02/2006	0.03890738	0.00255232	-0.0182351	-0.02614728	0.06666667	-0.0022338	-0.0128905	04/01/2011	0.0020202	0.00693069	0.00198469	0.00084388	0.08905275	-0.01505618	-0.00164866
28/02/2006	0.00165709	-0.00254237	-0.00653847	-0.00383562	0	0.02314343	-0.00786808	05/01/2011	-0.00460829	-0.00688259	0.01420455	0.00983699	-0.0109375	-0.01163587	0.00399777
01/03/2006	0.01361071	0.02378929	0.00833889	0.02585259	-0.028125	0.03112084	0.01883962	06/01/2011	0.00477431	0.00594099	0.00364146	0.00027832	0.0105845	-0.0189289	0.00275401
02/03/2006	0.00425764	0	0.01025471	0.00053619	0	-0.0252299	0.00228714	07/01/2011	-0.01148423	-0.01574803	0.00418644	0.00528659	-0.01145833	0.00588235	0.00289907
03/03/2006	-0.0029351	0.01908714	-0.00098232	-0.00107181	0.01286174	-0.00096759	0.00455023	10/01/2011	-0.00514706	0.004	-0.0077821	-0.00691946	-0.00105374	-0.01169591	-0.00576993
06/03/2006	-0.00970345	-0.00651466	-0.01737135	-0.00214592	-0.01587302	-0.03058047	-0.01030733	11/01/2011	-0.01256467	-0.00199203	-0.0232493	-0.00529543	-0.00052743	0	-0.00910283
07/03/2006	-0.02510184	-0.01065574	-0.01067378	-0.02419355	-0.00625	-0.02372627	-0.02318884	12/01/2011	0.01916168	0.00698603	0.00372813	-0.01933315	-0.04854881	-0.00213018	-0.00172238
08/03/2006	0.00282326	-0.008285	-0.0192178	-0.01597796	0.00628931	-0.03555587	-0.0020707	13/01/2011	0.00323149	0	0.00571429	0.000714286	0.00266767	-0.01304554	0.00281535
09/03/2006	0.00968468	0.00501253	-0.03025095	0.00111982	-0.0625	-0.0132626	-0.00479665	14/01/2							

Anexo G

Pesos optimizados para beta de los portafolios de 0.9

portafolio	pesos optimizados para beta port 0.9					
	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	GIGANTE	IDEAL	Grupo GEO
1	0.14556067	0.23743762	0.23807479	0.22823082	0.02600871	0.1246874
2	0.14555023	0.23747193	0.2380601	0.22814433	0.02614871	0.1246247
3	0.14555134	0.23746824	0.23806168	0.22815364	0.02613365	0.12463145
4	0.14554841	0.23747803	0.23805748	0.22812891	0.02617366	0.12461351
5	0.14556195	0.23743145	0.23807774	0.22824683	0.02598309	0.12469894
6	0.14556128	0.23743374	0.23807674	0.22824105	0.02599244	0.12469475
7	0.14555992	0.23743836	0.23807473	0.22822935	0.02601135	0.12468629
8	0.14556113	0.23743431	0.2380765	0.22823961	0.02599476	0.1246937
9	0.14556459	0.23742281	0.2380815	0.22826875	0.02594761	0.12471473
10	0.14556965	0.23740574	0.23808891	0.22831196	0.02587779	0.12474594
11	0.14556898	0.23740803	0.23808792	0.22830617	0.02588715	0.12474176
12	0.14557144	0.23739978	0.23809147	0.22832703	0.02585345	0.12473293
13	0.14556716	0.23741427	0.2380852	0.22829034	0.02591272	0.12473031
14	0.14556839	0.23741009	0.23808701	0.22830093	0.02589562	0.12473796
15	0.14556758	0.23741284	0.23808582	0.22829397	0.02590686	0.12473293
16	0.14541881	0.23702166	0.23786037	0.22900431	0.02615381	0.12454105
17	0.14541894	0.23702122	0.23786056	0.22900542	0.02615201	0.12454185
18	0.14541951	0.23701929	0.2378614	0.22901029	0.02614414	0.12454537
19	0.14566062	0.23727015	0.23800743	0.22854985	0.02590217	0.12460979
20	0.14566062	0.23727015	0.23800743	0.22854985	0.02590217	0.12460979
21	0.14565997	0.23727238	0.23800646	0.22854421	0.02591127	0.12460572
22	0.14566165	0.23726662	0.23800896	0.22855878	0.02588777	0.12461623
23	0.14566174	0.23726629	0.2380091	0.22855961	0.02588642	0.12461683
24	0.14566855	0.23724237	0.23801951	0.22862022	0.02578888	0.12466056
25	0.14566855	0.23724237	0.23801951	0.22862022	0.02578888	0.12466056
26	0.14567149	0.23723219	0.23802394	0.22864599	0.02574723	0.12467916
27	0.14567086	0.2372344	0.23802297	0.22864039	0.02575625	0.12467512
28	0.15091798	0.23849135	0.24913639	0.24869238	0.02394516	0.08881674
29	0.15091782	0.23849198	0.24913611	0.24869078	0.02394774	0.08881556
30	0.15091878	0.23848806	0.24913781	0.24870068	0.02393177	0.08882289
31	0.15091878	0.23848806	0.24913781	0.24870068	0.02393177	0.08882289
32	0.15091595	0.23849973	0.24913271	0.24867125	0.02397923	0.08880113
33	0.15091615	0.2384989	0.24913307	0.24867334	0.02397586	0.08880268
34	0.15091615	0.2384989	0.24913307	0.24867334	0.02397586	0.08880268
35	0.15091549	0.23850173	0.24913183	0.24866621	0.02398735	0.0887974
36	0.15091449	0.23850597	0.24912997	0.24865549	0.02400461	0.08878946
37	0.15091825	0.23849036	0.24913675	0.24869464	0.02394149	0.0888185
38	0.15092139	0.2384783	0.24914198	0.24872481	0.02389262	0.08884089
39	0.15091764	0.23849274	0.24913576	0.24868882	0.02395084	0.0888142
40	0.15091744	0.23849349	0.24913544	0.24868696	0.02395385	0.08881282
41	0.15092413	0.23846746	0.24914663	0.24875195	0.02384887	0.08886096
42	0.15092189	0.23847634	0.24914281	0.24872979	0.02388463	0.08884454
43	0.15092075	0.2384807	0.24914094	0.24871892	0.02390216	0.08883652
44	0.15093122	0.23843984	0.24915839	0.24882017	0.02373892	0.08891146
45	0.15093144	0.238439	0.24915875	0.24882226	0.02373555	0.088913
46	0.15093144	0.238439	0.24915875	0.24882226	0.02373555	0.088913
47	0.15115488	0.23836401	0.24848905	0.24917447	0.02403494	0.08878265
48	0.15138436	0.23863433	0.24852395	0.24873358	0.0238729	0.08885088
49	0.15137425	0.23867984	0.24850406	0.24861993	0.02405546	0.08876646
50	0.15137286	0.23868594	0.2485014	0.24860474	0.02407989	0.08875517
51	0.15138221	0.23865	0.24851691	0.24869279	0.02393754	0.08882054
52	0.15138366	0.23864432	0.24851939	0.24870671	0.02391506	0.08883087
53	0.15138947	0.23862116	0.24852947	0.24876332	0.02382364	0.08887294
54	0.15138849	0.23862506	0.24852777	0.24875379	0.02383903	0.08886586
55	0.15139222	0.23861024	0.24853423	0.24879003	0.02378048	0.0888928
56	0.15139262	0.23860866	0.24853491	0.24879389	0.02377425	0.08889567
57	0.1513897	0.23861977	0.2485301	0.24876681	0.02381809	0.08887554
58	0.15137444	0.23867638	0.24850553	0.24862882	0.02404186	0.08877298
59	0.15120883	0.23822101	0.24828562	0.2492049	0.02425419	0.08882545
60	0.15122144	0.23817589	0.2483051	0.24931472	0.02407593	0.08890692
61	0.15118874	0.23795563	0.24822126	0.24965141	0.02409149	0.08889147
62	0.15119127	0.23794706	0.24822493	0.2496722	0.02405774	0.0889068
63	0.15123986	0.23766119	0.24816135	0.250216	0.02396485	0.08875675
64	0.15123667	0.23767118	0.24815714	0.25019189	0.02400409	0.08873902

Fuente: elaboración propia.

Anexo H

Betas individuales para beta de los portafolios de 0.9

portafolio	betas individuales para beta del portafolio = 0.9					
	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	GIGANTE	IDEAL	Grupo GEO
1	0.82634753	0.69381091	0.88283665	1.15791013	0.28799022	1.06696677
2	0.82626552	0.69476119	0.88255985	1.15781228	0.28955957	1.0666295
3	0.82617696	0.694879	0.88245803	1.15776274	0.2895744	1.06669127
4	0.82617271	0.69496189	0.88247112	1.15778714	0.28958432	1.06673541
5	0.8257447	0.69465825	0.88274769	1.15766795	0.28932055	1.06620968
6	0.82579468	0.69465208	0.88272192	1.15763957	0.28931224	1.06632452
7	0.82582668	0.6949073	0.88285134	1.15763277	0.28957147	1.06564698
8	0.82586089	0.69488932	0.88285724	1.15768572	0.28951681	1.06543459
9	0.82581607	0.6948758	0.88279374	1.15773024	0.28883434	1.0653673
10	0.82578356	0.69469895	0.88269834	1.157631	0.28958195	1.06544568
11	0.82579075	0.69473631	0.88270219	1.15762938	0.28957198	1.06543036
12	0.82586674	0.69469458	0.8824367	1.15772307	0.28975547	1.06547877
13	0.82583471	0.69478391	0.88257845	1.15766028	0.28977602	1.06560758
14	0.82584863	0.69475085	0.88258282	1.15766096	0.29021903	1.06543111
15	0.82585932	0.69472906	0.88263119	1.1576698	0.2902284	1.0654215
16	0.82573985	0.69460624	0.8826887	1.15757778	0.28996319	1.06514739
17	0.82577342	0.69457113	0.88267238	1.15761044	0.29005133	1.06511481
18	0.82577436	0.69453323	0.88268817	1.15759508	0.29006332	1.06512546
19	0.82578696	0.69455981	0.88273133	1.15759041	0.29055532	1.06514356
20	0.82578738	0.6945758	0.88272472	1.15758415	0.29076175	1.06511954
21	0.82579153	0.69457546	0.88273218	1.15757737	0.29078194	1.06514027
22	0.82579209	0.69458683	0.88271306	1.15755792	0.29089526	1.06500762
23	0.82578698	0.69458634	0.88270375	1.15755787	0.29099866	1.06500127
24	0.82555864	0.69452824	0.88257023	1.15749397	0.29082965	1.06509183
25	0.82556316	0.69453697	0.88256637	1.15749989	0.29082401	1.06506153
26	0.82554271	0.69447819	0.88257294	1.15748116	0.29018377	1.065062
27	0.82545901	0.694382	0.88267712	1.15753278	0.29003887	1.06514341
28	0.825492	0.69429824	0.88261563	1.15749745	0.2899378	1.07118562
29	0.8255096	0.69432096	0.88261113	1.15749143	0.28995748	1.07113355
30	0.82552793	0.69416157	0.88267144	1.15749923	0.28999375	1.07118042
31	0.82569607	0.69403173	0.88314005	1.15734508	0.29000331	1.07093022
32	0.82554553	0.69397075	0.88310329	1.15747716	0.29038322	1.07088502
33	0.8255485	0.69395852	0.88304951	1.15750203	0.29052964	1.0709207
34	0.82546787	0.69398068	0.88314784	1.15750817	0.29054951	1.07112662
35	0.82546145	0.69390994	0.88310968	1.15748951	0.29063134	1.07115336
36	0.82543817	0.69392542	0.88311882	1.15751262	0.29056863	1.07125145
37	0.8256949	0.69347624	0.88313457	1.15735965	0.29104855	1.07165299
38	0.82583335	0.69331147	0.88324898	1.15727338	0.2888987	1.0718689
39	0.82611443	0.69329076	0.88329154	1.15717184	0.29056367	1.07172609
40	0.82612499	0.69351034	0.88334371	1.157118	0.29042967	1.07120049
41	0.82599489	0.69335657	0.88299554	1.15721085	0.29094821	1.07135754
42	0.826042	0.69339012	0.8830729	1.15712794	0.29168322	1.07136398
43	0.82631188	0.69338299	0.88309946	1.15717726	0.29263894	1.07063076
44	0.82636441	0.69295196	0.8832691	1.15662881	0.29394592	1.07078448
45	0.82632008	0.69308524	0.88314536	1.15667834	0.29418679	1.0706013
46	0.82607278	0.69291249	0.88315757	1.15647086	0.29381079	1.0718334
47	0.82597314	0.69317992	0.88384538	1.15625264	0.29458162	1.071225
48	0.82590152	0.69321491	0.88411332	1.15618767	0.29526372	1.07136493
49	0.82604709	0.69372382	0.88387685	1.15645292	0.29528119	1.07149139
50	0.82618428	0.69359981	0.88398041	1.15646298	0.2952195	1.07153414
51	0.82671062	0.69216764	0.88479283	1.15637381	0.29377561	1.07143946
52	0.82662758	0.69201191	0.885254	1.15610965	0.29444533	1.07103188
53	0.82654948	0.69184798	0.88517842	1.15592251	0.29464512	1.07137196
54	0.82655015	0.69186903	0.88519291	1.15593623	0.29457636	1.07139664
55	0.82650577	0.6917771	0.88517565	1.15588577	0.29439577	1.07138237
56	0.82657961	0.6917275	0.88521691	1.15583533	0.29436829	1.07137188
57	0.82674459	0.69173724	0.88524985	1.15585562	0.29392798	1.07144955
58	0.827024	0.69213788	0.88556484	1.15581771	0.2938351	1.07139643
59	0.82712426	0.69131936	0.88554279	1.15593665	0.29474583	1.07135142
60	0.82691431	0.69187982	0.88522146	1.15556977	0.2934549	1.07071505
61	0.8271485	0.69179179	0.88511137	1.15554054	0.29430874	1.06932176
62	0.82713874	0.69174886	0.88508901	1.15553967	0.29412519	1.06923163
63	0.82739593	0.69140155	0.88486556	1.15539046	0.29319742	1.0684528
64	0.82740231	0.69142799	0.88473217	1.15553706	0.29331926	1.06867815

Fuente: elaboración propia.

Anexo I

Rendimientos, varianzas y desviaciones estándar para cada portafolio

portafolio	portafolio optimizado		
	rendimientos	varianza	Desv. Estan
1	0.290404643	0.06221064	0.24942061
2	0.294220032	0.06218903	0.24937729
3	0.294287076	0.06213993	0.24927882
4	0.291551326	0.06211018	0.24921915
5	0.29178322	0.06207674	0.24915204
6	0.292756267	0.06202815	0.2490545
7	0.290835789	0.06198831	0.24897451
8	0.291014515	0.06193964	0.24887676
9	0.289496374	0.0618972	0.24879148
10	0.289824031	0.06185326	0.24870316
11	0.288699447	0.06180766	0.24861147
12	0.287413272	0.06176495	0.24852556
13	0.289556255	0.06172348	0.2484421
14	0.290157326	0.06167596	0.24834646
15	0.289257332	0.0616276	0.24824908
16	0.289445742	0.06158735	0.24816798
17	0.288910944	0.06153867	0.24806989
18	0.288766666	0.06148999	0.24797176
19	0.286516229	0.06144732	0.24788569
20	0.287325504	0.06139888	0.24778797
21	0.286331403	0.06135125	0.24769184
22	0.285438087	0.06130652	0.24760153
23	0.285433072	0.06125777	0.24750308
24	0.285432277	0.06125789	0.24750331
25	0.249420615	0	0
26	0.286975271	0.06112635	0.24723744
27	0.287957134	0.06107967	0.24714301
28	0.270450189	0.06166955	0.24833354
29	0.27021081	0.06162046	0.24823469
30	0.268809621	0.06157839	0.24814993
31	0.266054098	0.06155211	0.24809697
32	0.265638049	0.06149928	0.24799049
33	0.266058959	0.06145119	0.2478935
34	0.26431927	0.06141229	0.24781504
35	0.263679175	0.06136442	0.24771843
36	0.265453693	0.06132601	0.24764089
37	0.263522296	0.06129261	0.24757344
38	0.262809763	0.06125159	0.24749058
39	0.260278144	0.0612147	0.24741604
40	0.261987005	0.06113974	0.24726452
41	0.263985493	0.06109693	0.24717794
42	0.26398549	0.06109693	0.24717794
43	0.262395291	0.06105254	0.24708812
44	0.259009647	0.0610503	0.24708359
45	0.259624245	0.06100381	0.2469895
46	0.263214884	0.06099725	0.24697622
47	0.266678009	0.06097071	0.24692248
48	0.264003601	0.06093397	0.24684808
49	0.260710451	0.06090895	0.24679738
50	0.262108891	0.06086435	0.24670702
51	0.258926763	0.06085788	0.2466939
52	0.25678722	0.06082535	0.24662795
53	0.258081985	0.06079142	0.24655917
54	0.256999115	0.06074724	0.24646954
55	0.258691582	0.06071407	0.24640225
56	0.259161196	0.06066797	0.24630869
57	0.26072201	0.0606256	0.24622265
58	0.264699545	0.06060723	0.24618536
59	0.264145172	0.06057426	0.2461184
60	0.262252777	0.06055482	0.2460789
61	0.261135262	0.06052315	0.24601453
62	0.263115364	0.06049048	0.24594813
63	0.263910297	0.06046808	0.24590257
64	0.265540671	0.06042582	0.24581665

Fuente: elaboración propia.

Anexo J

Macro para generar los portafolios óptimos

```
' PORTAFOLIO
Sub iniciar()
'iniciando el ciclo para cada uno de los Beta PC
Dim filaHoja2 As Integer
filaHoja2 = 25

For fila = 1232 To 1295 '1295
'selecciona hoja
Sheets("matriz").Select
'calculando media
'Dim fila As Integer
'fila = 1295 ' fila hasta donde se tiene la fecha -- esta se pone en el primer for para que recorra todos los
datos

Dim moviendo As Integer
moviendo = 17
'Calculamos Media, desviacion estandar y varianza
For i = 2 To 7 'de la comuna B (2) hasta H (7)
Cells(5, i + moviendo).Select 'fila donde posicionara la media
ActiveCell.Formula = (1 + WorksheetFunction.Average(Range(Cells(3, i), Cells(fila, i)))) ^ 257 - 1
Cells(6, i + moviendo).Select
ActiveCell.Formula = Math.Sqrt(257) * WorksheetFunction.StDev(Range(Cells(3, i), Cells(fila, i)))
Cells(7, i + moviendo).Select
ActiveCell.Formula = Cells(6, i + moviendo) ^ 2
Next i

'Matriz de varianza y covarianza
Dim diagonal As Integer
diagonal = 10
Dim paso As Integer
paso = 4
For j = 2 To 7 ' 1277
For i = 2 To 7
If i = j Then
Cells(j + diagonal, i + moviendo).Select
Cells(7, i + moviendo).Select
Cells(j + diagonal, i + moviendo).Value = Cells(7, i + moviendo)
Else
If i > j Then
Cells(j + diagonal, i + moviendo).Select
Range(Cells(3, j), Cells(fila, j)).Select
Range(Cells(3, i), Cells(fila, i)).Select
Cells(j + diagonal, i + moviendo).Value = WorksheetFunction.Covar(Range(Cells(3, j),
Cells(fila, j)), Range(Cells(3, i), Cells(fila, i))) * 257
End If
End If
Next i
Next j

'Calculo Beta IPC
'=COVAR(B3:B1237,$H$3:$H$1237)/VAR($H$3:$H$1237)
For i = 10 To 15
Cells(fila, i).Select
Range(Cells(3, 8), Cells(fila, 8)).Select
Range(Cells(3, i - 8), Cells(fila, i - 8)).Select
Cells(fila, i).Value = WorksheetFunction.Covar(Range(Cells(3, i - 8), Cells(fila, i - 8)), Range(Cells(3,
8), Cells(fila, 8))) / WorksheetFunction.Var(Range(Cells(3, 8), Cells(fila, 8)))
Cells(7, i).Select
```

```
Cells(7, i).Value = Cells(fila, i)
Next i

'Iniciando solvert
Sheets("hoja2").Select
Range("$N$16").Select

SolverSolve True 'userFinish:=True

'copiando datos a la hoja dos en portafoliooptimizado y pesos optimizados beta por 0.9
'j5 inicia la copia de portafolio optimizado
Cells(16, 12).Select
Cells(filaHoja2, 10).Select
Cells(filaHoja2, 10).Value = Cells(16, 12).Value
Cells(filaHoja2, 11).Value = Cells(16, 13).Value
Cells(filaHoja2, 12).Value = Cells(16, 14).Value

'pesos optimización beta port 0.9
Cells(filaHoja2, 14).Value = Cells(4, 12)
Cells(filaHoja2, 15).Value = Cells(5, 12)
Cells(filaHoja2, 16).Value = Cells(6, 12)
Cells(filaHoja2, 17).Value = Cells(7, 12)
Cells(filaHoja2, 18).Value = Cells(8, 12)
Cells(filaHoja2, 19).Value = Cells(9, 12)

'Beta ipc
Cells(filaHoja2, 21).Value = Sheets("Matriz").Cells(7, 10)
Cells(filaHoja2, 22).Value = Sheets("Matriz").Cells(7, 11)
Cells(filaHoja2, 23).Value = Sheets("Matriz").Cells(7, 12)
Cells(filaHoja2, 24).Value = Sheets("Matriz").Cells(7, 13)
Cells(filaHoja2, 25).Value = Sheets("Matriz").Cells(7, 14)
Cells(filaHoja2, 26).Value = Sheets("Matriz").Cells(7, 15)

filaHoja2 = filaHoja2 + 1

Next fila

End Sub

Sub SolverMacro()
  Sheets("hoja2").Select
  Range("$N$16").Select

  SolverSolve True 'userFinish:=True

End Sub
```

Anexo K

Monto invertido por emisora en los portafolios

portafolio	monto invertido= Capital*pesos					
	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	GIGANTE	IDEAL	Grupo GEO
1	145560.667	237437.623	238074.788	228230.818	26008.7056	124687.4
2	148091.339	241617.862	242216.306	232127.418	26605.2318	126800.475
3	148092.468	241614.111	242217.914	232136.889	26589.9038	126807.345
4	148089.484	241624.067	242213.642	232111.729	26630.6164	126789.093
5	148103.263	241576.683	242234.247	232231.708	26436.7164	126876.013
6	148102.583	241579.008	242233.238	232225.825	26446.2279	126871.749
7	148101.201	241583.706	242231.192	232213.919	26465.4701	126863.143
8	148102.426	241579.585	242232.985	232224.36	26448.5943	126870.681
9	148105.953	241567.887	242238.075	232254.013	26400.6204	126892.083
10	148111.101	241550.521	242245.615	232297.975	26329.5857	126923.833
11	148110.411	241552.847	242244.605	232292.087	26339.101	126919.58
12	148112.921	241544.458	242248.223	232313.308	26304.8182	126934.903
13	148108.559	241559.201	242241.839	232275.978	26365.1235	126907.929
14	148109.813	241554.943	242243.682	232286.756	26347.7254	126915.711
15	148108.989	241557.742	242242.47	232279.673	26359.1595	126910.597
16	147957.623	241159.731	242013.086	233002.408	26610.4164	126715.366
17	147957.756	241159.283	242013.281	233003.542	26608.5861	126716.184
18	147958.336	241157.323	242014.131	233008.497	26600.586	126719.758
19	148203.652	241412.563	242162.71	232540.013	26354.3865	126785.306
20	148203.652	241412.563	242162.71	232540.013	26354.3865	126785.306
21	148202.993	241414.833	242161.725	232534.274	26363.6408	126781.166
22	148204.7	241408.97	242164.268	232549.099	26339.7393	126791.856
23	148204.798	241408.632	242164.415	232549.952	26338.3634	126792.471
24	148211.722	241384.293	242175.005	232611.611	26239.0345	126836.966
25	148211.722	241384.293	242175.005	232611.611	26239.0345	126836.966
26	148214.719	241373.938	242179.51	232637.836	26196.7386	126855.889
27	148214.076	241376.186	242178.529	232632.139	26205.9236	126851.777
28	153552.799	242655.081	253485.966	253034.21	24363.2113	90367.3634
29	153552.642	242655.724	253485.686	253032.583	24365.8367	90366.1593
30	153553.617	242651.738	253487.42	253042.655	24349.5876	90373.6129
31	153553.617	242651.738	253487.42	253042.655	24349.5876	90373.6129
32	153550.738	242663.61	253482.226	253012.707	24397.8718	90351.4775
33	153550.942	242662.767	253482.595	253014.833	24394.445	90353.0491
34	153550.942	242662.767	253482.595	253014.833	24394.445	90353.0491
35	153550.264	242665.642	253481.335	253007.577	24406.1344	90347.6792
36	153549.252	242669.961	253479.44	252996.671	24423.7007	90339.6061
37	153553.072	242654.079	253486.34	253036.509	24359.4804	90369.15
38	153556.273	242641.806	253491.657	253067.204	24309.7549	90391.9353
39	153552.454	242656.497	253485.333	253030.588	24368.9881	90364.7701
40	153552.254	242657.255	253485.006	253028.697	24372.0488	90363.3698
41	153559.062	242630.777	253496.385	253094.815	24265.2419	90412.3495
42	153556.777	242639.808	253492.502	253072.276	24301.619	90395.6489
43	153555.62	242644.251	253490.604	253061.217	24319.4571	90387.4825
44	153566.275	242602.674	253508.353	253164.232	24153.3659	90463.7312
45	153566.493	242601.817	253508.719	253166.356	24149.9447	90465.3018
46	153566.493	242601.817	253508.719	253166.356	24149.9447	90465.3018
47	153793.84	242525.519	252827.33	253524.711	24454.555	90332.6759
48	154027.327	242800.555	252862.837	253076.129	24289.6855	90402.098
49	154017.034	242846.864	252842.598	252960.496	24475.4383	90316.1995
50	154015.625	242853.069	252839.893	252945.04	24500.2871	90304.7173
51	154025.137	242816.506	252855.678	253034.627	24355.4593	90371.2236
52	154026.611	242810.719	252858.198	253048.793	24332.5792	90381.7313
53	154032.518	242787.163	252868.451	253106.39	24239.5648	90424.5435
54	154031.524	242791.13	252866.724	253096.69	24255.231	90417.333
55	154035.32	242776.045	252873.292	253133.568	24195.6555	90444.7496
56	154035.73	242774.44	252873.99	253137.487	24189.32	90447.6637
57	154032.758	242785.74	252869.093	253109.94	24233.9174	90427.1815
58	154017.229	242843.338	252844.096	252969.542	24461.5947	90322.8319
59	153848.732	242380.025	252620.345	253555.676	24677.6326	90376.2201
60	153861.56	242334.115	252640.169	253667.415	24496.262	90459.1097
61	153828.287	242110.011	252554.866	254009.984	24512.0896	90443.3933
62	153830.86	242101.291	252558.599	254031.137	24477.7581	90458.9865
63	153880.298	241810.431	252493.91	254584.429	24383.2459	90306.3168
64	153877.06	241820.596	252489.624	254559.899	24423.1726	90288.2796

Fuente: elaboración propia.

Anexo L

Número de acciones por emisora en los portafolios óptimos

portafolio	número de acciones en el portafolio					
	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	GIGANTE	IDEAL	Grupo GEO
1	2061.76582	24016.9882	6778.89487	6469.12748	1444.1258	3108.63624
2	2079.64245	23614.1527	6871.38458	6502.16856	1407.68422	3086.67173
3	2096.73605	23210.5147	6940.34137	6518.868	1399.46862	3070.39576
4	2093.13758	23798.5316	6966.16746	6566.10266	1402.34947	3071.4412
5	2109.73309	23910.1591	6836.98129	6527.02947	1398.76806	3028.06714
6	2090.9584	23863.7348	6831.16858	6517.70488	1395.57931	3014.29671
7	2104.60709	24242.6203	6909.04711	6567.13572	1411.49174	3009.80174
8	2116.95863	24194.2499	6920.94243	6631.19245	1395.70419	2974.69358
9	2124.90606	24193.0783	6966.87016	6566.41258	1543.89593	2957.16809
10	2118.29378	24374.4219	6973.10349	6565.79919	1462.75476	2904.43553
11	2124.97003	24902.3553	6983.12498	6554.51712	1451.19014	2937.95325
12	2142.21754	24952.9399	6927.3155	6629.946	1461.37879	2944.44219
13	2140.2971	24674.0757	6808.37098	6636.45652	1456.63666	2927.51854
14	2128.9322	24673.6408	6777.94298	6602.80717	1394.79753	2918.27342
15	2134.13529	24548.551	6860.44946	6619.54041	1395.40283	2928.25558
16	2132.87621	24558.0174	6790.49063	6621.26765	1423.01692	2853.94968
17	2144.62611	24458.3451	6780.98293	6662.95517	1438.30195	2853.9681
18	2145.56752	24310.214	6803.88334	6651.6842	1437.86951	2873.4639
19	2154.436	24459.2262	6860.13342	6642.10263	1541.19219	2836.36032
20	2150.99641	24238.2091	6875.71578	6655.40964	1387.07297	2835.09183
21	2156.30718	24214.1256	6914.95502	6606.08733	1409.82036	2861.23147
22	2151.32384	24116.7802	6930.86057	6619.67261	1369.00932	2847.97519
23	2139.83248	24092.6779	6871.86194	6612.16811	1489.72643	2881.64707
24	2146.44058	24018.3376	6862.42575	6570.94947	1488.31733	2799.93301
25	2138.69729	23899.4349	6866.31712	6543.22394	1488.31733	2850.26889
26	2134.42856	23733.9172	6880.09973	6538.44395	1364.41347	2894.27079
27	2144.30086	23898.6323	6783.7123	6474.59335	1379.98544	2928.2497
28	2232.19653	23883.3741	7074.68506	7040.46216	1268.91726	2126.2909
29	2258.12709	24265.5724	7045.18304	7003.39282	1283.76379	2113.82829
30	2269.82435	24168.4998	7100.48794	7052.47088	1284.26095	2139.02042
31	2298.70684	24216.7404	7269.4987	7090.01556	1284.93866	2139.02042
32	2255.44563	24049.9117	7242.34933	7228.9345	1353.18202	2143.06161
33	2248.18363	24049.8282	7283.98261	7177.72577	1318.61865	2171.42632
34	2228.92933	24145.5489	7381.55489	7198.14605	1319.3318	2160.00595
35	2225.36615	24388.5067	7409.5684	7197.93959	1298.19864	2144.49749
36	2246.51429	24194.4129	7368.58838	7110.64279	1334.62846	2144.30587
37	2281.95976	23977.6758	7429.25967	7147.92399	1353.30447	2146.02588
38	2307.72878	23882.0676	7508.63913	7167.01229	1221.59572	2143.00463
39	2347.89685	23977.9147	7566.72637	7192.4556	1316.53096	2177.46434
40	2327.96019	23627.7755	7488.47877	7129.57726	1316.69632	2164.39209
41	2320.3243	23510.7342	7379.80742	7210.67849	1348.06899	2188.63107
42	2298.41007	23353.2057	7280.08336	7268.01481	1221.18689	2142.07699
43	2351.54088	23398.6741	7315.74616	7324.49252	1313.85506	2178.01163
44	2384.93982	23462.541	7445.17925	7387.34263	1341.85366	2206.43247
45	2387.16762	23082.9512	7513.59569	7316.9467	1304.69717	2178.31211
46	2364.01621	22886.9639	7397.39477	7202.45678	1304.69717	2091.68328
47	2358.80123	22497.729	7121.89662	7202.40656	1275.00287	2103.69529
48	2363.10719	22649.3055	7257.83114	7210.14612	1312.24665	2095.55165
49	2390.45529	23238.9344	7236.47963	7347.09545	1322.99667	2147.31811
50	2338.53059	23600.8813	7112.23329	7310.55028	1331.53734	2178.64216
51	2393.55302	23169.5139	7331.27508	7431.26659	1288.64864	2190.81754
52	2403.66122	23191.0906	7505.43776	7442.61155	1317.41089	2195.86325
53	2389.95374	23166.7141	7459.24633	7409.43765	1296.23341	2138.20155
54	2389.56754	23322.8751	7492.34737	7441.83152	1266.5917	2170.88435
55	2373.42559	22990.1558	7477.03407	7390.7611	1224.47649	2252.1103
56	2344.53165	23077.4182	7415.65954	7408.17932	1224.15587	2268.56443
57	2298.99639	22991.0739	7363.68938	7357.8471	1276.14099	2354.87452
58	2254.35054	22464.6936	7207.64241	7298.6019	1287.45235	2477.99265
59	2273.85061	21816.3839	7240.47994	7413.90866	1347.76803	2636.41249
60	2284.16805	22314.3752	7259.77497	7454.22908	1297.47151	2617.45109
61	2318.0875	22355.495	7282.43558	7530.68439	1338.7269	2585.57442
62	2311.16076	22089.5338	7236.63606	7531.3115	1268.27762	2558.95294
63	2271.29591	22103.3301	7203.82054	7476.78207	1290.80179	2545.99145
64	2261.5676	21983.6905	7280.55433	7329.68324	1272.04024	2648.52683

Fuente: elaboración propia.

Anexo M

Valor de los 64 portafolios óptimos

portafolio	número de acciones en el portafolio						precios actuales de la acción						S(t)
	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	GIGANTE	IDEAL	Grupo GEO	FEMSAUBD	TELMEXL	WALMXV	AMXL	CYDSA	Grupo GEO	portafolio
1	2061.76582	24016.9882	6778.89487	6469.12748	1444.1258	3108.63624	70.6	9.8862364	35.12	35.28	18.01	40.11	1000000
2	2079.64245	23614.1527	6871.38458	6502.16856	1407.68422	3086.67173	71.21	10.231909	35.25	35.7	18.9	41.08	1017458.63
3	2096.73605	23210.5147	6940.34137	6518.868	1399.46862	3070.39576	70.63	10.4096835	34.9	35.61	19	41.3	1018280.09
4	2093.13758	23798.5316	6966.16746	6566.10266	1402.34947	3071.4412	70.75	10.1528981	34.77	35.35	18.99	41.28	1009077.57
5	2109.73309	23910.1591	6836.98129	6527.02947	1398.76806	3028.06714	70.2	10.1035163	35.43	35.58	18.9	41.9	1023018.15
6	2090.9584	23863.7248	6831.16858	6517.70488	1395.57931	3014.29671	70.83	10.123269	35.46	35.63	18.95	42.09	1020436.79
7	2104.60709	24242.6203	6909.04711	6567.13572	1411.49174	3009.80174	70.37	9.96524728	35.06	35.36	18.75	42.15	1008135.29
8	2116.95863	24194.2499	6920.94243	6631.19245	1395.70419	2974.69358	69.96	9.985	35	35.02	18.95	42.65	1016214.43
9	2124.90606	24193.0783	6966.87016	6566.41258	1543.89593	2957.16809	69.7	9.985	34.77	35.37	17.1	42.91	1015828.69
10	2118.29378	24374.4219	6973.10349	6565.79919	1462.75476	2904.43553	69.92	9.91	34.74	35.38	18	43.7	1019693.96
11	2124.97003	24902.3553	6983.12498	6554.51712	1451.19014	2937.95325	69.7	9.7	34.69	35.44	18.15	43.2	1010686.47
12	2142.21754	24952.9399	6927.3155	6629.946	1461.37879	2944.44219	69.14	9.68	34.97	35.04	18	43.11	1014621.97
13	2140.2971	24674.0757	6808.37098	6636.45652	1456.63666	2927.51854	69.2	9.79	35.58	35	18.1	43.35	1025145.26
14	2128.9322	24673.6408	6777.94298	6602.80717	1394.79753	2918.27342	69.57	9.79	35.74	35.18	18.89	43.49	1022095.04
15	2134.13529	24548.551	6860.44946	6619.54041	1395.40283	2928.25558	69.4	9.84	35.31	35.09	18.89	43.34	1014383.89
16	2132.87621	24558.0174	6790.49063	6621.26765	1423.01692	2853.94968	69.37	9.82	35.64	35.19	18.7	44.4	1022668.36
17	2144.62611	24458.3451	6780.98293	6662.95517	1438.30195	2853.9681	68.99	9.86	35.69	34.97	18.5	44.4	1016228.7
18	2145.56752	24310.214	6803.88334	6651.6842	1437.86951	2873.4639	68.96	9.92	35.57	35.03	18.5	44.1	1017591.66
19	2154.436	24459.2262	6860.13342	6642.10263	1541.19219	2836.36032	68.79	9.87	35.3	35.01	17.1	44.7	1013619.35
20	2150.99641	24238.2091	6875.71578	6655.40964	1387.07297	2835.09183	68.9	9.96	35.22	34.94	19	44.72	1012868.18
21	2156.30718	24214.1256	6914.95502	6606.08733	1409.82036	2861.23147	68.73	9.97	35.02	35.2	18.7	44.31	1016112.1
22	2151.32384	24116.7802	6930.86057	6619.67261	1369.00932	2847.97519	68.89	10.01	34.94	35.13	19.24	44.52	1019118.74
23	2139.83248	24092.3779	6871.86194	6612.16811	1489.72643	2881.64707	69.26	10.02	35.24	35.17	17.68	44	1017223.23
24	2146.44058	24018.3376	6862.42575	6570.94947	1488.31733	2799.93301	69.05	10.05	35.29	35.4	17.63	45.3	1023268.09
25	2138.69729	23899.4349	6866.31712	6543.22394	1488.31733	2850.26889	69.3	10.1	35.27	35.55	17.63	44.5	1017804.61
26	2134.42856	23733.9172	6880.09973	6538.44395	1364.41347	2894.27079	69.44	10.17	35.2	35.58	19.2	43.83	1019573.64
27	2144.30086	23898.6323	6783.7123	6474.59335	1379.98544	2928.2497	69.12	10.1	35.7	35.93	18.99	43.32	1019080.14
28	2232.19653	23883.3741	7074.68506	7040.46216	1268.91726	2126.2909	68.79	10.16	35.83	35.94	19.2	42.5	1017020.19
29	2258.12709	24265.5724	7045.18304	7003.39282	1283.76379	2113.82829	68	10	35.98	36.13	18.98	42.75	1014525.16
30	2269.82435	24168.4998	7100.48794	7052.47088	1284.26095	2139.02042	67.65	10.04	35.7	35.88	18.96	42.25	1012832.82
31	2298.70684	24216.7404	7269.4987	7090.01556	1284.93866	2139.02042	66.8	10.02	34.87	35.69	18.95	42.25	1007799.69
32	2255.44563	24049.9117	7242.34933	7228.9345	1353.18202	2143.06161	68.08	10.09	35	35	18.03	42.16	1016774.42
33	2248.18363	24049.8282	7283.98261	7177.72577	1318.61865	2171.42632	68.3	10.09	34.8	35.25	18.5	41.61	1017770.9
34	2228.92933	24145.5489	7381.55489	7198.14605	1319.3318	2160.00595	68.89	10.05	34.34	35.15	18.49	41.83	1014219.19
35	2225.36615	24388.5067	7409.5684	7197.93959	1298.19864	2144.49749	69	9.95	34.21	35.15	18.8	42.13	1015386.65
36	2246.51429	24194.4129	7368.58838	7110.64279	1334.62846	2144.30587	68.35	10.03	34.4	35.58	18.3	42.13	1021817.06
37	2281.95976	23977.6758	7429.25967	7147.92399	1353.30447	2146.02588	67.29	10.12	34.12	35.4	18	42.11	1013468.43
38	2307.72878	23882.0656	7508.63913	7167.01229	1221.59572	2143.00463	66.54	10.16	33.76	35.31	19.9	42.18	1016109.92
39	2347.89685	23977.9147	7566.72637	7192.4556	1316.53096	2177.46434	65.4	10.12	33.5	35.18	18.51	41.5	1007833.32
40	2327.96019	23627.7755	7488.47877	7129.57726	1316.69632	2164.39209	65.96	10.27	33.85	35.49	18.51	41.75	1027792.52
41	2320.3243	23510.7342	7379.80742	7210.67849	1348.06899	2188.63107	66.18	10.32	34.35	35.1	18	41.31	1018492.03
42	2298.41007	23353.2057	7280.08336	7268.01481	1221.18689	2142.07699	66.81	10.39	34.82	34.82	19.9	42.2	1026524.92
43	2351.54088	23398.6741	7315.74616	7324.49252	1313.85506	2178.01163	65.3	10.37	34.65	34.55	18.51	41.5	1007124.09
44	2384.99382	23462.541	7445.17925	7387.34263	1341.85366	2206.43247	64.39	10.34	34.05	34.27	18	41	1006417.39
45	2387.16762	23082.9512	7513.59569	7316.9467	1304.69717	2178.31211	64.33	10.51	33.74	34.6	18.51	41.53	1023287.74
46	2364.01621	22886.9639	7397.39477	7202.45678	1304.69717	2091.68328	64.96	10.6	34.27	35.15	18.51	43.25	1032793.24
47	2358.80123	22497.729	7121.89662	7202.40656	1275.00287	2103.69529	65.2	10.78	35.5	35.2	19.18	42.94	1031830.29
48	2363.10719	22649.3055	7257.83114	7210.14612	1312.24665	2095.55165	65.18	10.72	34.84	35.1	18.51	43.14	1010207.39
49	2390.45529	23238.9344	7236.47963	7347.09545	1322.99667	2147.31811	64.43	10.45	34.94	34.43	18.5	42.06	1003189.66
50	2338.53059	23600.8813	7112.23329	7310.55028	1331.53734	2178.64216	65.86	10.29	35.55	34.6	18.4	41.45	1021379.85
51	2393.55302	23169.5139	7331.27508	7431.26659	1288.64864	2190.81754	64.35	10.48	34.49	34.05	18.9	41.25	1007081.89
52	2403.66122	23191.0906	7505.43776	7442.61155	1317.41089	2195.86325	64.08	10.47	33.69	34	18.47	41.16	1009592.8
53	2389.95374	23166.7141	7459.24633	7409.43765	1296.23341	2138.20155	64.45	10.48	33.9	34.16	18.7	42.29	1024131.19
54	2389.56754	23322.8751	7492.34737	7441.83152	1266.5917	2170.88435	64.46	10.41	33.75	34.01	19.15	41.65	1012845.41
55	2373.42559	22990.1558	7477.03407	7390.7611	1224.47649	2252.1103	64.9	10.56	33.82	34.25	19.76	40.16	1021856.98
56	2344.53165	23077.4182	7415.65954	7408.17932	1224.15587	2268.56443	65.7	10.52	34.1	34.17	19.76	39.87	1019286.96
57	2298.99639	22991.0739	7363.68938	7357.8471	1276.14099	2354.87452	67	10.56	34.34	34.4	18.99	38.4	1020635.87
58	2254.35054	22464.6936	7207.64241	7298.6019	1287.45235	2477.99265	68.32	10.81	35.08	34.66	19	36.45	1029024
59	2273.85061	21816.3839	7240.47994	7413.90866	1347.76803	2636.41249	67.66	11.11	34.89	34.2	18.31	34.28	1011717.77
60	2284.16805	22314.3752	7259.77497	7454.22908	1297.47151	2617.45109	67.36	10.86	34.8	34.03	18.88	34.56	1010916.8
61	2318.0875	22355.495	7282.43558	7530.68439	1338.7269	2585.57442	66.36	10.83	34.68	33.73	18.31	34.98	1011757.36
62	2311.16076	22089.5338	7236.63606	7531.3115	1268.27762	2558.95294	66.56	10.96	34.9	33.73	19.3	35.35	1024712.6
63	2271.29591	22103.3301	7203.82054	7476.78207	1290.80179	2545.99145	67.75	10.94	35.05	34.05	18.89	35.47	1023049.72
64	2261.5676	21983.6905	7280.55433	7329.68324	1272.04024	2648.52683	68.04	11	34.68	34.73	19.2	34.09	1018748.99

Fuente: elaboración propia.

Anexo N

Valores de las fluctuaciones de delta para los portafolios óptimos

portafolio	d1	Δ	fluctuación Δ
2	0.18981803	-0.42472586	0
3	0.20164962	-0.42009533	0.00463054
4	0.12286643	-0.45110643	-0.03101111
5	0.23909637	-0.40551543	0.04559101
6	0.21996706	-0.41294841	-0.00743298
7	0.10960973	-0.45635945	-0.04341104
8	0.18204741	-0.42777276	0.02858669
9	0.1801303	-0.42852514	-0.00075238
10	0.2236088	-0.41153086	0.01699428
11	0.13309623	-0.44705864	-0.03552778
12	0.17603576	-0.43013292	0.01692572
13	0.29564722	-0.38374975	0.04638317
14	0.26623409	-0.39502946	-0.01127971
15	0.18356946	-0.42717561	-0.03214615
16	0.30434706	-0.38043175	0.04674386
17	0.21990864	-0.41297115	-0.03253941
18	0.25017542	-0.40122585	0.01174531
19	0.19640227	-0.42214766	-0.02092181
20	0.41692665	-0.33836603	0.08378163
21	0.32229676	-0.37361394	-0.03524791
22	0.48274243	-0.31463932	0.05897463
23	0.57932786	-0.28118399	0.03345533
24	0.24408759	-0.40358149	-0.12239751
25	0.2045597	-0.41895807	-0.01537658
26	0.22138415	-0.41239667	0.00656141
27	0.21914027	-0.41327039	-0.00087372
28	0.20263333	-0.41971082	-0.00644043
29	0.18264996	-0.42753634	-0.00782552
30	0.17008951	-0.43246987	-0.00493353
31	0.12579221	-0.4499482	-0.01747833
32	0.21209	-0.41601841	0.03392979
33	0.22524222	-0.41089542	0.00512299
34	0.1917309	-0.4239765	-0.01308108
35	0.21299121	-0.41566691	0.00830959
36	0.29657926	-0.38339387	0.03227303
37	0.19836283	-0.4213806	-0.03798672
38	0.2377179	-0.40604995	0.01533065
39	0.13176826	-0.4475838	-0.04153385
40	0.45483514	-0.32461392	0.12296987
41	0.31237093	-0.37737932	-0.0527654
42	0.49540513	-0.31015709	0.06722223
43	0.08897236	-0.46455194	-0.15439485
44	0.07967498	-0.46824788	-0.00369594
45	0.2293613	-0.40929406	0.05895382
46	0.3097137	-0.37838934	0.03090472
47	0.30515687	-0.38012334	-0.001734
48	0.12112147	-0.45179741	-0.07167407
49	0.06307035	-0.47485524	-0.02305783
50	0.21692049	-0.41413515	0.06072009
51	0.08508645	-0.46609633	-0.05196118
52	0.10834902	-0.45685942	0.00923691
53	0.25016852	-0.40122852	0.0556309
54	0.13641013	-0.44574853	-0.04452002
55	0.24196826	-0.40440238	0.04134616
56	0.21729206	-0.41399037	-0.00958799
57	0.24045134	-0.40499019	0.00900018
58	0.35988021	-0.35946836	0.04552183
59	0.12568089	-0.44999226	-0.0905239
60	0.1215066	-0.45164489	-0.00165263
61	0.14309843	-0.44310622	0.00853867
62	0.4159244	-0.33873266	0.10437356
63	0.43066712	-0.33335521	0.00537745
64	0.1800878	-0.42854182	-0.0951866

Fuente: elaboración propia.

Anexo O

Cobertura dinámica delta para los portafolios óptimos

portafolio	Capital acciones inicial	Capital acciones final	Capital CETE inicial	Capital CETE final	Capital total
1		1000000		0	1000000
2	1017458.63	585317.634	0	432140.997	1017458.63
3	585790.197	588502.722	432192.547	429480.022	1017982.74
4	583184.235	565099.045	429531.255	447616.445	1012715.49
5	572905.986	599025.347	447669.841	421550.48	1020575.83
6	597513.838	593072.53	421701.359	426142.667	1019215.2
7	585922.968	560487.442	426193.501	451629.027	1012116.47
8	564979.154	581130.036	451682.902	435532.02	1016662.06
9	580909.448	580472.384	435583.975	436021.038	1016493.42
10	582681.104	592583.351	436073.051	426170.804	1018754.16
11	587348.752	566481.553	426323.336	447190.536	1013672.09
12	568687.373	578312.815	447243.881	437618.439	1015931.25
13	584310.86	611413.05	437670.643	410568.453	1021981.5
14	609593.851	602717.808	410617.43	417493.473	1020211.28
15	598170.629	578941.748	417543.276	436772.157	1015713.9
16	583669.967	610952.957	436928.484	409645.494	1020598.45
17	607105.835	587350.972	409694.36	429449.223	1016800.2
18	588138.724	595046.593	429500.453	422592.583	1017639.18
19	592723.747	580322.893	422642.995	435043.848	1015366.74
20	585045.559	634061.629	435095.745	386079.675	1020141.3
21	630490.02	608266.562	386217.858	408441.315	1016707.88
22	610066.406	646044.845	408490.038	372511.6	1018556.44
23	644843.232	666416.675	372556.037	350982.593	1017399.27
24	670376.864	588324.408	351024.462	433076.918	1021401.33
25	585183.195	576185.077	433128.58	442126.698	1018311.78
26	577186.539	580973.694	442284.941	438497.785	1019471.48
27	580692.487	580185.122	438550.094	439057.458	1019242.58
28	579012.347	575283.26	439109.834	442838.921	1018122.18
29	573871.93	569381.083	442891.747	447382.595	1016763.68
30	568431.294	565626.92	447435.963	450240.337	1015867.26
31	562816.118	552979.031	450401.484	460238.571	1013217.6
32	557903.456	576833.006	460293.473	441363.923	1018196.93
33	577398.33	580356.334	441416.573	438458.57	1018814.9
34	578331.064	570765.871	438510.873	446076.066	1016841.94
35	571422.876	576171.168	446129.279	441380.987	1017552.16
36	579820.038	598532.589	441538.963	422826.412	1021359
37	593642.354	571091.826	422876.851	445427.379	1016519.2
38	572580.314	581358.342	445480.514	436702.486	1018060.83
39	576622.956	552673.587	436754.581	460703.95	1013377.54
40	563618.774	632926.902	460758.907	391450.779	1024377.68
41	627199.547	594105.115	391590.885	424685.317	1018790.43
42	598790.848	639042.906	424735.978	384483.919	1023526.83
43	626965.299	530165.083	384529.784	481330	1011495.08
44	529793.069	527834.986	481387.418	483345.5	1011180.49
45	536682.965	568322.476	483403.159	451763.648	1020086.12
46	573601.722	591328.72	451925.34	434198.341	1025527.06
47	590777.384	589752.977	434250.137	435274.544	1025027.52
48	577394.188	536009.996	435326.468	476710.66	1012720.66
49	532286.43	520013.06	476767.527	489040.897	1009053.96
50	529442.122	561589.893	489099.235	456951.463	1018541.36
51	553728.381	524956.004	457169.541	485941.919	1010897.92
52	526264.853	531125.915	485999.887	481138.825	1012264.74
53	538774.26	568746.758	481196.22	451223.722	1019970.48
54	562479.254	537437.667	451277.548	476319.135	1013756.8
55	542219.399	564638.087	476489.616	454070.928	1018709.01
56	563217.996	557817.865	454125.094	459525.225	1017343.09
57	558556.071	563583.177	459580.042	454552.936	1018136.11
58	568215.006	594081.194	454607.16	428740.972	1022822.17
59	584089.877	531215.78	428792.117	481666.213	1012881.99
60	530795.217	529918.009	481838.608	482715.816	1012633.82
61	530358.629	534887.186	482773.399	478244.842	1013132.03
62	541736.251	598279.194	478301.892	421758.949	1020038.14
63	597308.318	600520.312	421809.261	418597.267	1019117.58
64	597995.824	541074.632	418647.201	475568.393	1016643.03

Fuente: elaboración propia.

Toward a Holistic Approach for Modeling Financial Volatility

Teresa I. Contreras-Troya^a, Cinthya I. Mota-Hernández^a, Oswaldo Morales-Matamoros^a

Abstract

Due to the more global economic system, financial markets impact on society and family throughout the world and cause new global crises because of the higher and faster volatility of financial prices. This paper proposes a system view to set the basis for modeling the dynamics of global financial market with a holistic system view, in order to achieve a global sustainable development.

Keywords

Economic system, financial markets, derivatives, volatility, holistic

New global economic and capital system both are under stress because of the recent global financial crisis. Therefore, world economic, financial markets, banking system, manufacturing system, housing market, unemployment rate hikes, all face great difficulties and challenges.

The economic system is composed of production and service systems. Production system takes high capital intensive investment, requiring time and inventory to complete sells; service system (such as financial institutions: banking and insurance companies) is not capital intensive, because it produces profit through complete selling contracts. Specifically, financial service and products, offered in financial markets, are low capital investment and high selling skill without inventory and can create big market if they can convince customers who are working for them and helping them make money. However, the volatility of the world financial markets (such the stock market) makes a great impact on the wealth and buying power of general public.

Manufacturing industries make products which

meet our daily needs and/or wishes. It takes time, material, labor, equipment, and technology to accomplish the task and under a great competition it could drop out the business. On the other hand, financial service industries make money by trading financial products (such as stocks, options, futures, insurance contracts, and securities) in financial markets. With very financial volatility, wealth and buying power can change overnight or in a very short period time either gaining or bankrupt. Psychological behavior plays a very important part in a decision and its outcome especially in financial markets. Therefore, it is necessary to face the new global financial crisis and understand global future sustainable development from a more holistic view to the future because it

^aInstituto Politécnico Nacional (IPN), México

Correspondent Author:

Oswaldo Morales-Matamoros, Instituto Politécnico Nacional (IPN), U. P. Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ed. 5, 2 piso. Col. Lindavista. C. P. 07738, México, D. F., México
E-mail: omoralesm@ipn.mx; ivonnetroya@hotmail.com

mixes hard (e.g., stochastic volatility models) and soft (e.g., the viable system model) approaches for tackling problems of real-world systems.

THE GLOBAL FINANCIAL AND ECONOMIC CRISIS

A general economic system includes many factors: goods and/or services, input costs, profit or loss, international trade (import and export), industrial productivity, output quantities, pricing level, employment rate, households' disposable income, capital expenditure and financial market, wealth, expectation, consumption pattern, etc. In this system, corporate sectors and public sectors are linked by financial markets to make fund flow from public to business.

We could search into detail factors which embedded in global economic system, such as natural resources consumption in the production process, and global competition and effect of global financial markets index role to demand, supply, and production and consumption impact. On the other side, financial products, global investment industries and fund managers impact on financial market instabilities and volatility. Technological, computer capability, and communication have made the world information and financial exchange in the spilt of second and value of a stock or money market fund could change billions of dollars in a matter of few second or couple of days throughout the world financial industries, it could cause tremendously disturbance to the global economic system. From a holistic view, it can be said that we have many critical issues unsolved in today's world. There are several major dimensions found imbalance such as technology, ecology and wealth (see Figure 1).

A financial market is a place where buyers and sellers are ready to exchange various types of financial products. Financial markets are commonly divided into: (1) capital markets (stock markets and bond

markets); (2) money markets; (3) derivative markets; (4) futures markets; (5) insurance markets; and (6) foreign exchange markets.

Over last decade, financial institutions, operating under a competitive free market environment, have been under immense pressure to earn more profits. Thus, they have resorted to more and more financial instruments like derivatives and developed an appetite for risk-taking, often with money entrusted to them for safe custody by their clients. However, abuse of derivatives, as well as huge current account deficits of the US, deregulation, loose monetary policy, excessive liquidity, shoddy underwriting, negligence of credit-rating agencies and lax government oversight, contributed to origin and propagate the current global financial crisis.

While derivatives (e.g., futures, forward, swaps, options and warrants) are useful financial instruments for handling of financial risks due to volatility (Chance 1997), abuse of these has a toxic effect when financial institutions assume risks that their volatility models cannot anticipate on time.

Derivatives were originally used to hedge commodities such as agricultural products and metals from the Antique Greece. But the real birth of financial markets could be said to have come really in the 1970s because the system of fixed exchange rates went burst, President Richard Nixon had decided to abolish the Bretton Woods agreement, and the organized markets had decided to standardize their products. Derivative markets extended from the United States to Europe and Asia in the 1980s. In the last ten years, the derivatives business had become increasingly important in financial markets, being the total notional value of derivatives around 400 trillion dollars for the year of 2004 according to the Office of Controller of the Currency, while the Gross Domestic Product (GDP) of the Unites States had only been around 10 trillion dollars in 2004. However, the fact that this market had been growing very rapidly precluded for a bubble burst, hence a greater

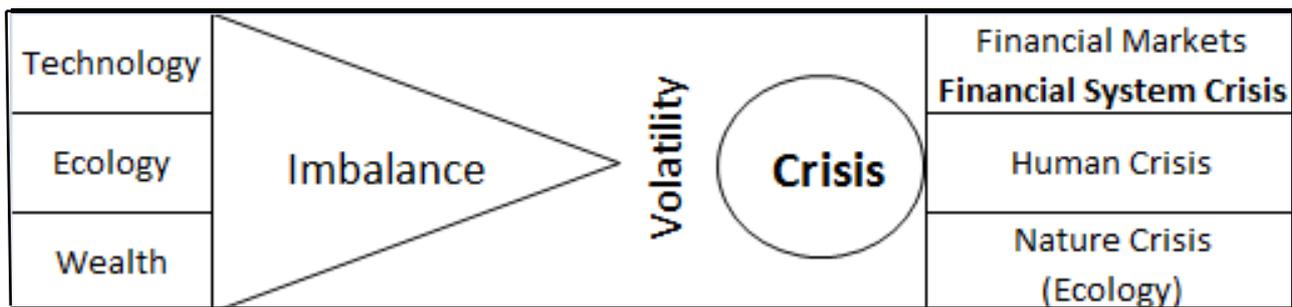


Figure 1. The Relationship Between Imbalance-Volatility and Crisis.

irresponsibility from regulators and controllers to control and preserve the financial system. The bubble burst two years ago in the following terms: credit crunch, banking crisis, and the worst that has happened since the Great Depression. Expectedly, the financial industry was the worst affected, with bankruptcy, absorption, and the rest suffering sharp drops in financial prices (Heng and Tai 2010).

The United States has been hit by the collapses or near-collapses of Bear Stearns, Indy Mac, Lehman Brothers, Washington Mutual, Wachovia, Fannie Mae, Freddie Mac, the American Insurance Group and the Citigroup. For example, with the Citigroup bailout added in, the current total cost exceeds \$ 4.62 trillion, which is the biggest injection of funds in American history. There is general consensus that the world is facing the worst economic meltdown since the Great Depression.

Financial crises bear certain similarities with earthquakes. Long periods of calm are interrupted by short periods of violent tremors. During the calm period, pressure is slowly building up. A point is reached when disaster strikes: the tremors release, the stress built up and after a while, calm returns. This cycle then repeats.

During the calm period the financial volatility is low, the system is stable, and the profit outlook is good. Under the pressure to reward investors with more profits, corporations take on more risk. They

assume more debts in order to increase their productive capacity. Banks are just too keen to lend money to others. As stock prices climb, investors, having exhausted their funds, start to borrow money to buy more stocks. Both corporations and investors take on more leveraging. This is a time of irrational exuberance when the bubble is building up.

When the bubble bursts, assets must be liquidated quickly to pay back the loan; money must be found to unwind the leveraging. In panic, investors rush for the door. Before long, we have a fire sale going on. Banks which cannot get their money back just go bankrupt, so they are very reluctant to lend to even viable businesses. We have a credit crunch, which aggravates the situation. To make the best out of the situation, management retrenches staff, persuades the rest to work harder without overtime pay, squeezes the suppliers and offers discounts to the buyers. If all these fail, the company goes bankrupt. Gloom overtakes euphoria and the economy slips into recession. The financial system reveals its fragility. Millions of innocent people become the victims of greedy speculators. A global financial crisis suggests the possibility of some fundamental weakness of the international financial system, and sparks calls for redesigning the international financial architecture. But when the hurricane blows over, it carries away with the honest anxiety. It is business again as usual, until the next turmoil.

Undoubtedly, derivative markets have enabled us to have more tailor made transactions for hedger and risk speculators. Therefore, volatility has become the most important variable in the pricing of derivative securities, whose trading volume has quadrupled in recent years.

Financial market volatility can have a wide repercussion on the economy as a whole. For this reason, policy makers often rely on market estimates' volatility as a barometer for the vulnerability of financial markets and the economy.

MODELING FINANCIAL VOLATILITY

Financial volatility is a key variable in the modeling of financial markets. It controls all the risk measures associated with the dynamics of the price of a financial asset and also it affects the rational price of derivative products.

The volatility σ of a financial asset is a statistical quantity which needs to be determined starting from market information. It is the standard deviation of asset return (or of logarithm price changes of the asset). Different methodologies are used to infer volatility estimation from market data ranging from a direct calculation from past return data (historical volatility) to the computation of the volatility implied in the determination of an option price computed using the Black and Scholes formula or some variants of it. There is a large empirical evidence that volatility is itself a stochastic. Therefore, in this section, there are presented some models of stochastic volatility proposed in the financial literature by investigating their ability in modeling statistical properties detected in empirical data. These models have been developed under a Hard System Thinking, specifically under the framework of Operations Research Process.

The three most important features of price volatility in financial markets are: low auto-correlations, non-normal distributions, and non-linear generating process (Taylor 2005). So that,

it is necessary to develop price volatility models which do not assume that returns have independent and identical distributions.

The simplest interesting model for volatility supposes that it follows a two-state Markov chain, but more volatility states are required to provide a realistic description of market prices. There are other two volatility models: the lognormal (autoregressive) model for a latent volatility variable (Taylor 1982) and the ARMACH model (Bollerslev 1986). The lognormal model is often called the stochastic volatility (SV) model and it defines the return r_t as its expectation μ plus the product of the volatility σ_t and an i.i.d. standard normal variable u_t ,

$$r_t = \mu + \sigma_t u_t \tag{1}$$

with

$$\log(\sigma_t) = \alpha + \phi(\log(\sigma_{t-1}) - \alpha) + \mu_t \tag{2}$$

Because these models has two random components (u_t and μ_t) per unit time, it is impossible to exactly observe the realizations of the volatility process and difficult to estimate the parameters of the autoregressive AR (1) process for $\log(\sigma_t)$. Several extensions of the above SV models have been investigated, e.g., replacing the normal assumption for the variables u_t by a Student- t distribution (Harvey, Ruiz, and Shephard 1994), introducing some dependence between u_t and either μ_t or μ_{t+1} (Yu 2005), and replacing the AR (1) specification for the logarithm of volatility by a long-memory process (Breidt, Crato, and De Lima 1998).

The second volatility model, or the GARCH (1,1) model, defines the return r_t as its expectation plus the product of the conditional standard deviation $\sqrt{h_t}$ and an i.i.d. standard normal variable z_t ,

$$r_t = \mu + \sqrt{h_t} z_t \tag{3}$$

With

$$h_t = \omega + \alpha (r_{t-1} - \mu)^2 + \beta h_{t-1} \tag{4}$$

The great advantage of this model, compared with SV models, is that there is only one random

component (z_t) per unit time and hence, the likelihood function is easy to calculate as the product of conditional densities. The availability of maximum likelihood estimates explains the reason why GARCH models are more popular than SV models in the research literature.

The general GARCH (p, q) model of Engle and Bollerslev (1986) and Bollerslev (1987) makes h_t a linear function of the p previous squared excess returns, and permits the z_t to have a fat-tailed distribution. Glosten, Jagannathan and Runkle (1993) proposed the following extension of GARCH (1,1) defined by:

$$h_t = \omega + (\alpha_1 + S_{t-1} \alpha_2) (r_{t-1} - \mu)^2 + \beta h_{t-1} \quad (5)$$

with

$$S_{t-1} = 1 \text{ if } r_{t-1} < \mu \text{ and otherwise } S_{t-1} = 0.$$

Other GARCH variations include working with linear functions or absolute values rather than squares (Schwert 1989), making the conditional mean a function of h_t (Engle, Lilien, and Robins 1987), and specifying a long-memory process for h_t (Baillie, Bollerslev, and Mikkelsen 1996).

Inferences about volatility forecasting models are obtained directly by comparing methods for forecasting absolute returns. It is recommended that exponentially weighted moving averages of absolute returns are used to measure volatility, as they are robust against changes at the long-run level of volatility and are also empirically as accurate as alternative methods. Volatility forecasts are of particular interest to risk managers and option traders (e.g., Poon and Granger 2003). The best forecasting methods rely upon levels of volatility implied by option prices and upon high-frequency returns, typically by using measures such as daily sum of squared five-minute returns (e.g., Blair, Poon, and Taylor 2001).

Methods for valuing options, when the volatility is stochastic, only provide valuations that are approximately correct. The general theory for pricing options in a stochastic volatility economy is presented

by Hull and White (1987). Some special cases have closed-form valuation equations. In particular, the remarkable paper by Heston (1993) showed how to value options when the continuous-time process for volatility was a square-root process; his results were generalized by Duffie, Pan and Singleton (2000) to also allow for jumps in the prices process.

The empirical analysis of high-frequency returns (from prices recorded every five minutes) has found that high-frequency returns display the same stylized facts as daily returns, but additionally they have also substantial variations at the average level of volatility during the day. Some of this variation can be explained by macro-economic new announcements.

Volatility can be estimated, modeled and predicted more accurately by using high-frequency returns. Much recent research has focused on the information conveyed by realized volatility, which is defined as the square root of the sum of the squares of intraday returns. Realized volatility has been found to have an approximately lognormal distribution and a long-memory property (Andersen et al. 2001a, 2001b). Furthermore, the distribution of daily returns conditional upon realized volatility is approximately the lognormal-normal distribution of Clark, one of the most interesting subjects of current research is the detection of jumps in the price process, using methods pioneered by Barndorff-Nielsen and Shephard (2006).

However, financial markets are very complex systems which can be analyzed and modeled using non-linear approaches such as the fractal analysis. The study of the complex systems in the frame work of fractal theory has been recognized as a new scientific discipline, being sustained by advances that have been made in diverse fields ranging from physic to economics. For instance, Morales, Tejeida, and Badillo (2010) discussed the characterization of oil crude price volatility in a fractal framework, finding a transition from anti-persistent to persistent behavior of the volatility in the horizon scale was observed: this transition was accompanied by the change in the type

of volatility distribution, which was light-tailed for short horizons and it was heavy-tailed for long horizons. In pragmatic terms, this means that oil crude price volatility displays positive correlations, so it is possible to predict the oil crude price behavior for long horizons.

CONCLUSIONS

In this paper there are presented some stochastic volatility models proposed in the financial literature by investigating their ability in modeling statistical properties detected in empirical data. These models have been developed under a Hard System Thinking, specifically under the framework of Operations Research Process. Perhaps, the volatility models for forecasting the price dynamics have been improving their accuracy, but they cannot avoid yet, or at least mitigate, the effects of volatility in financial markets. Thus, it is necessary to develop and/or apply models that consider the system from a holistic view by including the (social) relationships among the markets' participants such as investors, brokers, traders, regulators, and structures.

As a starting point of a new dimension of thinking and modeling for finding new ways for global financial market and economic system, to revive business communities, government public policy for welfare of the general public and private citizen, we propose to take into account the following aspects:

(1) To build the fundamental economic system from its parts to holistic system in order to see the dynamic economic system function and will be able to use simulation method (hard tools) to see how system behaves under different conditions or inputs and can be used as a monitor system for policy-making and understanding the status, state, consequence to ongoing development;

(2) To examine how its parts relate to the system performance and outcome, i.e., financial volatility. Mathematic models (such as stochastic volatility models) will be used to describe the system

relationship among each parts. Statistical goodness of fit to capture subsystem behavior in the past and parameters impacts on system shocks. Understanding system parameter and model building could help achieved global sustainable development continue retracing back down and see how economic system behavior response to each state (e.g., production side vs. service side, demand vs. supply, etc.) at different states;

(3) To understand the dynamics of financial market as well as its role in economic system before it breaks down in new era where global is linked closely together. Using Closed System from global market to see how the entire financial product and financial volatility actually effect global monetary system;

(4) To examine the monetary flow through the economic system; we can use the control theory or perturbation analysis to see the system outcome with respect to monetary flow quantity and required buffers through each parts and stations in the global financial economic system. International Monetary Fund (IMF) serves as a global financial system well in the past, but, with recent globalization, innovated financial products and more global participants or individuals, it drastically changes the traditional patterns;

(5) Environmental impact and global warming are also new issues that business needs to deal with: how effectively they use the resource to produce the product.

Acknowledgements

The authors would like to thank professor Isaias Badillo-Piña for reviewing and his valuable comments on previous draft of this article.

Funding

The research was funded by SIP-20110212 Project, Instituto Politécnico Nacional.

References

- Andersen, T. G., T. Bollerslev, F. X. Diebold, and H. Ebens. 2001. "The Distribution of Realized Stock Return

- Volatility." *Journal of Financial Economics* 61:43-76.
- Andersen, T. G., T. Bollerslev, F. X. Diebold, and P. Labys. 2001. "The Distribution of Realized Exchange Rate Volatility." *Journal of American Statistical Association* 96:45-55.
- Baillie, R. T., T. Bollerslev, and H. O. Mikkelsen. 1996. "Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity." *Journal of Econometrics* 74:3-30.
- Barndorff-Nielsen, O. E. and N. Shephard. 2006. "Econometrics of Testing for Jumps in Financial Economics Using Bipower Variation." *Journal of Financial Economics* 4:1-30.
- Blair, B. J., S. H. Poon, and S. J. Taylor. 2001. "Forecasting S&P 100 Volatility: The Incremental Information Content of Implied Volatilities and High Frequency Index Returns." *Journal of Econometrics* 105:5-26.
- Bollerslev, T. 1986. "A Conditional Heteroskedastic Time Series Model for Security Prices and Rates of Return Data." *Journal of Econometrics* 105:5-26.
- . 1987. "Generalized Autoregressive conditional Heteroskedasticity." *Review of Economics and Statistics* 59:542-547.
- Breidt, F. J., N. Crato, and P. De Lima. 1998. "The Detection of Long Memory in Stochastic Volatility." *Journal of Econometrics* 83:325-348.
- Chance, D. 1997. *An Introduction to Derivatives*. 4th ed. Dryden Press.
- Duffie, D., J. Pan, and K. J. Singleton. 2000. "Transform Analysis and Asset Pricing for Affine Jump-diffusions." *Econometrica* 68:1343-1376.
- Engle, R. F. and T. Bollerslev. 1986. "Modeling the Persistence of Conditional Variances." *Econometric Review* 5:1-50.
- Engle, R. F., D. M. Lilien, and R. P. Robins. 1987. "Estimating the Time Varying Risk Premia in the Term Structure: The ARCH-M Model." *Econometrica* 55:391-407.
- Glosten, L. R., R. Jagannathan, and D. Runkle. 1993. "On the Relation Between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks." *Journal of Finance* 48:1779-1801.
- Harvey, A. C., E. Ruiz, and N. Shephard. 1994. "Multivariate Stochastic Variance Models." *Review of Economic Studies* 61:247-264.
- Heng, S. H. M. and W. L. Tai. 2010. *Destructive Creativity of Wall Street and the East Asian Response*. 2nd ed. World Scientific.
- Heston, S. L. 1993. "A Closed-form Solution for Options With Stochastic Volatility With Applications to Bond and Currency Options." *Review of Financial Studies* 6:327-343.
- Hull, J. and A. White. 1987. "The Pricing of Options on Assets With Stochastic Volatilities." *Journal of Finance* 42:281-300.
- Kho, B. C. 1996. "Time-varying Risk Premia, Volatility, and Technical Trading Rule Profits: Evidence From Foreign Currency Futures Markets." *Journal of Financial Economics* 41:249-290.
- LeBaron, B. 1999. "Technical Trading Rule Profitability and Foreign Exchange Intervention." *Journal of International Economics* 49:125-143.
- Morales, O., R. Tejeida, and I. Badillo. 2010. "Fractal Behavior of Complex Systems." *Systems Research and Behavioral Science* 27(1):71-86.
- Olson, D. 2004. "Have Trading Rule Profits in the Currency Markets Declined Over Time?" *Journal of Banking and Finance* 28:85-105.
- Poon, S. H. and C. W. J. Granger. 2003. "Forecasting Volatility in Financial Markets." *Journal of Economic Literature* 41:478-539.
- Schwert, G. W. 1989. "Why Does Stock Market Volatility Change Over Time?" *Journal of Finance* 44:1115-1153.
- Taylor, S. J. 1982. "Financial Returns Modeled by the Product of Two Stochastic Processes—A Study of Daily Sugar Prices 1961-79." In *Time Series Analysis: Theory and Practice*, edited by O. D. Anderson. Amsterdam: North-Holland.
- . 2005. *Asset Price Dynamics, Volatility, and Prediction*. Princeton University Press.
- Yu, J. 2005. "On Leverage in a Stochastic Volatility Model." *Journal of Econometrics* 127:165-178.

Bio

Teresa I. Contreras-Troya, Dr. (c), Systems Engineering Department, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, IPN; research field: economic-financial system modeling.

Cintha I. Mota-Hernández, Dr. (c), Systems Engineering Department, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, IPN; research field: economic-financial system modeling.

Oswaldo Morales-Matamoros, Ph.D., Systems Engineering Department, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, IPN; research field: complex system modeling.