



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ECONOMÍA



**“COMPARACIÓN Y CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO USANDO LAS
METODOLOGÍAS DELTA-NORMAL, MONTE CARLO Y STRESS TESTING
PARA UN PORTAFOLIO DE INVERSIÓN ÓPTIMO”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ACTUARÍA

PRESENTA:

WILIBALDO ORTEGA SANCHEZ

ASESOR:

M. EN E. JUAN JOSÉ LECHUGA ARIZMENDI

REVISORES:

M. EN C.I. OSWALDO TAPIA REYNOSO

M. EN E. JUVENAL ROJAS MERCED

TOLUCA, MÉXICO SEPTIEMBRE 2014

DEDICATORIAS

A DIOS *quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades.*

A MIS TIOS *gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos.*

A MIS PADRES *porque creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome durante mi carrera, y porque el orgullo que siento por ustedes, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.*

A MIS AMIGOS *gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que hasta el momento, seguimos siendo amigos.*

A MIS PROFESORES *que fueron un pilar en mi carrera universitaria porque gracias a ellos ahora llevo unas bases firmes de honestidad y perseverancia.*

A MI ASESOR *M.E Juan José Lechuga Arizmendi por impulsar el desarrollo profesional.*

A MIS HERMANOS *porque siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad.*

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO *y en especial a la Facultad de Economía que me dieron la oportunidad de formar parte de ellas. ¡Gracias!*

A MI SOBRINO JOSHUA *quien ha sido y es una mi motivación, alegría y felicidad.*

Índice

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I. SISTEMA FINANCIERO MEXICANO	11
1.1. DEFINICIÓN	11
1.1.1. Constitución y Operación	11
1.2. SISTEMA BURSÁTIL	14
1.2.1. Bolsa Mexicana de Valores	14
1.2.1.1. Funciones de la Bolsa Mexicana de Valores	15
1.2.1.2. Registro y participación de las acciones en la BMV	15
1.2.1.3. <i>Reglamento General de la BMV</i>	16
1.2.2. Casas de Bolsa	16
1.2.3. Sociedades de Inversión	17
1.3. SISTEMA BANCARIO	18
1.3.1 Banca Múltiple	19
1.3.2. Banca de Desarrollo	19
1.4 AUTORIDADES DEL SISTEMA FINANCIERO MEXICANO	20
1.4.1. Secretaría de Hacienda y Crédito Público	20
1.4.2. Banco de México	21

1.5. ORGANISMOS SUPERVISORES DEL SISTEMA FINANCIERO MEXICANO.....	21
1.5.1. Comisión Nacional Bancaria y de Valores.....	21
1.5.2. Comisión Nacional de Seguros y Fianzas.....	22
1.5.3. Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro.....	22
1.6. ORGANISMOS DE PROTECCION.....	23
1.6.1. Comisión Nacional para la Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros.....	23
1.6.2. Instituto de Protección al Ahorro Bancario.....	23
1.7. MERCADOS FINANCIEROS.....	23
1.7.1. Mercado de Valores.....	24
1.7.2. Mercados por tipo de emisión.....	25
1.7.2.1. Mercado Primario.....	25
1.7.2.2. Mercado Secundario.....	25
1.7.3. Mercados por vencimiento de la obligación.....	26
1.7.3.1. Mercado de Dinero.....	26
1.7.3.2. Mercado de Capitales.....	26
1.7.4. Mercado de Derivados.....	27
1.7.5. Participantes del mercado de valores.....	27
1.7.5.1. Emisores de Valores.....	27
1.7.5.2. Inversionistas.....	27
1.7.5.3. Intermediarios Bursátiles.....	28

1.7.5.4. Otros Participantes.....	28
1.7.6. Funcionamiento.....	29
CAPÍTULO II. MERCADO DE CAPITALES.....	30
2.1. MERCADO DE CAPITALES EN MEXICO.....	30
2.1.1. Marco Legal.....	30
2.1.2. Ley de Mercado de Valores.....	30
2.1.2.1. Ley de Sociedades de Inversión.....	30
2.1.2.2. Instituto Central para el Depósito de Valores.....	31
2.2. INSTRUMENTOS EMITIDOS POR EMPRESAS MEXICANAS.....	31
2.2.1 Instrumentos de Renta Fija.....	31
2.2.1.1. <i>Papel Comercial</i>	31
2.2.1.2. <i>Pagarés de Mediano Plazo</i>	31
2.2.1.3. <i>Pagarés Financieros</i>	32
2.2.1.4. <i>Obligaciones</i>	32
2.2.1.5. <i>Títulos Opcionales</i>	32
2.2.1.6. <i>Certificados de Participación Ordinarios</i>	33
2.2.2. Instrumentos de Renta Variable.....	33
2.2.2.1. <i>Acciones</i>	33
2.2.3. Valuación de Acciones.....	34
2.2.4. Tipos de Acciones.....	34
2.2.4.1. <i>Acciones Comunes</i>	34
2.2.4.2. <i>Acciones Preferentes</i>	35
2.2.4.3. <i>Acciones Gonce</i>	35
2.3. ÍNDICE DE PRECIOS Y COTIZACIONES DE LA BOLSA MEXICANA DE VALORES.....	35

2.3.1. Definición.....	35
2.3.2. Generalidades.....	35
CAPITULO III. TEORIA DE PORTAFOLIOS.....	37
3.1. ANTECEDENTES.....	38
3.2. RIESGO.....	40
3.2.1. Definición.....	40
3.2.2. Tipos de Riesgo.....	40
3.2.2.1 Riesgo Sistemático.....	40
3.2.2.2 Riesgo No sistemático.....	41
3.2.2.3. Riesgo Financiero.....	41
3.2.2.3.1. Riesgo de Mercado.....	41
3.2.2.3.2. Riesgo de Crédito.....	41
3.2.2.3.3. Riesgo de Liquidez.....	42
3.2.2.3.4. Riesgo de Legal.....	42
3.2.2.3.5. Riesgo Operacional.....	42
3.3. PORTAFOLIOS DE INVERSION.....	43
3.3.1. Definición.....	43
3.3.2. Diversificación.....	43
3.4. TEORIA DE MARKOWITZ.....	44
3.5. CAPITAL ASSET PRICING MODEL.....	45
3.6. VALOR EN RIESGO.....	48
3.6.1. Definición.....	48
3.6.2. Métodos para la Medición del VaR.....	51
3.6.2.1. Enfoque paramétrico.....	51
3.6.2.2. Enfoque No Paramétrico.....	56

3.6.2.2.1. Método de Simulación Histórica.....	56
3.6.2.2.2. Método de Pruebas de Estrés.....	57
3.6.2.2.3. Monte Carlo Estructurado.....	58
CAPITULO IV. COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS MONTE CARLO, STRESS TESTING Y DELTA NORMAL DE UN PORTAFOLIO ÓPTIMO....	60
4.1. ELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	60
4.2. ESTRUCTURACIÓN DEL PORTAFOLIO.....	62
4.3. MÉTODO PARAMÉTRICO (DELTA NORMAL).....	63
4.4. SIMULACION MONTE CARLO.....	66
4.5. OPTIMIZACIÓN DEL PORTAFOLIO.....	69
4.6. METODO STRESS-TESTING.....	72
4.7. COMPARACION ENTRE LA METODOLOGÍA DELTA-NORMAL, STRESS – TESTING Y MONTE CARLO.....	74
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES PARA EL CÁLCULO DEL VAR.....	80
Bibliografía.....	81
ANEXO 1.....	84
ANEXO 2.....	85

INTRODUCCIÓN

Hoy en día hablar de riesgo tiene muchas acepciones, dependiendo del área de estudio que se trate, y en términos imprecisos puede definirse como la posibilidad de experimentar ciertos eventos de interés y, las consecuencias derivadas de dichos eventos. Los problemas planteados acerca de la medición y administración de riesgos, la pérdida o ganancia de utilidades, el interés devuelto por una inversión y un sinfín de conceptos financieros y económicos son respondidos con matemáticas, estadística y probabilidad, lo que suele ser no muy fácil de interpretar o un tanto complicado de explicar.

Durante las últimas décadas se han desarrollado nuevos métodos de medida y de gestión del riesgo de mercado, tal es el caso del VaR, del inglés *Value-at-Risk* (*Valor en Riesgo*) que se ha logrado posicionar como patrón a seguir por las instituciones financieras para el control de sus riesgos de mercado debido a la facilidad para interpretarlo, por su gran utilidad para estimar la cantidad necesaria de fondos propios para cubrir el riesgo de mercado de las actividades de negociación de las mismas y la ventaja que brinda al poder incorporar los efectos de la diversificación de las carteras.

El VaR, pretende establecer cuantitativamente en unidades monetarias el riesgo, definiéndolo como la pérdida máxima probable en una posición, durante un intervalo concreto, según las condiciones del mercado donde se negocia el factor de riesgo, resume de la mejor manera la información que el inversionista busca tan apuradamente: ¿cuánto es lo máximo que se espera perder? La respuesta no se puede contestar sin antes obtener dos parámetros que el mismo inversionista decide: el nivel de confianza, es decir, la probabilidad y el tiempo en que dejará su inversión.

El presente estudio tiene como objetivo profundizar y familiarizar al lector con metodologías alternativas de medición del riesgo financiero mediante la comparación del Método Delta Normal, Stress- Testing y Método Monte Carlo, para un portafolio óptimo, todos estructurados con acciones que cotizan en el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.

HIPOTESIS

Afirmamos que el Valor en Riesgo por Método Monte Carlo es menor que el Valor en Riesgo Método Delta-Normal y Método Stress-Testing al invertir en un Portafolio Optimizado.

LOS OBJETIVOS SON:

PARTICULAR:

- Analizar y comparar el VaR de un portafolio de inversión, formado con instrumentos del Mercado de Capitales utilizando la metodología del Delta-Normal, Monte Carlo y Stress Testing.

GENERAL:

- Estudiar el modelo de carteras propuesto por Harry Markowitz.
- Comprender el concepto de Valor en Riesgo aplicado al Mercado de Capitales.
- Analizar los tipos de VaR y elegir aquel que sea el óptimo para efectos de la investigación.
- Observar la eficiencia de los métodos así como sus ventajas y desventajas.
- Analizar la eficiencia del Mercado Mexicano de Capitales, con el fin de obtener mayor rentabilidad y protección frente al riesgo en el uso de un portafolio de inversión.

La presente investigación está dividida en cuatro capítulos. Se hace énfasis en el Sistema Financiero Mexicano y, en la importancia de la Teoría de Portafolios, aplicando dicha teoría en la construcción de los portafolios para poder así diversificar el riesgo en las acciones a invertir con tres diferentes metodologías de Valor en Riesgo utilizando el software Excel y SPSS.

En el **Capítulo I** se desarrolla lo referente al Sistema Financiero Mexicano, comenzado con los dos sistemas que lo componen, el Sistema Bancario y el Sistema Bursátil, por un lado se nombrarán y describirán a las Autoridades, Organismos Supervisores y Organismos de Protección del Sistema Financiero Mexicano, y por último se dará la definición y clasificación de los Mercados Financieros que lo componen, los cuales son,

el Mercado de Valores, el cual a su divide en Mercado de Deuda o Dinero y Mercado de Capitales o de Renta Fija, le sigue el Mercado de Cambiario o de Divisas, después el Mercado de Derivados y por último pero no menos importante el Mercado de Metales.

En el **Capítulo II** se describe el Mercado de Capitales desde sus antecedentes y origen mundial y nacional, pasando por su funcionamiento y marco jurídico y normativo dentro de nuestro país, hasta las características y tipos valuación de los instrumentos financieros que se negocian en él, es decir, las acciones.

En el **Capítulo III** se estudia un modelo de selección de carteras, el Modelo de Markowitz y un método derivado de él, el Método del Modelo de Precios de Títulos Financieros o Capital Asset Pricing Model (CAPM), el cual será utilizado en el ejercicio práctico.

También se hablará sobre el riesgo y los tipos de riesgo financieros que existen, así como de la Administración de Riesgo, tanto sus antecedentes como su importancia actualmente, posteriormente se analizarán los fundamentos del Valor en Riesgo o Value at Risk (VaR), así como las distintas metodologías para su cálculo.

En el **Capítulo IV** se elige la muestra de entre las acciones más bursátiles cotizadas en el Mercado de Valores, la cual será usada para formular el ejercicio práctico, después se hará un análisis para el cálculo del CAPM, más tarde se estructurará el portafolio y finalmente se realizara el cálculo del VaR, mediante las tres metodologías elegidas para poder realizar la comparación de los datos.

CAPÍTULO I.

SISTEMA FINANCIERO MEXICANO

1.1. DEFINICIÓN

El Sistema Financiero Mexicano está definido como un conjunto de instituciones de corte, tanto público (sector gubernamental), como privado (sector empresarial), las cuales se encargan de captar, administrar, regular, orientar y canalizar la inversión, así como el ahorro tanto de nacionales como de extranjeros mediante diversas operaciones, tales como: otorgamiento y obtención de créditos con la finalidad de financiamientos, inversiones con y sin riesgo, prestación de servicios bancarios que van desde lo doméstico hasta por disposición legal (pago de impuestos, cotizaciones al sector salud y vivienda), emisión y colocación de instrumentos bursátiles y todas aquellas operaciones que sean propias del sector financiero¹.

1.1.1. CONSTITUCIÓN Y OPERACIÓN

Las instituciones que constituyen el Sistema Financiero Mexicano son entidades financieras que se encargan de captar, administrar y canalizar el ahorro de las personas hacia la inversión. Dichas instituciones son:

- Instituciones de crédito
- Sociedades controladoras de grupos financieros
- Bolsas de valores
- Casas de bolsa
- Especialistas bursátiles
- Sociedades de inversión
- Uniones de crédito

¹ ¹ García, A, "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", Serie de Libros y Manuales: Finanzas, Contaduría y Administración,. Unidad Multidisciplinaria: CIEA, 2007, México, pág.1.

- Sociedades de ahorro y préstamo
- Casas de cambio
- Sociedades operadoras de sociedades de inversión
- Sociedades distribuidoras de acciones de sociedades de inversión
- Almacenes generales de depósito
- Arrendadoras financieras
- Empresas de factoraje financiero
- Sociedades financieras de objeto limitado
- Instituciones para el depósito de valores
- Contrapartes centrales
- Instituciones calificadoras de valores
- Sociedades de información crediticia
- Personas que operan con carácter de entidad de ahorro y crédito popular
- Instituciones y fideicomisos públicos
- Organismos de integración referidos como Federaciones y Confederaciones por la Ley de Ahorro y Crédito Popular.²

Operaciones

Las principales operaciones de las instituciones del Sistema Financiero Mexicano son, entre otras:

- Financiamiento: otorgar-obtener créditos.
- Realización de inversiones.
- Prestación de servicios bancarios domésticos y por disposiciones legales como el pago de impuestos, IMSS, INFONAVIT, ISSSTE, etc.
- Emisión y colocación de instrumentos bursátiles, y las tareas propias de la actividad financiera en seguros, fianzas, arrendamientos financieros, compra venta de divisas y metales preciosos, así como en factoraje financiero.³

² www.cnbv.gob.mx/seccion.asp?sec_id=1&com_id=0

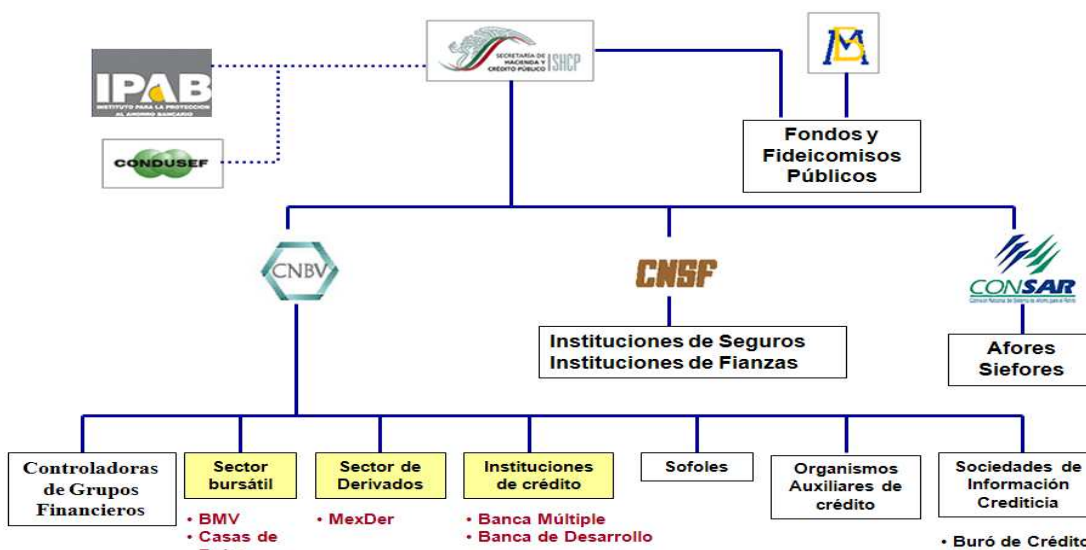
³ García, "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", 2007,;:1

El objetivo del Sistema Financiero Mexicano es gestionar la asignación eficiente de recursos entre los ahorradores y los demandantes de crédito. Para que un sistema financiero sea sano, se requiere de intermediarios eficaces y solventes, de mercados eficientes y completos, a su vez de un marco legal que regule los derechos y las obligaciones de ambas partes.⁴

Sobre esta base, se puede afirmar que la principal función del Sistema Financiero Mexicano consiste en “captar los recursos monetarios de ahorradores e inversionistas para ubicarlos con empresas, personas o instituciones que lo necesiten”.⁵

En los siguientes apartados se desarrollan los principales componentes del Sistema Financiero Mexicano de acuerdo a la estructura que se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1: Estructura del Sistema Financiero Mexicano ⁶



Elaboración Propia con base en la información del Banco de México.

4 www.banxico.gob.mx/sistemafinanciero/index.html

5 García, A., “Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados”, 2007:2

6 www.banxico.com/cuadro/sistemafinanciero

1.2. Sistema Bursátil

El Sistema Bursátil es un conjunto de organizaciones, públicas y privadas, a través de las cuales se regulan y llevan a cabo diferentes actividades financieras por medio de títulos o valores negociados en la Bolsa Mexicana de Valores, de acuerdo a lo dispuesto con la Ley del Mercado de Valores. Tales operaciones se llevan a cabo por medio de intermediarios bursátiles inscritos en la Sección de Intermediarios del Registro Nacional de Valores e Intermediarios.⁷

Los títulos o valores son negociados en la Bolsa Mexicana de Valores, por medio del sistema automatizado BMV- SENTRA Capitales, al cual están conectados las Casas de Bolsa y los Agentes intermediarios. Estas operaciones son supervisadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores.⁸

Los componentes del Sistema Bursátil son:

1.2.1. Bolsa Mexicana de Valores

La Bolsa Mexicana de Valores es una sociedad anónima de capital variable que opera por concesión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y con apego a la Ley del Mercado de Valores.⁹

Es el lugar físico en el cual se efectúan y se registran las operaciones realizadas por las casas de bolsa. Los inversionistas, a través de intermediarios bursátiles (en este caso casas de bolsa), compran y venden acciones e instrumentos de deuda. La Bolsa Mexicana de Valores no compra ni vende valores.¹⁰

⁷ García, 2007:2

⁸ García, 2007:3

⁹ Dieck , Instituciones Financieras”, 2004:316

¹⁰ www.bmv.com.mx/

1.2.1.1. Funciones de la Bolsa Mexicana de Valores

- Proporciona la infraestructura, la supervisión y los servicios necesarios para realizar procesos de emisión, colocación e intercambio de valores y títulos.
- Hace pública la información bursátil.
- Administra las operaciones y transmite la información respectiva al Instituto Central para el Depósito de Valores (S.D Indeval).
- Supervisa las actividades de las empresas emisoras y casas de bolsa.
- Fomenta la expansión y la competitividad del mercado de valores de México.

1.2.1.2. Registro y Participación de las Acciones en la BOLSA MEXICANA DE VALORES (BMV)

Cuando una empresa desea emitir acciones para cotizar en la Bolsa Mexicana de Valores, lo hace a través de una casa de bolsa, que son los intermediarios autorizados para realizar estas operaciones. Se empieza el proceso para obtener las autorizaciones tanto de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), como de la Bolsa Mexicana de Valores. Además se deberá registrar en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios y presentar la solicitud correspondiente a la Bolsa Mexicana de Valores.¹¹

Una empresa acude a una casa de bolsa para realizar la oferta pública y la colocación de los valores, los ofrece en el mercado primario al público inversionista. Una vez colocados los valores entre los inversionistas en el mercado bursátil, éstos pueden ser comprados y vendidos en el mercado secundario en la BMV, a través de una casa de bolsa.

Los inversionistas canalizan las órdenes de compra o venta de acciones a través de un promotor de una casa de bolsa, las cuales son transmitidas de la oficina de la casa de bolsa al mercado bursátil a través del Sistema Electrónico de Negociación, Transacción, Registro y Asignación (BMV-SENTRA Capitales) donde esperarán encontrar una oferta igual, pero en el sentido contrario y así perfeccionar la operación.¹²

¹¹ García, "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", 2007:19

¹² Dieck, "Instituciones Financieras", 2004:316-319

Cuando se adquieren acciones o títulos de deuda, se puede monitorear su desempeño en los periódicos especializados, o a través de los sistemas de información impresos y electrónicos de la propia Bolsa Mexicana de Valores así como el Sistema de Información en Tiempo Real de la Bolsa Mexicana de Valores (SiBOLSA).¹³

1.2.1.3. Reglamento General de la BMV

Define las normas operativas de admisión, suspensión y exclusión de socios de la institución, requisitos de listado y mantenimiento de valores, y las reglas generales de operación.¹⁴

1.2.2. Casas de Bolsa

La Casa de Bolsa es un intermediario bursátil a través del cual es posible vender o comprar valores. Los inversionistas que desean comprar o vender valores deben acudir a una Casa de Bolsa por medio de un promotor, le brinda al cliente información en base a sus intereses según los valores disponibles en el mercado, si al inversionista le interesa una oferta de precio (ya sea para comprar o vender), entonces se firma el contrato de intermediación. En dicho contrato, intervienen por supuesto dos partes, las contrapartes de la operación que se realiza, es decir el comprador y el vendedor, ambos representados por su respectiva Casa de Bolsa.

La operación realizada debe ser registrada en el Sistema Electrónico de Negociación, Transacción, Registro y Asignación (SENTRA). Dos días hábiles posteriores el Depósito Central de Valores de México (Indeval) transfiere los valores accionarios de la Casa de Bolsa vendedora a la Casa de Bolsa compradora, transfiriendo también el importe de la operación de la Casa de Bolsa compradora a la Casa de Bolsa vendedora, siendo el inversionista el que debe liquidar dicho importe a su Casa de Bolsa representante más el pago de una comisión previamente acordada por dicha transacción.

¹³ www.bmv.com.mx/

¹⁴ Ibedem, "Instituciones y Sociedades de Inversión", 31p.

Sus principales funciones son:

- Compra-venta de valores.
- Asesorar a las empresas en la colocación de valores.
- Asesorar a los inversionistas en la constitución de carteras.
- Recibir fondos por operaciones con valores.
- Realizar transacciones con valores a través del sistema electrónico BMV-SENTRA Capitales de la Bolsa Mexicana de Valores.¹⁵

1.2.3. Sociedades de Inversión

La CNVB menciona que “las sociedades de inversión son entidades que tienen por objeto, la adquisición y venta de Activos Objeto de Inversión con recursos provenientes de la colocación de las acciones representativas de su capital social entre el público inversionista, así como la contratación de los servicios y la realización de las demás actividades previstas en la Ley de Sociedades de Inversión”.¹⁶

Las sociedades de inversión operan dentro de las mismas Casas de Bolsa, los Bancos y algunas Operadoras Independientes de inversión.

Las sociedades de inversión se clasifican en cuatro tipos:

- Sociedades de inversión de renta variable.- Estas sociedades invierten tanto en instrumentos de renta variable como en instrumentos de deuda. El rendimiento está dado por la diferencia entre el precio de venta y el de compra. Las personas físicas que invierten en este tipo de sociedades están exentas del pago de impuestos, mientras que las personas morales no.
- Sociedades de inversión en instrumentos de deuda.- estas sociedades sólo pueden invertir en instrumentos del mercado de deuda, por lo tanto se caracterizan por representar inversiones de bajo riesgo.

¹⁵ www.bmv.com.mx/

¹⁶ http://www.cnbv.gob.mx/consulta.asp?com_id=0&tema_id=18

- Sociedades de inversión de capitales (SINCAS).- Se caracterizan por invertir los recursos de manera temporal en las empresas. También se conocen como fondos mutualistas, donde los pequeños y medianos inversionistas no requieren realizar una gran inversión, pues su capital aportado se junta con el de otros inversionistas y esto hace posible el recaudar cierto fondo e invertir en un portafolio diversificado obteniendo rendimientos proporcionales a la inversión. El monto mínimo para participar en un fondo mutualista es de \$3,000.¹⁷
- Sociedades financieras de objeto limitado (Sofoles).- Son sociedades anónimas facultadas para otorgar créditos, los cuales pueden ser créditos hipotecarios, automotrices, agroindustriales, intermediarios o distribuidores, microcréditos, pymes y bienes de capital y transporte. Estas sociedades están reguladas por la Ley de Instituciones de Crédito y son supervisadas por la CNBV.

1.3. SISTEMA BANCARIO

Se le denomina Banca a la actividad que realizan los bancos comerciales y de desarrollo en sus diferentes modalidades que conforman el sistema bancario y constituyen instituciones de intermediación financiera. Esto es que admiten dinero en forma de depósito, otorgando por ello un interés (tasa pasiva), para posteriormente, en unión de recursos propios, conceder créditos, descuentos y otras operaciones financieras por las cuales cobra un interés (tasa activa), comisiones y gastos en su caso.¹⁸

Acorde con el artículo 3° de la Ley de Instituciones de Crédito, el Sistema Bancario Mexicano está integrado por el Banco de México, las instituciones de banca múltiple, las instituciones de banca de desarrollo y los fideicomisos públicos constituidos por el Gobierno Federal para el fomento económico que realicen actividades financieras.

¹⁷ http://www.cnbv.gob.mx/consulta.asp?com_id=0&tema_id=18

¹⁸ Jesús D. Villareal, "Administración Financiera II", 2008:38.

1.3.1. Banca Múltiple

La Banca múltiple, también conocida como Banca de primer piso, son instituciones de crédito autorizadas por el Gobierno Federal. “La Banca Múltiple está compuesta por las sociedades anónimas que, mediante varios productos, realizan operaciones de captación de recursos del público ahorrador e inversionista, creando pasivos directos y/o contingentes, y después los colocan, o prestan, en personas o empresas que necesitan capital y que son sujetos de crédito. Las operaciones de captación y colocación son llamadas servicios de banca y crédito”.¹⁹

Las instituciones de banca múltiple, apoyadas en los sistemas de pago, ofrecen servicios de pagos, transferencias, compra y venta de dólares y monedas de oro y plata que circulan en México.²⁰ Estas instituciones están reguladas por la Ley de Instituciones de Crédito.

1.3.2. Banca de Desarrollo

Banca de Segundo Piso o Banca de Fomento son los nombres con los que también se designa a la Banca de Desarrollo. La conforman instituciones que ejercen el servicio de banca y crédito a largo plazo, con sujeción a las prioridades del Plan Nacional de Desarrollo y en especial al Programa Nacional de Financiamiento del Desarrollo, para promover y financiar sectores que le son encomendados en las leyes orgánicas que rigen a dichas instituciones.

Se le dice banca de segundo piso, ya que sus programas de apoyo y financiamiento se realizan a través de los bancos comerciales que quedan en primer lugar.²¹ Asimismo, se les conoce como Sociedades Nacionales de Crédito y son supervisadas por la CNBV y reguladas por la Ley de Instituciones de Crédito y, en su caso, por sus leyes orgánicas. Los siete Bancos de Desarrollo son:

¹⁹ [www.banxico.org.mx/.../Instituciones deBanMul.html](http://www.banxico.org.mx/.../Instituciones_deBanMul.html)

²⁰ García, “Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados”, 2007:42

²¹ García, “Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados”, 2007:42

- Banco del Ejército (BANJERCITO)
- Banco Nacional de Comercio Exterior (BANCOMEXT)
- Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)
- Banco de Ahorro Nacional y Servicios Financieros (BANSEFI)
- Nacional Financiera (NAFIN)
- Sociedad Hipotecaria Federal (SHF)
- Financiera Rural.²²

1.4. AUTORIDADES DEL SISTEMA FINANCIERO MEXICANO

1.4.1. Secretaría de Hacienda y Crédito Público

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público es la dependencia del Poder Ejecutivo Federal que representa la máxima autoridad en el Sistema Financiero Mexicano. Opera mediante la Dirección General de Banca y Ahorro, la Dirección General de Banca de Desarrollo y la Dirección General de Seguros y Valores, las cuales son dependientes de la subsecretaría de Hacienda.

Algunas de sus funciones son:

- Otorgamiento o anulación de autorizaciones para la constitución, organización u operación de las instituciones que proporcionan servicios financieros.
- Autorización de fusión o separación de dos o más instituciones financieras.
- Instrumentación del funcionamiento de las instituciones que conforman el Sistema Financiero Mexicano.
- Designación del Presidente de la CNBV, de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF), de la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR) y de la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUCEF).²³

²² www.banxico.org.mx/.../InstitucionesBancaDesarrollo.html

²³ De Alba, J., "Marco Legal y Normativo del Sistema Financiero Mexicano", 2005:259-260

1.4.2. Banco de México

El Banco de México es el banco central del Estado Mexicano, es autónomo en sus funciones y en su administración. Su fundamento se encuentra en el artículo 28 de la Constitución.

Su finalidad es proveer a la economía del país de moneda nacional, y su objetivo prioritario es procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda. También le corresponde promover el sano desarrollo del sistema financiero y propiciar el buen funcionamiento de los sistemas de pagos.²⁴

El Banco de México da permanente seguimiento a las instituciones que lo integran, promueve reformas y emite regulaciones dentro de su competencia para poder así alentar el sano desarrollo del sistema financiero y proteger los intereses del público en general.²⁵

Dentro de las principales funciones del Banco de México están las siguientes:

- Regula la emisión y circulación de la moneda, los cambios, la intermediación y los servicios financieros, así como los sistemas de pago.
- Funge como Cámara de Compensación entre las Instituciones de Crédito, así como banco de reserva.
- Participa en el Fondo Monetario Internacional y en otros organismos de cooperación financiera internacional.
- Actúa como agente en la colocación de Certificados de la Tesorería (CETES).²⁶

1.5. ORGANISMOS SUPERVISORES DEL SISTEMA FINANCIERO MEXICANO

1.5.1. Comisión Nacional Bancaria y de Valores

La CNBV es un órgano desconcentrado de la SHCP, con autonomía técnica y facultades ejecutivas en los términos de la propia Ley de la CNBV, la cual fue publicada en el Diario

²⁴ Villegas, E., Ortega, R, " El Nuevo Sistema Financiero Mexicano",.2002:73

²⁵ www.banxico.gob.mx/sistemafinanciero/index.html

²⁶ <http://www.banxico.org.mx>

Oficial de la Federación el día 28 de abril de 1995, y entró en vigor el 1º de mayo del mismo año.²⁷

La CNBV tiene por objeto regular y supervisar a las entidades financieras para procurar su estabilidad y correcto funcionamiento, así como mantener y fomentar el sano y equilibrado desarrollo del sistema financiero en su conjunto, en protección de los intereses del público.

Dentro de las entidades están las instituciones de crédito, casas de bolsa, especialistas bursátiles, sociedades de inversión, arrendadoras financieras, empresas de factoraje financiero, sociedades de ahorro y préstamo, casas de cambio, etc.²⁸

1.5.2. Comisión Nacional de Seguros y Fianzas

La Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) es un órgano desconcentrado de la SHCP, con autonomía técnica. Su misión es supervisar la operación legal de los sectores asegurador y afianzador, para así preservar la solvencia y estabilidad financiera de las instituciones, garantizando los intereses del público usuario de seguros y fianzas.²⁹

1.5.3. Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro

La Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR) es un órgano administrativo desconcentrado de la SHCP, creada el 13 de julio de 1994, sustituyendo al Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR). Está dotada de autonomía técnica y facultades ejecutivas con competencia funcional propia en los términos de la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro.³⁰

El SAR, integrado por un conjunto de entidades, tiene como misión proteger el interés de los trabajadores, asegurando una administración eficiente y transparente de su ahorro, que favorezca un retiro digno y coadyuve al desarrollo económico del país.³¹

27 Jesús D. Villareal, "Administración Financiera II", 2008:35.

28 <http://www.cnbv.gob.mx>

29 Villegas, E., Ortega, R., "El Nuevo Sistema Financiero Mexicano", 2002:130

30 García, "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", 2007:60.

31 <http://www.consar.gob.mx>

1.6. ORGANISMOS DE PROTECCION

1.6.1. Comisión Nacional para la Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros

La Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF) es un organismo público descentralizado. Su principal objetivo es promover, asesorar, proteger y defender los intereses y derechos de las personas que utilizan productos o servicios financieros de instituciones financieras que operan en el territorio nacional, creando y fomentando entre los usuarios una cultura adecuada referente a los servicios financieros.³²

1.6.2. Instituto de Protección al Ahorro Bancario

El Instituto de Protección al Ahorro Bancario (IPAB) es un organismo público descentralizado. Su prioridad es la de proteger los depósitos bancarios del pequeño ahorrador en México y, de este modo, contribuir a preservar la estabilidad del sistema financiero y el buen funcionamiento de los sistemas de pagos.³³

1.7. MERCADOS FINANCIEROS

Un mercado financiero es un mecanismo que permite a los agentes económicos el intercambio de activos financieros. Cualquier mercado de materias primas podría ser considerado como un mercado financiero si el propósito del comprador es el consumo inmediato del producto, sino el retraso del consumo en el tiempo.³⁴

³² www.banxico.gob

³³ www.banxico.gob

³⁴ Dieck, "Instituciones Financieras", 2004:302

1.7.1. Mercado de Valores

El mercado de valores es el conjunto de normas y participantes que permiten, de manera organizada, la colocación, distribución e intermediación de valores inscritos en el Registro Nacional de Valores.³⁵

Este mercado es de gran importancia para el crecimiento y desarrollo del país, ya que permite a las empresas obtener recursos para realizar proyectos de inversión mejorando el costo de capital.

Los inversionistas y financistas, es decir, personas con exceso de capital y personas con necesidad de capital, se relacionan en el mercado de valores mediante la transacción de títulos de valores, clasificados como instrumentos de renta fija o variable.

Gracias a la globalización, el mercado de valores abrió más las puertas al público en general y no solo a empresas. Con el objeto de diversificar inversiones y obtener rendimientos acordes a los riesgos asumidos.

El Mercado de Valores funciona de la siguiente manera:

- i. Los inversionistas y las entidades emisoras entran en contacto por medio de los intermediarios bursátiles. Los emisores pagan un costo y los inversionistas obtienen un rendimiento.
- ii. El intercambio monetario realizado se documenta mediante títulos-valor, negociados en la Bolsa Mexicana de Valores.
- iii. Estos documentos se depositan en el INDEVAL. Cabe mencionar que los títulos-valor, especialistas bursátiles, agentes y casas de bolsa deben estar inscritos en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios.
- iv. La Comisión Nacional Bancaria y de Valores regula estas actividades y la Ley del Mercado de Valores reglamenta todo el sistema bursátil.³⁶

³⁵ Dieck, "Instituciones Financieras", 2004:302
³⁶ Dieck, 2004:314

1.7.2. Mercados financieros por el tipo de emisión

1.7.2.1. Mercado Primario

El mercado primario o mercado de emisión es aquel mercado financiero en el que se emiten valores negociables y en el que, por tanto, se transmiten los títulos por primera vez.

Los mercados primarios son aquellos en los que los activos financieros intercambiados son de nueva creación. Los oferentes de títulos en el mercado son las entidades necesitadas de recursos financieros que acuden a este mercado a emitir sus títulos. Por el lado de los demandantes se encuentran los inversores, que con excedentes de recursos financieros acuden a estos mercados a adquirir títulos. Los títulos son emitidos en el mercado primario que sirve para la captación de ahorro y que supone, por tanto, la captación de nueva financiación y, posteriormente, los valores ya adquiridos se negocian en el mercado secundario que vendría a ser un mercado de segunda mano o de reventa.³⁷

1.7.2.2. Mercado Secundario

El mercado secundario o mercado de negociación es una parte del mercado financiero de capitales dedicado a la compraventa de valores que ya han sido emitidos en una primera oferta pública o privada, en el denominado mercado primario.³⁸

Estas transacciones se pueden llevar a cabo en la Bolsa de Valores o en los mercados OTC, por sus siglas en inglés *over the counter* (sobre el mostrador). Las operaciones aquí realizadas ya no representan una entrada de recursos a la tesorería de los emisores. ³⁹

³⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Mercado_primario

³⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Mercado_secundario

³⁹ E., Ortega, R., " El Nuevo Sistema Financiero Mexicano", Villegas, 2002: 71

1.7.3. Mercados por vencimiento de la obligación

Existen tres tipos de mercados por vencimiento de la obligación, a continuación se muestran sus principales características.

1.7.3.1 Mercado de Dinero

El mercado monetario o de dinero es el conjunto de mercados financieros, normalmente al por mayor, independientes pero relacionados, en los que se intercambian activos financieros que tienen como denominador común un plazo de amortización corto, que no suele sobrepasar los dieciocho meses, un bajo riesgo y una elevada liquidez.

Generalmente estos títulos los emite el gobierno, aunque también las empresas pueden jugar un papel importante.

Los instrumentos del mercado de deuda, también llamados instrumentos de renta fija, tal como su nombre lo indica, son aquellos donde ya se conoce con anticipación el monto en juego. Es decir, las empresas se endeudan para obtener dinero sin ceder parte de su empresa. ⁴⁰

1.7.3.2. Mercado de Capitales

El mercado de Capitales está conformado por participantes que compran y venden acciones e instrumentos de crédito. A diferencia del mercado de deuda, este mercado busca satisfacer necesidades de capital en proyectos a mediano o largo plazo.

La finalidad de este mercado es ofrecer una gama de productos financieros que promuevan el ahorro interno y fuentes de capitales para las empresas. Los mercados de capitales son una de las principales fuentes de financiación vendiendo a la propia empresa, con el fin de mantener balanceada la estructura de capital en la misma. ⁴¹

⁴⁰ Dieck 2004, "Instituciones Financieras", 318p.

⁴¹ Dieck 2004, "Instituciones Financieras", 318p.

1.7.4. Mercado de Derivados

El Mercado Mexicano de Derivados, S.A. de C.V., tiene por objeto proveer las instalaciones y demás servicios para que se coticen y negocien los contratos de futuros y contratos de opciones.⁴²

1.7.5. Participantes del mercado de valores

1.7.5.1. Emisores de Valores

Los emisores son las entidades económicas que necesitan financiamiento para realizar proyectos. Son estas entidades las que ofrecen al público inversionista valores que cumplen con los requisitos adecuados establecidos por las autoridades. Los principales emisores son:

- Empresas
- Instituciones Financieras
- Gobierno Federal y Estatal
- Organismos Gubernamentales. ⁴³

1.7.5.2. Inversionistas

Son aquellas personas, físicas y morales, que cuentan con exceso de capital y por ello eligen colocar sus recursos en instrumentos financieros para obtener mayores rendimientos asumiendo un riesgo tácito.

Los inversionistas principales son:

- Personas físicas y morales
- Gobiernos Federal y Estatal
- Sociedades de Inversión
- Instituciones Financieras.⁴⁴

⁴² <http://www.mexder.com.mx/MEX/Glosario.html>

⁴³ Dieck 2004, "Instituciones Financieras",02p.

⁴⁴ Dieck 2004 , " Instituciones Financieras",313p

1.7.5.3. Intermediarios Bursátiles

Los intermediarios bursátiles son aquellas personas morales autorizadas para contactar la oferta y demanda de valores, efectuar operaciones por cuenta propia, con valores emitidos o garantizados por terceros. Así como administrares y manejar carteras de valores, propiedad de terceros. Entre ellos resaltan:

- Casas de Bolsa
- Especialistas Bursátiles
- Todas las instituciones financieras autorizadas por otras leyes para operar con valores en el mercado de valores. ⁴⁵

1.7.5.4. Otros Participantes

Otros participantes dentro del mercado de valores son todas las instituciones que contribuyen a su buen funcionamiento y sana operación. Entre estos residen:

- Bolsas de valores
- Instituciones para el depósito de valores
- Sociedades de inversiones
- Sociedades operadoras de sociedades de inversión
- Sociedades calificadores de valores
- Asociaciones de intermediarios bursátiles
- Contrapartes centrales
- Sociedades distribuidoras de acciones de sociedades de inversión. ⁴⁶

⁴⁵ Dieck 2004 ,“ Instituciones Financieras”,307p
⁴⁶www.cnbv.gob.mx

1.7.6. Funcionamiento

El mercado de valores tiene una manera muy peculiar de funcionar:

1. Los inversionistas y emisoras entran en contacto. Este contacto generalmente se lleva a cabo gracias a los ya mencionados intermediarios financieros. Los emisores pagan un costo y los inversionistas obtienen un rendimiento.
2. El intercambio monetario realizado se documenta mediante títulos-valor negociados en la Bolsa Mexicana de Valores o en los mercados OTC.
3. Estos documentos se depositan en el INDEVAL. No es necesario mencionar que los títulos de valor y los agentes financieros que comercian con ellos deben estar inscritos en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios.
4. La Comisión Nacional Bancaria y de Valores regula estas actividades y la Ley del Mercado de Valores reglamente todo el sistema bursátil.⁴⁷

⁴⁷ Dieck 2004, "Instituciones Financieras", 314p

CAPÍTULO II.

MERCADO DE CAPITALES

2.1. MERCADO DE CAPITALES

El Mercado de Capitales o Mercado de Renta Variable es aquel mercado en el que se colocan y negocian valores cuyo objeto es satisfacer las necesidades de capital de las empresas para la realización de proyectos a largo plazo.⁴⁸

2.1.1. Marco Legal

2.1.2.1. Ley del Mercado de Valores

La Ley del Mercado de Valores regula las ofertas públicas de las empresas emisoras, así como las actividades de todos los que participan en el Mercado de Valores. Además, regula el cumplimiento de la intermediación que realizan las casas de bolsa, la actividad del Registro Nacional de Valores e Intermediarios y en general a las autoridades responsables de promover el equilibrado y eficiente desarrollo del mercado, y garantizar la igualdad de oportunidades en el mismo.⁴⁹

2.1.2.2. Ley de Sociedades de Inversión

La Ley de Sociedades de Inversión regula el funcionamiento de las sociedades de inversión y de sus operadores, además del papel de las autoridades encargadas de vigilar su sano desarrollo y estricto apego al marco normativo vigente.⁵⁰

⁴⁸ Dieck, 2004:318

⁴⁹ García, 2007:30

⁵⁰ García, 2007:30

2.1.2.3. Instituto Central para el Depósito de Valores

Es un organismo de carácter jurídico y patrimonio propio, con funciones de interés público que consisten en el servicio de guarda, administración, compensación, liquidación y transferencia de valores.⁵¹

2.2. Instrumentos Emitidos por Empresas Mexicanas

De acuerdo con el artículo 2° de la Ley de Mercado de Valores. Los valores son las acciones, partes sociales, obligaciones, bonos, títulos opcionales, certificados, pagarés, letras de cambio y demás títulos de crédito, nominados o innominados, inscritos o no en el Registro, susceptibles de circular en los mercados de valores a que se refiere esta Ley.

2.2.1. Instrumentos de Renta Fija

Los valores comúnmente emitidos por las empresas mexicanas son:

2.2.1.1. Papel Comercial

Pagarés suscritos por sociedades anónimas mexicanas, denominados en moneda nacional que circulan en el mercado de valores. Instrumento que otorga financiamiento al corto plazo, su emisión puede ser entre uno y 360 días. El rendimiento es a descuento, es decir, la diferencia entre su valor de colocación y el valor de vencimiento.⁵²

2.2.1.2 Pagarés de Mediano Plazo

El plazo de estos pagarés se yace entre uno o siete años. Son una promesa incondicional de pago, suscritos por sociedades anónimas mexicanas en moneda nacional o en UDIS.⁵³

⁵¹ www.bmv.com.mx

⁵²García, 2007, "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", 58p

⁵³García, 2007, "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados", 59p

2.2.1.3. Pagarés Financieros

Pagarés con un valor nominal en múltiplos de 100 pesos mexicanos. Los suscriben arrendadoras financieras y empresas de factoraje financiero. Su vencimiento varía entre uno o tres años. ⁵⁴

2.2.1.4. Obligaciones

Títulos de crédito nominativos que manifiestan la participación individual de sus poseedores en un crédito colectivo. Se emiten en múltiplos de \$100 y en moneda nacional. Estos títulos funcionan como bonos con una tasa cupón mayor a cero. ⁵⁵

2.2.1.5. Títulos Opcionales

Estos títulos son instrumentos susceptibles de oferta pública y de intermediación en el mercado de valores, que confieren a sus tenedores, a cambio del pago de una prima de emisión, el derecho de comprar o vender al emisor un determinado número de acciones a las que se encuentran referidos (acciones de referencia), de un grupo de canasta de acciones (canasta de referencia).

Si el precio de las acciones de referencia favorece al tenedor del *warrant*, éste deberá recibir del emisor una suma determinada de dinero resultante de la variación de un índice de precios (índice de referencia); así como certificados de participación ordinarios y canasta de éstos, emitidos sobre acciones inscritas en la Bolsa Mexicana de Valores, a un cierto precio (precio de ejercicio) y durante un periodo o en una fecha establecidos al realizarse la emisión.

La liquidación de los títulos opcionales puede ser en efectivo (mediante el pago de una suma de dinero) o en especie (entrega de las acciones de referencia o de la canasta de referencia). ⁵⁶

⁵⁴García, 2007, "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados",58p

⁵⁵ García, 2007, "Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados",59p

⁵⁶ www.cnbv.gob.mx

2.2.1.6. Certificados de Participación Ordinarios

Estos certificados son títulos de crédito al largo plazo, de valor nominal y emitido por una sociedad fiduciaria sobre bienes, valores o derechos que se afectan en un fideicomiso. Se emiten con base en el valor de los bienes fideicomisitos y dan a sus tenedores el derecho a una parte proporcional de la titularidad.⁵⁷

2.2.2. Instrumentos de Renta Variable

Los títulos de renta variable, mejor conocidos como acciones, generan un rendimiento (pérdida) dependiendo de los resultados o circunstancias de la sociedad emisora. Es decir, cuando un individuo compra una acción de alguna empresa sus utilidades estarán totalmente correlacionadas con la situación financiera de la empresa.⁵⁸

2.2.2.1. Acciones

Una acción es una participación en el capital de una sociedad y su valor nominal representa el aporte de dinero de los socios en la empresa. En otras palabras, una acción es una fracción de la empresa. De esta forma los accionistas son los propietarios de la empresa en proporción con sus acciones, teniendo derecho a los beneficios de la misma. Y, según el caso, derecho de voto en las Asambleas de Socios. Para el inversionista, una acción es un activo financiero en el que se invierte con la expectativa de obtener rentabilidad vía dividendos o plusvalía. Cuando una sociedad decide invertir acciones, lo hace con el objeto de afrontar las siguientes necesidades de financiamiento.

- Sustituir procesos obsoletos y no competitivos por otros que le permitan participar en la economía internacional.
- Planear una expansión de acuerdo con el crecimiento del mercado.
- Desarrollar nuevos proyectos de inversión.
- Fusionar empresas ya existentes.

57 www.cnbv.gob.mx

58 Ibedem, "Instituciones y Sociedades de Inversión", 36p.

2.2.3. Valuación de Acciones

Los beneficios que se obtienen por poseer acciones pueden ser de dos formas:

- **Repartición de Dividendos:** Se realiza a partir de las posibilidades de la empresa por entregarles a los accionistas dividendos. El cálculo de dividendos se realiza con la división de las ganancias obtenidas en la empresa entre el número de acciones existentes, después de terminado su ejercicio anual.
- **Ganancia de Capital o Diferencia Positiva de Precios:** Ocurre cuando el precio de compra de una acción es inferior al de una venta futura. Derivado esto de las propias fuerzas del mercado.

Por otro lado, en cuanto a la manera matemática de verla, las acciones se consideran perpetuidades. Esto es así, porque las sociedades se constituyen por un tiempo indefinido. Solo en el caso de una disolución o liquidación de la sociedad se puede producir una hipotética amortización de las acciones.

2.2.4. Tipos de Acciones

2.2.4.1. Acciones Comunes

Confiere a su tenedor los derechos inherentes a la calidad de socio en toda sociedad mercantil. Los tenedores de este tipo de acciones son los verdaderos propietarios de la organización de negocios. Entre los derechos que le son propios, se pueden mencionar:

- Derecho de voto. Exclusivo de las acciones ordinarias. El tenedor tiene la capacidad de participar en la asamblea de accionistas.
- Derecho a los beneficios de la explotación. El inversor recibe utilidades de manera proporcional a su representación sobre el capital social.
- Derecho al remanente de la liquidación. Si la sociedad se disuelve y se efectúa su liquidación, cada acción ordinaria confiere al tenedor el derecho a una porción del saldo resultante de manera proporcional al capital que representa.

2.2.4.2. Acciones Preferentes

Estas acciones son también llamadas acciones de voto limitado, pueden o no carecer de voto. En caso de ser emitidas con derecho a voto, cada acción preferente solo conferirá un voto. Cuando se tratan en la asamblea extraordinaria, todas las acciones gozarán de un solo voto por cada una, sin aplicarse la pluralidad de sufragio, es decir, el derecho a voto múltiple con el que las acciones ordinarias pueden contar.

En cuanto a las utilidades, estas se otorgan generalmente por dividendos fijos.

2.2.4.3. Acciones de Goce

Son aquéllas que pueden ser entregadas a los accionistas a quienes se les hubieren amortizado sus acciones con utilidades repartibles, y sus tenedores tendrán derecho a las utilidades líquidas y a votar en las asambleas, según lo contemple el contrato social.

2.3. ÍNDICE DE PRECIOS Y COTIZACIONES DE LA BOLSA MEXICANA DE VALORES (IPC)

2.3.1. Definición

El Índice de Precios y Cotizaciones es el principal indicador de la Bolsa Mexicana de Valores, el cual muestra la evolución del mercado accionario 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 BMV.⁵⁹

2.3.2. Generalidades

Las fluctuaciones en la cotización de cada título expresan, por un lado, la libre concentración entre la oferta y la demanda en el sistema operativo BMV-Sentra Capitales,

⁵⁹ Dieck 2004, "Instituciones Financieras", 333p.

relacionada con el desarrollo de las empresas emisoras y sus resultados, y, por el otro, las condiciones generales de la economía.

El IPC refleja la tendencia general de las variaciones de precios de todas las emisoras y series cotizadas en Bolsa, generadas por las operaciones de compra-venta en cada sesión de remates, expresando en forma fidedigna la situación del mercado bursátil y su dinamismo operativo.

El IPC constituye un fiel indicador de las fluctuaciones del mercado accionario, gracias a:

- i. La representatividad de la muestra respecto a la operatividad del mercado, ya que esta es asegurada mediante la selección de las emisoras líderes, determinadas a través de su nivel de bursatilidad, y
- ii. La estructura de cálculo contempla la dinámica del valor de capitalización del mercado, representado por el valor de capitalización de las emisoras que constituyen la muestra del IPC.⁶⁰

El principal objetivo del IPC, que tiene su base en octubre de 1978, es constituirse como un indicador altamente representativo y confiable del Mercado Accionario Mexicano.

⁶⁰ Dieck 2004, "Instituciones Financieras", 333p.

CAPITULO III.

TEORÍA DE PORTAFOLIOS

Uno de los problemas existentes cuando se desea invertir es la amplia gama de alternativas que hay en cuanto a los diferentes instrumentos de inversión (todos con características diferentes), es decir, el inversionista se ve inmerso en un conjunto de oportunidades.

Existen algunos principios básicos para realizar la selección de instrumentos financieros con la finalidad de obtener un portafolio eficiente.

Elegir entre la gran diversidad de instrumentos de inversión que existen y determinar qué proporción de la inversión debe destinarse a cada uno de los instrumentos financieros elegidos para obtener los máximos beneficios posibles, es decir, para obtener los máximos rendimientos, no es un proceso sencillo, sin embargo, se cuenta con distintos métodos que ayudan a tomar este tipo de decisión.

El análisis de portafolio proporciona herramientas para realizar una selección idónea (óptima) de los instrumentos de inversión. Entre los métodos empleados se encuentra “la teoría de portafolios Media-Varianza” conocida como el modelo de Markowitz. La selección óptima por supuesto que también está en función de los intereses y necesidades del inversionista.

Es conveniente saber por qué unos portafolios son preferibles sobre otros, y después se mostrará la manera en que es posible realizar esta selección.

La teoría de portafolios tiene más de 45 años y su implementación ha sido muy fructífera para obtener la maximización de los rendimientos, y para lograr la diversificación en la elección de los instrumentos juega un papel muy importante.

También son empleados modelos de equilibrio del precio y rendimiento. El análisis del comportamiento del precio brinda seguridad porque la información del mercado está siendo constantemente actualizada, cuando la información no está disponible se requiere de otro tipo de análisis.

Otro de los puntos importantes no sólo es la selección óptima de los instrumentos de inversión sino también el realizar una evaluación del comportamiento del portafolio, es decir, evaluar los resultados y además darle un seguimiento, realizar las modificaciones que sean convenientes para seguir obteniendo los resultados esperados, a esto se le conoce como administración del portafolio.

3.1. ANTECEDENTES

En el aspecto financiero, el riesgo hace mención al peligro de pérdida que el inversor debe valorar antes de tomar decisiones que afecten su economía. En el mundo de las finanzas hay una regla implícita muy importante: “quién no arriesga no gana”. Esto quiere decir que al esperar una mayor utilidad entonces estamos afrontando un riesgo mayor.

Se han desarrollado técnicas cuantitativas para medir el riesgo financiero, cada vez estas técnicas se estudian más y con el avance de la tecnología se vuelve un estudio muy delicado. El estudio de estas técnicas es uno de los fundamentos de la administración de riesgo, también llamada “Teoría financiera de las partículas”.

La teoría financiera de las partículas descompone cada producto en componentes. Con estos componentes, se clasifican sus respectivas exposiciones a diversos tipos de riesgo, después se agregan las exposiciones de todos los valores, riesgos y, por último se obtiene un riesgo total a partir de la combinación de las exposiciones a las variables de riesgo y sus características en común.⁶¹

De las técnicas desarrolladas por la Administración del riesgo, es el VaR la más utilizada por su efectividad y simpleza. Este gran aporte se lo debemos a Harry Markowitz, quien en 1952 publicó en la revista *Journal of Finance* un artículo titulado “Portafolio Selection”. En este artículo se planteó un modelo racional de conducta de parte del decisor para la selección de una buena cartera de títulos con liquidez inmediata.

61 Jorion, P., 2004, “Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk”

Fue tanto el éxito de su publicación que en 1959 salió a la luz su libro “*Portfolio Selection, Efficient Diversification of Investments*”, donde desarrolló minuciosamente una teoría de diversificación de carteras usando medidas estadísticas como la media, la varianza, la desviación estándar y la distribución normal para conformar un buen portafolio. Un portafolio que provea al inversionista de protección y oportunidades respecto a las circunstancias tan variadas que existen en el mercado. ⁶²

Con ese gran aporte que le valió a Markowitz el premio nobel de economía, se intensificaron los estudios, las técnicas y los artículos en el tema de VaR, y los resultados han sido cada vez más sofisticados y precisos, entre ellos resaltamos:

- “Safety First” 1952
- “Liquidity Preference as Behaviour Towards Risk” 1958
- CAPM (Capital Asset Pricing Model) 1964
- Multiple Factor Model 1966
- Black-Scholes Option Pricing model 1973
- Binomial Optimal Model 1979
- Risk Adjusted Return of Capital 1983
- Limits on Exposure by duration Bucket” 1986
- Risk-Weighted Assets for Banks Limits on Greeks 1988 Stress Testing 1992

62 Markowitz,1959 ,“La Selección de Carteras”,6p

3.2. RIESGO

3.2.1 Definición

El Riesgo se puede definir como la volatilidad de los flujos financieros no esperados, generalmente dicha volatilidad se deriva del valor de los activos o los pasivos, cuanto más volátil es un activo, existe una mayor probabilidad de obtener grandes ganancias o pérdidas.⁶³

La Teoría Financiera define al Riesgo como la dispersión de resultados inesperados debido a los movimientos en las variables financieras, así que, tanto la desviación positiva como la negativa se deben considerar como fuentes de riesgo.⁶⁴

3.2.2. Tipos de Riesgo

3.2.2.1. Riesgo Sistemático

También conocido como no diversificable, denotado por β . Es aquel riesgo que no puede ser mitigado aunque se diversifique el portafolio.

El coeficiente β indica la cantidad de riesgo sistemático que tiene un determinado activo en relación con un activo promedio. Por definición un activo promedio tiene $\beta=1$ en relación consigo mismo.

El rendimiento esperado depende únicamente del riesgo sistemático, así los activos con β mayores tendrán rendimientos (pérdidas) mayores. La β es lineal, es decir, la β del portafolio es la suma del producto de las B de cada activo con el respectivo peso dentro del mismo. ⁶⁵

⁶³ Jorion, 2004:23-24

⁶⁴ Jorion, 2004:85

⁶⁵ Ross, S., Westerfield, R., Jordan, B.,1997, "Fundamentos de Finanzas Corporativas, Madrid",256p

3.2.2.2. Riesgo No Sistemático

Este tipo de riesgo se puede mitigar o reducir mediante la diversificación del número de títulos en el portafolio. Por ello también se le conoce como Riesgo Diversificable.⁶⁶

3.2.2.3. Riesgo Financiero

El riesgo financiero es el riesgo relacionado con posibles pérdidas en los mercados financieros, movimientos bruscos de variables financieras como el tipo de cambio o las tasas de interés.⁶⁷

3.2.2.3.1. Riesgo de Mercado

Este riesgo proviene de los cambios en las volatilidades (cambio de precio de los activos y pasivos financieros), el cual es medido por los cambios en el valor de las posiciones abiertas. Aquellos factores que afecten a las empresas de manera sistemática gestan el riesgo de mercado, entre estos factores sobresalen: guerras, inflación, recesión y el nerviosismo de los inversionistas.

Este riesgo puede ser Absoluto, medido en la pérdida de unidades monetarias, o Relativo, medido con base en la desviación de un índice base.

3.2.2.3.2 Riesgo de Crédito

El riesgo de crédito se presenta cuando alguna de las contrapartes de una inversión no cumple las obligaciones establecidas.

Empresas de calificación independientes, también llamadas calificadores, determinan la capacidad de pago, el tiempo de respuesta, la probabilidad de pagar los intereses y el principal de la deuda de las compañías calificadas. Las tres calificadoras más importantes son Moody's, Standard & Poor's y Fitch-IBCA.⁶⁸

⁶⁶ La Selección de Carteras": Markowitz,1959:6

⁶⁷ Jorion, P.,2004 " Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk"

⁶⁸ Jorion, P.,2004 " Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk"

3.2.2.3.3. Riesgo de Liquidez

Se presenta cuando la entidad no cuenta con los flujos de efectivo suficientes o que algunos activos no sean fácilmente realizables un precio cercano al mercado.

Se puede clasificar en:

- **Liquidez Mercado/Producto:** Este tipo de riesgo se presenta cuando una transacción no puede ser conducida a los precios prevalecientes en el mercado a causa de baja operatividad en el mercado. Se puede administrar fijando límites en algunos productos, o bien, diversificando.
- **Flujo de Efectivo/Financiamiento:** se da cuando los activos se deben liquidar antes de tiempo para conseguir flujos de efectivo necesarios para la entidad económica.

69

3.2.2.3.4. Riesgo Legal

Se presenta cuando la contraparte carece de autoridad o regulación legal para realizar la transacción. 70

Pertenece al legal, el cual se refiere a la pérdida potencial a causa de actividades no reguladas gubernamentalmente, como la manipulación del mercado, las operaciones con información privilegiada y demás. Por ello existen órganos encargados de regular a todas las entidades financieras en el mundo. 71

3.2.2.3.5. Riesgo Operacional

Es quizá uno de los riesgos más complicados de cuantificar. Por esta razón ha adquirido un peso importante en la investigación de la administración del riesgo, se refiere a las

69 Jorion, P., 2004 " Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk"

70 Jorion, P., 2004 " Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk"

71 Mascareñas, 2000, Riesgo Económico y Financiero,

pérdidas potenciales a causas de sistemas inadecuados, fallas en sistemas, desperfectos en la administración, fraudes y, sobre todo, error humano.⁷²

3.3. PORTAFOLIO DE INVERSION

3.3.1. Definición

Se entiende por portafolio de inversión a la selección de valores que un inversionista posee y que cotizan en el mercado de valores. Cada uno de los estos instrumentos posee un riesgo y un rendimiento que lo diferencian de los demás.

Lo atractivo de una inversión por supuesto son los rendimientos obtenidos y éstos dependen no sólo del tipo de instrumento en el que se invierte, también del plazo en que éste se mantenga y de algunos otros factores. Desafortunadamente la vulnerabilidad de los mercados ante eventos económicos, políticos y sociales influye en el desempeño de los instrumentos de inversión, por lo que existe un nivel de incertidumbre sobre los rendimientos esperados, por lo tanto toda inversión conlleva cierto nivel de riesgo.

Antes de conformar el portafolio es necesario conocer muy bien los instrumentos disponibles en el mercado de valores para elegir las combinaciones más eficientes de acuerdo con las expectativas del inversionista.⁷³

3.3.2. Diversificación

Parte de la hipótesis de “no poner todos los huevos en la misma canasta”. Sobre esta premisa, si diversificamos nuestros instrumentos el riesgo de la inversión se reduce. Se puede diversificar invirtiendo en un número considerable de empresas homólogas (mismo sector), sectores complementarios o bien sectores completamente diferentes.

Este principio afirma que al desmenuzar una inversión en activos diferentes se eliminará parte del riesgo, aunque ya sabemos que existe un nivel de riesgo tácito en cualquier instrumento, el cual no podremos eliminar mediante esta técnica.

⁷² Jorion, P.,2004 " Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk"

⁷³ <http://www.condusef.gob.mx>

3.4. TEORÍA DE MARKOWITZ

Harry Markowitz partió de la hipótesis de que el inversionista es un ser racional que desea maximizar sus ingresos considerando el menor riesgo posible. Aunque hay inversionistas con diferentes niveles de aversión al riesgo, el principio se mantiene, querrán obtener la máxima ganancia posible asumiendo el mínimo nivel de riesgo.

Utilizó la desviación estándar del portafolio como una medida intuitiva para explicar la compensación entre riesgo y rendimiento. Después gestó un problema de programación no lineal que busca minimizar el riesgo.

$$\text{Min } \sigma^2(R_p) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i \cdot w_j \sigma_{ij}$$

Sujeto a:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot E(R_i) = V^*$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad w_i \geq 0 \quad (i = 1, \dots, n)$$

Dónde:

W_i:	Es la proporción del capital invertido al activo financiero i
$\sigma^2(R_p)$:	Es la varianza de la cartera p
σ_{ij}:	Es la covarianza entre los rendimientos de los valores i y j
$E(R_p)$:	Es la rentabilidad o rendimiento esperado de la cartera p
$E(R_i)$:	Es el rendimiento esperado de la acción i , ($i = 1, \dots, n$)

La variable clave de este problema es el parámetro V^* , cuánto quiere ganar el inversionista, obviamente, a mayor sea V^* mayor será la varianza de la cartera, es decir, mayor será el riesgo.

El conjunto de pares $[E(R_p), \sigma^2(R_p)]$ o combinaciones de rentabilidad-riesgo de todas las carteras eficientes es denominado “Frontera Eficiente” ⁷⁴

Con esta idea el portafolio óptimo para el inversionista debe cumplir con alguna de las siguientes características:

- Tener un rendimiento esperado mayor a cualquier otro portafolio con el mismo nivel de riesgo.
- Tener un riesgo menor a cualquier otro portafolio con el mismo rendimiento esperado.

3.5. CAPITAL ASSET PRICING MODEL

El modelo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) en su traducción al español Modelo de Precios de Títulos Financieros fue desarrollado simultáneamente por William F. Sharpe (1964), Jack Linter Treynor (1965) y Jan Mossin. Estos tres personajes basaron sus estudios en las investigaciones ya efectuadas por Markowitz y Tobin a principios de la década de los sesenta. Investigaciones que continúan con el supuesto de que los inversionistas seleccionan sus carteras a través de un criterio rendimiento riesgo (media-varianza).

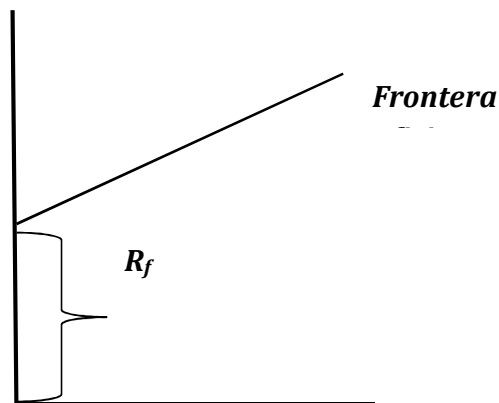
El modelo CAPM crea una combinación lineal de riesgo rendimiento y afirma que si se aplica la teoría de portafolios, entonces será capaz de ubicarse en cualquier punto a lo largo de la línea de mercado de capitales.

Esta línea parte del punto R_f , el cual representa el rendimiento del activo libre de riesgo. Tal como se muestra en la gráfica 1. ⁷⁵

⁷⁴ ", Robert W. Kolb, 1993, " Inversiones"

⁷⁵ Sharpe, W., 1964, "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", 425p.

Gráfica 1. TASA LIBRE DE RIESGO



Elaboración propia con base en William F. Sharpe. "The Journal of Business", 1966.

Sobre la base anterior, un inversionista esperaría mayor rendimiento si se expone a un riesgo adicional. Cuando un inversionista decide colocar sus activos en el mercado, este le impone dos precios. El primero es el precio del tiempo o interés. El interés se puede entender como el precio por tener dinero pero no disponer de él. El segundo precio es el precio del riesgo, la recompensa esperada por el arriesgue de capital. ⁷⁶

El modelo CAPM es un modelo teórico, y como tal no siempre se emparenta al cien por ciento con la realidad. Sin embargo los supuestos en los que está basado pueden acercarse mucho en la práctica.

De acuerdo con Sharpe (1964) los supuestos para el modelo CAPM son los siguientes:

1. Los rendimientos de los activos se distribuyen normalmente.
2. Las expectativas para cada uno de los inversionistas sobre los rendimientos esperados, volatilidades y covarianzas entre activos son iguales.

⁷⁶ Sharpe, W., 1964, "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", 425p.

3. La oferta de los activos es exógena al modelo. En otras palabras, la oferta de los activos financieros ya está dada.
4. Existe un activo libre de riesgo en el cual se puede colocar una cantidad grande de recursos.
5. El mercado funciona en competencia perfecta. No hay forma de que algún inversionista logre influenciar el precio de cualquier activo.⁷⁷

El modelo CAPM propone que el retorno esperado de un título depende de su riesgo sistemático (aquel riesgo implícito que no puede ser eliminado mediante la diversificación).

$$E(R_i) = R_0 + [E(R^*) - R_0] * B_i$$

Dónde:

- $E(R_i)$:** Rentabilidad esperada del i-ésimo título
- R_0 :** Rentabilidad del título libre de riesgo (renta fija)
- $E(R^*)$:** Rentabilidad esperada de la cartera de mercado (teóricamente compuesta por todos los activos que aportan valor a la economía)
- B_i :** Coeficiente de Riesgo Sistemático o Factor Beta i-ésimo título

Es importante destacar el riesgo sistemático del modelo ya que refleja la sensibilidad específica al riesgo no diversificable del mercado, Este riesgo es el riesgo de la economía desde un enfoque global, y como nos es muy difícil conocerlo se propone una medida para estimarlo, la beta. Esta beta mide el grado de relación entre la rentabilidad de un título con el mercado. Definido de la siguiente forma. ⁷⁸

⁷⁷ Journal of Finance 1964, Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", Sharpe, W., 425- 442p.
⁷⁸ Fernando G. Bezares, José A. Madariaga y Javier S 2008, Modelos de Valoración y Eficiencia: ¿Bate el CAPM al Mercado?", 72-96p

$$B_i = \frac{COV(R_i, R^*)}{VAR(R^*)}$$

Donde:

$COV(R_i, R^*)$: Covarianza del rendimiento de los activos y del mercado.

$VAR(R^*)$: Varianza del mercado.

3.6. VALOR EN RIESGO

3.6.1. Definición

El Valor en riesgo (VaR) tiene la intención de sintetizar con un solo número el riesgo total de un portafolio de activos. Se ha convertido en la medida más empleada por instituciones de tesorería y financieras. Los reguladores del banco central también usan el VaR para determinar el capital mínimo necesario que la institución debe poseer para hacer frente a sus riesgos. ⁷⁹

En 1994, el banco norteamericano J.P. Morgan en su documento "*RiskMetrics Technical Document*" definió *RiskMetrics* como el sistema de herramientas que permite a los participantes en los mercados financieros estimar su exposición al riesgo. ⁸⁰

Después, en abril de 1995, el Comité de Basilea para la Supervisión Bancaria propuso a los bancos calcular sus requerimientos de capital para cubrir su riesgo de mercado basándose en modelos propios del VaR. ⁸¹

De acuerdo al Comité de Basilea hay tres aportaciones con las que el VaR puede contribuir a la gestión del riesgo.

⁷⁹ John c. Hull, *Options futures an Other Derivatives* 2000:346

⁸⁰ J.P.Morgan/Reuters 1996 "RiskMetrics Technical Document".

⁸¹ Alonso J. y Arcos M., "Valor en Riesgo: Evaluación del Desempeño de Diferentes Metodologías para 7 Países Latinoamericanos", 200:23p

- Estimular el desarrollo del comportamiento, de modo que no sólo se recompensen los beneficios obtenidos, sino que se penalicen los riesgos expuestos.
- Potenciar una asignación más eficiente de los recursos. Esto implica que los bancos diversificarán tanto como sus capacidades lo permitan con el fin de reducir riesgo o la exposición excesiva a un área en particular.
- El VaR ayuda a los reguladores a cumplir la misión de valorar los peligros y calcular la adecuación del capital como garantía de prevención del impago.

Cuando hablamos de Valor en Riesgo estamos hablando necesariamente de una “medida de riesgo”. Una medida de riesgo es una función real proveniente de una variable aleatoria. Intuitivamente podemos percatarnos de que hay bastantes funciones reales provenientes de una variable aleatoria.[82](#)

- Momentos de la variable aleatoria. $E[X]$, $Var[X]$, etc.
- Percentiles. Todo percentil es una función valuada en los reales de una variable aleatoria.

Tomando en cuenta que existen muchas medidas de riesgo, usaré el percentil como la medida de riesgo para el VAR (*Value-at-Risk*).

Definiremos matemáticamente el Valor en Riesgo como:

El Valor en Riesgo con un nivel de confianza α para una variable aleatoria X , denotado $VaR(X)$, es el 100α percentil de X

$$VaR(x)=F^{-1}_x(\sigma)$$

82 Abraham Weishaus, ASM Study Manual for Exam C “Valor en Riesgo: Evaluación del Desempeño de Diferentes Metodologías para 7 Países Latinoamericanos”, Alonso J. y Arcos M., 2005, Colombia, pp.23

Una forma más sencilla de interpretar el VaR es: “Estamos X por ciento seguros que no perderemos más de V unidades monetarias en el siguiente horizonte de tiempo”.⁸⁵

Aunque la variable aleatoria de nuestro interés puede ser cualquiera, nos concentraremos en distribuciones completamente continuas. Bajo esta premisa:

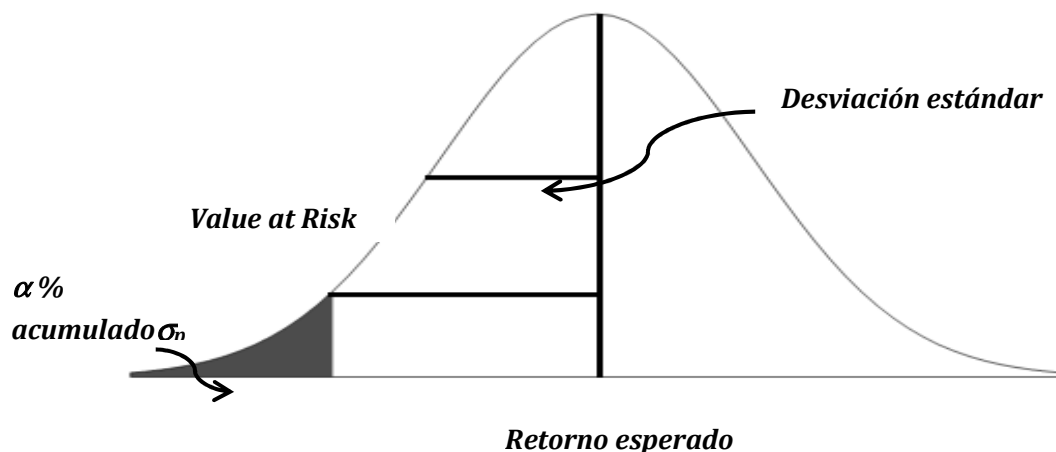
$$\text{VaR}(x) = F^{-1}_X(\alpha) = \int_{-\infty}^{E[r] - \text{VaR}} r(s) ds = \alpha$$

Comúnmente se asume que el valor esperado de los retornos es nulo. Por ello la integral anterior se transforma en:

$$\int_{-\infty}^{-\text{VaR}} r(s) ds = \alpha$$

Visualmente tiene una forma similar a la presentada en la gráfica 2.

Gráfica2. RETORNO ESPERADO.



Elaboración propia, basada en Value at Risk: Teoría y Aplicaciones”, Johnson, C.,

Aunque la gráfica nos hace pensar que los retornos esperados del portafolio de inversiones son normales, y la mayor parte del tiempo se trabaja con esta hipótesis, los retornos pueden asumir muchas formas y entre las más comunes para ajustar se encuentran, la distribución log-Normal y la exponencial.

El VaR también puede se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$VaR = \alpha \sqrt{\Delta t \cdot \sigma^2}$$

Dónde:

- α El nivel de confianza que define el área de pérdida de los retornos.
- σ^2 Varianza de los retornos,
- Δt Horizonte de tiempo para el cual estamos calculando el VaR,

3.6.2. Métodos para la Medición del VaR

Para medir el VaR podemos trabajar con dos perspectivas, la primera es ajustar alguna distribución paramétrica para los retornos y basarnos en que se comportan de esa manera. La segunda es un poco más general (no paramétrica) y usamos otra técnica llamada simulación.

3.6.2.1. Enfoque Paramétrico

El enfoque paramétrico considera que los retornos se distribuyen de manera normal. En este caso, el VaR puede obtenerse directamente de la desviación estándar del portafolio, utilizando un factor multiplicativo, el cual depende evidentemente del nivel de confianza.⁸³

⁸³ Jorion, P.,2004 ,“ Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk”,110-111p.

El método Delta-Normal es el método más simple para el cálculo del VaR. Este método consiste en asumir que los retornos se distribuyen normal e idénticamente distribuida. De tal forma que el retorno esperado para un portafolio en activos se define como:

$$E [R_p] = \omega E[r]$$

Donde:

$E [R_p]$ = Rendimiento total del portafolio.

ω = Ponderación de cada activo.

$E[r]$ = Rendimiento de cada activo.

Donde la varianza del portafolio se representa por:

$$\sigma_p^2 = \omega' \cdot E[\Sigma] \cdot \omega$$

Tal que:

ω : Vector columna de ponderaciones no negativos que suman 1

Σ : Matriz de varianzas y covarianzas para los retornos de n activos

El algoritmo para calcular el VaR parte de definir la matriz de varianzas y covarianzas con base histórica de retornos o incluyendo alguna valoración de las volatilidades implícitas en los activos financieros. Esta última alternativa tiene el problema práctico de que no todos los instrumentos que conforman un portafolio poseen una opción transable en el mercado. ⁸⁴

Como se comentó, el VaR paramétrico es un percentil, y al poseer una distribución de probabilidad (en este caso Normal) el Valor en Riesgo para el portafolio es:

84 Johnson, C., 2001, "Value at Risk: Teoría y Aplicaciones", 233p.

$$VaR = \alpha \cdot \sqrt{\Delta t \cdot \sigma^2} = \alpha \sqrt{\omega' \cdot E[\Sigma] \cdot \omega \cdot \Delta t}$$

Donde:

α = El nivel de confianza que define el área de pérdida de los retornos.

Δt = Horizonte de tiempo

σ^2 = Varianza del portafolio

ω = Ponderación de los activos

ω' = Monto monetario

$E[\Sigma]$ = Suma rendimientos de los activos.

El cálculo del VaR va con relación a la frecuencia de la base de datos, lo que hace necesario el ajuste por el parámetro Δt . Si la frecuencia de la base de datos de retornos es diaria y se desea calcular el VaR para 5 días en adelante (una semana) entonces se debe multiplicar por $\sqrt{5}$.

En el cuadro 2 resume las correcciones que se deben realizar dependiendo del horizonte de análisis para una base de retornos diaria.

Cuadro 2. Medidas De Riesgo Anualizado.

Estadístico	1 Día	Semana	Mes	Año
Retorno	μ_d	$5 \cdot \mu_d$	$20 \cdot \mu_d$	$240 \cdot \mu_d$
Varianza	σ_d^2	$5 \cdot \sigma_d^2$	$20 \cdot \sigma_d^2$	$240 \cdot \sigma_d^2$
Desviación Estándar	σ_d	$\sigma_d \cdot \sqrt{5}$	$\sigma_d \cdot \sqrt{20}$	$\sigma_d \cdot \sqrt{240}$
VaR	$-\alpha \cdot \sigma_d \cdot W$	$-\alpha \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{5} \cdot W$	$-\alpha \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{20} \cdot W$	$-\alpha \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{240} \cdot W$

Elaboración propia, basada en Value at Risk: Teoría y Aplicaciones”, Johnson, C.,

Tenemos un cálculo de VaR de un portafolio con una cantidad monetaria W a un tiempo dado (t_1) y deseamos estimar el VaR del mismo portafolio para un tiempo diferente (t_2), tal que t_2 es diferente de cero. Seguimos el siguiente razonamiento.⁸⁵

Sean:

$$VaR_1 = -\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\Delta t_1} \cdot W$$

$$VaR_2 = -\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\Delta t_2} \cdot W$$

Donde:

α = El nivel de confianza que define el área de pérdida de los retornos.

Δt = Horizonte de tiempo.

σ = Desviación estándar del portafolio.

W = Monto monetario del portafolio.

Entonces:

$$VaR_2 = -\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\Delta t_2} \cdot W = -\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\Delta t_1} \cdot W \sqrt{\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = VaR_1 \sqrt{\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

Con lo que llegamos a la expresión:

$$VaR_2 = VaR_1 \sqrt{\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

Es decir que si por ejemplo el VaR para un día es de \$20.000, entonces para una semana y un mes será de \$44.721 y \$89.443, respectivamente. Esta metodología de reconversiones se puede utilizar para todos los métodos propuestos en estas secciones.

⁸⁵ Johnson 2001, "Value At Risk: Teoría Y Aplicaciones", Estudios de Economía, :233-234p.

3.6.2.2. Enfoque No Paramétrico

Como su nombre lo indica, este segundo enfoque no asume distribución paramétrica a la variable aleatoria en cuestión (los retornos esperados). Sin embargo, simula escenarios dentro de un período de tiempo en los cuales se podría encontrar la variable aleatoria. La simulación es la contraparte de la perspectiva paramétrica, ya que puede crear varias formas (parecidas) de cómo se distribuyen los datos.

Los enfoques no paramétricos poseen una característica de vital interés, que tienen más cuidado en las colas de la distribución empírica de los datos. Sin embargo, la forma para su cálculo es un poco más complicada y requiere más software que el enfoque paramétrico.

Entre las aproximaciones no paramétricas más utilizadas se encuentran:

- Método de Simulación Histórica
- Método de Situaciones Extremas (Stress-Testing)
- Método de Simulaciones Monte Carlo

3.6.2.2.1. Método de Simulación Histórica

Este método consiste en aplicar un vector de moderadores de inversión vigentes a una serie de retornos históricos. Con este paso establecido, ajusta una distribución de probabilidad para calcular el VaR.

La secuencia de retornos históricos es el resultado de multiplicar los pesos actuales, representados por el vector columna ω con los retornos históricos, representados por el vector t .

$$R_t = \omega \cdot R_{it}$$

Donde:

R_t = Secuencia de retornos

ω = Vector de pesos

R_{it} = Retornos históricos en el momento t.

Cada uno de estos retornos se usa para determinar el valor del portafolio durante el siguiente período de tiempo.

Obteniendo una desviación estándar de las distintas valoraciones del portafolio, el valor en riesgo del mismo se obtiene mediante la fórmula: ⁸⁶

$$VaRh = -\alpha \cdot \sigma_H \cdot \sqrt{\Delta t} \cdot w$$

Donde:

α = Nivel de confianza

σ_H = Desviación estándar en diferentes valoraciones del portafolio.

Δt = Horizonte de tiempo.

w = Monto monetario del portafolio.

3.6.2.2.2. Método de Pruebas de Estrés

El *Stress- Testing* incrementa la ponderación de los eventos extremos que pueden resultar perjudiciales en la secuencia de la valoración del portafolio. Mediante la simulación de escenarios históricos adversos o la creación de eventos negativos, este método cuantifica los cambios probables en los valores el portafolio.

En la praxis el análisis se realiza eligiendo una secuencia de retornos que el administrador del portafolio debe considerar adecuados. Puesto que a veces se cuentan con grandes cambios en la historia, como guerras o insurrecciones, es importante que el administrador

⁸⁶ Jorion, P., 2004, "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk", 235p.

dictamine si considera tomar estos fenómenos extraordinarios en la simulación de los eventos desfavorables.

También es posible simular escenarios adversos que no necesariamente se hayan presentado en el pasado, sin embargo, esta perspectiva no es apta para cubrir todas las posibilidades que pueden hacer disminuir el valor de un portafolio.⁸⁷

3.6.2.2.3. Monte Carlo Estructurado

La simulación Monte Carlo (MC) cubre un amplio rango de valores posibles en variables aleatorias y de gran importancia para las correlaciones. Posteriormente, el método procede en dos etapas.

En primer lugar, El administrador de riesgo especifica un proceso estocástico para las variables financieras así como para los parámetros del proceso; los parámetros tales como el riesgo y las correlaciones se pueden deducir de los datos históricos o de las opciones.

En segundo lugar, la trayectoria de precios ficticios se simula para todas las variables de interés. En cada horizonte considerado, la cartera se cotiza utilizando diariamente la valoración completa como en el método de simulación histórica.

Cada una de estas “pseudo” realizaciones se utiliza entonces para recopilar una distribución de rendimientos, de la cual se puede medir un número del VAR.

Por tanto el método Monte Carlo es similar al método de simulación histórica, excepto en que los cambios hipotéticos en los precios ΔS para el activo i se crean mediante extracciones aleatorias de un proceso estocástico preespecificado en lugar de muestreados de los datos históricos.

⁸⁷ Jorion, P., 2004, “ Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk”, 220-223p.

El método Monte Carlo consta de los siguientes pasos:

1. El administrador de riesgo especifica un proceso estocástico para variables financieras, y especifica también los parámetros del proceso. El riesgo y las correlaciones pueden obtenerse de datos históricos o implícitos.
2. Se simulan senderos de precios ficticios para todas las variables de interés. En cada horizonte temporal, el portafolio es valuado a mercado utilizando una valuación completa, compilando así una distribución de probabilidad para los rendimientos y por ende obtener una medida para el VaR.⁸⁸

Una gran ventaja de este método es la flexibilidad para evaluar el riesgo en portafolios no simétricos, como suele suceder en los portafolios que contienen opciones sobre monedas.

⁸⁸ Johnson, 2001, "Value at Risk: Teoría y Aplicaciones", 217-247p.

CAPITULO IV.

COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS MONTE CARLO, STRESS- TESTING Y DELTA NORMAL DE UN PORTAFOLIO ÓPTIMO

4.1. ELECCIÓN DE LA MUESTRA

Una vez expuestos los métodos para el cálculo del VaR, se mostrará una muestra de su uso mediante un ejemplo numérico con el fin de conocer las ventajas o desventajas de los métodos, se decidió que sólo participarían en la muestra algunas empresas de sectores distintos inscritas en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV).

Al recurrir a este tipo de empresas aseguramos que tengan una bursatilidad en nuestro período de observación, así como una estabilidad acorde a las tendencias del mercado.

La muestra partió de una serie continua de precios, hacemos ahínco que el IPC es sumamente confiable, debido a que las condiciones para que una empresa sea considerada son un tanto exigentes. A continuación mencionamos estos requisitos:

- Bursatilidad: son empresas de mayor negociación en la BMV.
- Mayor participación pública en la posición de la emisión.
- Estabilidad en precios acorde a la tendencia del mercado.

El conjunto de las acciones que cotizan en la BMV que cumplen con los requisitos para ser tomadas en cuenta por IPC y que de manera se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1: Series accionarias que constituyen la Muestra Actual del IPC

AC	BIMBO	FEMSA	GMEXICO	KIMBER	PE&OLES
ALFA	BOLSA	GAP	GRUMA	KOF	PINFRA
ALPEK	CEMEX	GENTERA	GSANBOR	LAB	SANMEX
ALSEA	CHDRAUI	GFINBUR	ICA	LIVEPOL	TLEVISA
AMX	COMERCI	GFNORTE	ICH	MEXCHEM	WALMEX
ASUR	ELEKTRA	GFREGIO	IENOVA	OHELMEX	

Elaboración Propia con base en la información de la Bolsa Mexicana de Valores

De estas anteriores, solo se tomarán en cuenta cinco empresas las cuales se muestran en la Tabla 2, dichas empresas cumplen con el tiempo establecido para la realización de los métodos y la diversificación de los sectores para hacer atractivo el portafolio tomando en cuenta las posiciones que adopta un inversor en el mercado.

Los datos son los precios diarios de cierre desde el 06 de Enero de 2012 hasta el 22 de mayo de 2013, dando un total de 344 días.

Tabla 2. Acciones del portafolio.

Símbolo	Nombre
ALFAA.MX	ALFA-A
CEMEXCPO.MX	CEMEX-CPO
ELEKTRA.MX	ELEKTRA
FEMSAUBD.MX	FOMENTO ECONOM UTS
WALMEX.MX	WALT MART

Elaboración propia con base en los datos de la Bolsa Mexicana de Valores

4.2. ESTRUCTURACIÓN DEL PORTAFOLIO

Un portafolio se define como una combinación de activos. El objetivo de la formación de carteras es reducir el riesgo mediante la diversificación; en otras palabras, se puede decir que la desviación estándar de los rendimientos sobre la cartera de activos puede ser menor que la suma de las desviaciones estándar provenientes de los activos individuales. La teoría de la cartera trata de la selección de carteras óptimas, es decir, carteras que proporcionan el rendimiento más alto posible en cualquier grado específico de riesgo.

Entonces, para poder determinar las carteras óptimas se debe analizar los dos componentes elementales que las integran, a saber: rendimiento y riesgo.

Para poder proceder a la estimación y cálculo del Valor en Riesgo, seleccionamos la muestra de los precios de cierre diarios. Después, obtenemos los rendimientos diarios de cada acción para poder calcular el rendimiento esperado, así como la media aritmética o rendimiento promedio. Estos datos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Rendimientos

ACCIÓN	RENDIMINETO PROMEDIO
WALMART	-4.6202E-05
CEMEX	0.001897589
FEMSA	0.001109663
ELEKTRA	-0.003390621
ALFA	0.001509922

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

Si se trata de medir el riesgo de una cartera, este depende del riesgo de los valores individuales que constituyen el portafolio y de la relación existente entre los mismos (covarianza). Al seleccionar títulos que tienen poca relación unos con otros, el inversionista puede reducir el riesgo relativo.

La varianza es la forma de medir el riesgo en términos cuadráticos de la rentabilidad esperada del portafolio. La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza y muestra el riesgo del portafolio en términos lineales.

Ya contamos con los elementos necesarios para obtener la matriz de varianzas-covarianzas. Esta matriz puede observarse en el **Anexo 1**.

4.3. MÉTODO PARAMÉTRICO (DELTA NORMAL)

Con los datos que ya hemos obtenido, podemos entonces adentrarnos al tema en cuestión: La optimización del portafolio.

Recordamos que Delta Normal asume normalidad en las acciones y busca la varianza de una sucesión de variables aleatorias $\{X_1, \dots, X_n\}$ tal que:

$$X_i \sim N(\mu_i, \sigma_i) \forall i$$

Y si definimos P como el portafolio, entonces:

$$P = \sum_{i=1}^n X_i$$

$$E[P] = E\left[\sum_{i=1}^n X_i\right] = \sum_{i=1}^n E[X_i]$$

$$\sigma^2[P] = \sigma^2\left[\sum_{i=1}^n X_i\right] = \sum_{i=1}^n \sigma^2 X_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Cov(X_i, X_j)$$

Como ya obtuvimos datos, el último paso antes de la estimación del VaR es la optimización de las ponderaciones, es decir, qué porcentaje de nuestro capital invertiremos en cada una de las acciones.

$$\text{Min } z: \sigma^2(R_p) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i \cdot w_j \sigma_{ij}$$

$$\text{Sa: } \sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0$$

Lo cual se resume en la siguiente tabla:

Tabla 4. Rendimiento promedio del portafolio.

ACCIÓN	RENDIMINETO PROMEDIO	PONDERACION
WALMART	-4.6202E-05	15%
CEMEX	0.001897589	13%
FEMSA	0.001109663	48%
ELEKTRA	-0.003390621	11%
ALFA	0.001509922	13%

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

Donde la suma de las ponderaciones es el 100% y la suma del producto del retorno con la ponderación es el retorno esperado. La forma de calcular la desviación estándar se explicó en el capítulo III.

Conviene insistir en que el método no prohíbe la elección de acciones cuyo retorno es negativo. Esto no es de sorprender, ya que el método tiene como función objetivo minimizar el riesgo, la mejora en el rendimiento puede anexarse como una restricción adicional, aunque el proceso sería un poco más delicado.

Con esto podemos calcular nuestros dos parámetros de interés, tan recurrentes a lo largo de la carrera, la media y la desviación estándar, reflejan en este contexto el rendimiento diario promedio del portafolio y la volatilidad diaria del mismo.

Otorgándonos los siguientes resultados:

- Rendimiento diario promedio (es la utilidad respecto al precio diario de las acciones del portafolio de inversión): **0.006570**
- Desviación estándar (es la medida de la dispersión de los valores respecto a la media): **0.0009925**

En la Tabla 5, se muestra la máxima pérdida esperada bajo diferentes niveles de confianza y temporalidad.

Tabla 5. VaR del portafolio conforme al método delta-normal.

INERSION \$1,000,000.00	Var diario	Var mensual	Var diario anual
WALMART	\$6,619.68	\$29,604.12	\$102,551.68
CEMEX	\$5,630.53	\$25,180.52	\$87,227.87
FEMSA	\$8,018.65	\$35,860.48	\$124,224.35
ELEKTRA	\$4,465.55	\$19,970.56	\$69,180.06
ALFA	\$5,436.84	\$24,314.29	\$84,227.16

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

La tabla muestra el Valor en Riesgo expresado en pesos de cada una de las acciones que conforman el portafolio de inversión en distinto horizonte de tiempo, esto nos ayuda para identificar cuáles son más volátiles y pueden generar mayor pérdida para posteriormente asignar adecuadamente la ponderación a invertir.

El problema es que el VAR debe medirse para carteras grandes y complejas que se desarrollan a lo largo del tiempo. El método delta-normal, simplifica el proceso:

- Especificando una lista de factores de riesgo.
- Transformando la exposición lineal de todos los instrumentos en la cartera sobre estos factores de riesgo.
- Agregando estas exposiciones mediante instrumentos.
- Estimando la matriz de covarianza de los factores de riesgo.
- Calculando el riesgo de la cartera total.

El método Delta Normal tiene por objetivo minimiza la varianza y, por consiguiente, el valor en riesgo.

4.4. SIMULACIÓN MONTE CARLO

Usando los rendimientos promedios de cada acción, entraremos de lleno al método de Monte Carlo, el cual proporciona soluciones aproximadas a una gran variedad de problemas matemáticos, posibilitando la realización de experimentos con muestreos de números pseudo-aleatorios en una computadora.

El método es aplicable a cualquier tipo de problema, ya sea estocástico o determinista. A diferencia de los métodos numéricos que se basan en evaluaciones en N puntos en un espacio M-dimensional para producir una solución aproximada, el método de Monte Carlo tiene un error absoluto de la estimación que decrece como $\frac{1}{\sqrt{N}}$ en virtud del teorema del límite central.

Lo primero que se realizó dentro de la información del portafolio fue verificar que pasara la **PRUEBA DE LA NORMALIDAD**. Con esta prueba se busca comprobar que los rendimientos de las acciones se distribuyen de forma normal, para lo cual se realizaron diferentes pruebas.

Los cálculos están basados en los rendimientos logarítmicos de las fechas del 06 de Enero de 2012 hasta el 22 de mayo de 2013. La media y la desviación estándar reflejan en este contexto el rendimiento diario promedio del portafolio y la volatilidad diaria del mismo.

Otorgándonos los siguientes resultados:

- Rendimiento diario promedio (es la utilidad respecto al precio diario de las acciones del portafolio de inversión): **0.006570**
- Desviación estándar (es la medida de la dispersión de los valores respecto a la media): **0.0009925**

PRUEBAS DE LA NORMALIDAD

Prueba de Bondad de Ajuste

Determinan el grado de ajuste que existe entre la distribución obtenida a partir de la muestra y la distribución teórica que se supone debe seguir esa muestra, es decir, establecen la mejor distribución de probabilidad para un grupo de datos.

- Prueba Chi – Cuadrado: Esta prueba indica la mejor distribución de los datos cuando se quiere conocer el valor promedio de los datos, es aplicable a variables aleatorias continuas y discretas. Compara las funciones de densidad de probabilidad.

Probar que χ^2 es mayor a 0.05

Tabla 6. Prueba Chi – Cuadrado

F observada	F esperada		
1	3		1.333333333
0	3	3	
1	3	0.333333333	
1	3	0.333333333	
5	3	1.333333333	
5	3	0.333333333	
5	3	1.333333333	
2	3	1.333333333	
5	3	1.333333333	
3	3	0	
Suma	10.66666667		
Prueba χ^2	0.18522508		

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

Se puede observar mediante la prueba de bondad de ajuste Chi – Cuadrado que nuestra distribución de datos de rendimiento histórico del portafolio se comporta de manera normal ya que cumplió con la hipótesis de que el estadístico es mayor a 0.05.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Es aplicable solamente a variables aleatorias continuas cuando los datos no se acomodan a una función paramétrica. Determina una función propia de los datos de acuerdo al comportamiento de éstos.

Tabla 7. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

VAR		
N		344
Parámetros normales ^{a,,b}	Media	0.006570
	Desviación típica	0.0009925
Diferencias más extremas	Absoluta	.107
	Positiva	.078
	Negativa	-.111
Z de Kolmogorov-Smirnov		.621
Sig. asintót. (bilateral)		.806

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

Al realizar la prueba en el software de estadística nos da como resultado que el estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov (K-S) es mayor a 0.5 por consiguiente concluimos que las acciones de este portafolio se distribuyen de forma normal en un 62.1% K-S.

4.5. OPTIMIZACIÓN DEL PORTAFOLIO

El portafolio óptimo es uno de los que se encuentra en la frontera eficiente, para obtener este portafolio se requiere saber el nivel de rendimiento que ofrecen los títulos emitidos por el gobierno, los cuales tienen el nivel de riesgo más bajo en el mercado, es decir, riesgo cero.

A partir de este valor de rendimiento, el inversionista tendrá una serie de alternativas de elección, pues al aumentar el riesgo del portafolio también deberá aumentar el valor del rendimiento esperado, pues en caso contrario no presentaría ventajas realizar una inversión con instrumentos no emitidos por el gobierno, es decir, con un portafolio diversificado.

Optimización Multivariada No lineal

Para la optimización del portafolio utilizaremos la Programación No Lineal (PNL) cuyo objetivo radica en maximizar o minimizar una Función Objetivo la cual consiste, en este caso, en maximizar los rendimientos del portafolio.

$$z=f(x_1,x_2,\dots,x_n) \text{ -----} \rightarrow \text{Función Objetivo}$$

Donde:

x_1, x_2, \dots, x_n son los rendimientos esperados de cada portafolio.

Sujeto a las restricciones:

$$\begin{aligned} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq / = / \geq b_1 \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq / = / \geq b_2 \\ &: \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq / = / \geq b_m \end{aligned}$$

Son las condiciones que debe ser cumplidas con respecto a la función objetivo establecida por el método de optimización multivariada no lineal; es decir se requieren verificar todas y cada una de ellas por ejemplo la suma de las ponderaciones de cada activo debe ser igual al 100%.

Con este método utilizamos una función de Excel (Solver), la cual a base de métodos numéricos encuentra la región factible del porcentaje a invertir en cada acción arrojando los siguientes datos:

PONDERACIÓN

ACCIÓN	INVERSION
WALMART	20%
CEMEX	15%
FEMSA	38%
ELEKTRA	9%
ALFA	18%

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

Ahora, para obtener el valor en riesgo del portafolio en conjunto hacemos la matriz de varianzas covarianzas.

Tabla 8. Matriz Varianza-Covarianza

	WALMART	CEMEX	FEMSA	ELEKTRA	ALFA
WALMART	0.00040137	7.3318E-06	-8.41E-07	4.8E-05	2.61E-05
CEMEX	7.33176E-06	0.00052968	-1.95E-05	2.37E-05	7.2E-06
FEMSA	-8.41052E-07	-1.953E-05	0.0001616	5.1E-06	7.11E-07
ELEKTRA	0.00040137	0.00052968	0.0001616	0.000891	8.02E-05
ALFA	2.61032E-05	7.1986E-06	7.112E-07	8.02E-05	0.000347

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

Obtenemos la Matriz de Correlación de los rendimientos de cada acción, realizamos una descomposición Cholesky, el cual dice que la matriz de Correlación puede ser descompuesta por el producto de una matriz triangular inferior y la transpuesta de la matriz triangular inferior.

Después, generamos números aleatorios, distribuidos normal, cada uno para cada acción. Luego obtuvimos la épsilon de cada acción, esta épsilon asociada a cada número aleatorio y a la matriz triangular inferior que obtuvimos en la descomposición de Cholesky.

Ya con estos épsilon's obtuvimos los incrementos diarios de cada acción y por último, los Precios de cierre diarios simulados por Monte Carlo. El proceso se realizó 10,000 veces para cada acción, obteniendo así 10,000 precios diarios al cierre para cada acción.

Tabla 9. Portafolio De Inversión

Acciones	α	Inversión	Rendimiento	Volatilidad	Precio final	Precio inicial	N. acciones
WALMART	20%	200587.2188	-0.0046%	2.006%	\$36.31	\$36.89	5437.44
CEMEX	15%	148518.8164	0.1898%	2.305%	\$14.59	\$7.61	19516.27
FEMSA	38%	382927.6811	0.1110%	1.273%	\$140.29	\$95.88	3993.82
ELEKTRA	9%	90822.26059	-0.3391%	2.989%	\$446.55	\$1,428.72	63.57
ALFA	18%	177144.0231	0.1510%	1.866%	\$26.94	\$16.05	11037.01

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

Todo esto fue tomando en cuenta una inversión de \$1,000,000.°°

Tabla 10. Simulación Monte Carlo

ns	Simulación Montecarlo										Incremento Acciones Simulados					Precio Acciones Simulados					Valor portafolio montecarlo
	n1	n2	n3	n4	n5	E1	E2	E3	E4	E5	WALMART	CEMEX	FEMSA	ELEKTRA	ALFA	WALMART	CEMEX	FEMSA	ELEKTRA	ALFA	
1	-0.12800133	0.66850842	0.36661416	-0.23471785	-0.67533286	-0.12800133	0.66842389	0.32120795	-0.21602503	-0.68791848	0.09492728	0.25246091	0.72935508	-4.39764781	-0.30512457	36.2150727	14.8424609	141.019355	442.152352	26.6348754	1371869.64
2	0.84992431	1.61092878	-0.75610736	-0.35036695	1.38428594	0.84992431	1.61072511	-0.86186449	-0.23939077	1.34157769	0.61749701	0.56933442	-1.38362377	-4.70954053	0.71505966	36.927497	15.1593344	138.906376	441.840459	27.6505697	1079499.5
3	-0.25327367	0.36747385	-0.62068154	0.74422049	0.91384973	-0.25327367	0.36742739	-0.64380563	0.72330471	1.00953878	-0.18618888	0.15124293	-0.99416852	8.14080421	0.54815081	36.1238111	14.7412429	139.295831	454.690804	27.4881508	1069342.22
9995	0.42877518	-0.74888734	0.71320177	-0.04704441	0.11838652	0.42877518	-0.74879265	0.76155867	-0.02596193	0.10098773	0.31068751	-0.22411535	1.51582575	-1.86062918	0.091444167	36.6206875	14.36658846	141.805826	444.689371	27.0314417	1074107.05
9996	-1.36106815	0.86070871	-0.84497106	-1.7130032	-1.72326844	-1.36106815	0.86059989	-0.90049202	-1.80038566	-1.92879229	-0.99322334	0.31708513	-1.45261291	-25.5461633	-0.92888524	35.3167767	14.9070851	138.837387	421.003837	26.011148	1064218.24
9997	0.49152746	0.54104181	-0.52372384	-0.43254652	-0.75735703	0.49152746	0.54097341	-0.55864091	-0.38181763	-0.80123707	0.3564029	0.20960234	-0.84206351	-6.6106965	-0.3620874	36.6664029	14.7996023	139.447936	439.938303	26.5779126	1073101.23
9998	-0.04328483	-1.71289835	0.6091188	0.71295323	-0.60218568	-0.04328483	-1.71268178	0.72200517	0.65953449	-0.52088603	-0.03321084	-0.54824837	1.44518281	7.28958039	-0.22116094	36.2767892	14.0417516	141.735183	453.63958	26.7168391	1066210.79
9999	0.1487449	-0.7267236	0.31832373	1.02587753	-0.5860903	0.1487449	-0.72663772	0.36608422	1.01474946	-0.44710446	0.10668389	-0.21666517	0.80950454	12.0310951	-0.18407252	36.4166839	14.3733348	141.099505	458.581095	26.7558275	1071205.35
10000	-0.37301352	-0.00422603	-0.48920264	0.12374242	0.00971547	-0.37301352	-0.00422549	-0.48782876	0.085398	0.02509304	-0.27342003	0.0262649	-0.71559232	-0.37416379	0.05329104	36.03658	14.6162649	139.574408	446.175836	26.993291	1067000.09

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

Tabla 11. PERDIDA/GANANCIA

Nivel de confianza		CANTIDADES	
1%	5%	Max	Min
\$47,329.32	\$53,552.76	\$1,361,877.59	\$1,027,065.14

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

4.6. METODO STRESS TESTING (Contraste rápido)

Debido a que las medidas del VAR basadas en los datos históricos recientes pueden fallar en identificar las situaciones inusuales extremas que podrían ocasionar pérdidas importantes, los métodos del VAR deben ser suplementados mediante un programa regular de un “contraste rápido” (stress testing).

El “Contraste rápido” se puede describir como un proceso para identificar y manejar situaciones que podrían ocasionar pérdidas extraordinarias. Comparado con los métodos del VAR, se presenta simple e intuitivo.

Lo primero es el análisis del escenario, que examina el efecto de los movimientos grandes simulados en las variables financieras clave de la cartera.

La primera razón para el contraste rápido es que las medidas del VAR típicamente utilizan datos históricos recientes. Por el contrario, el contraste rápido considera situaciones que están ausentes de datos históricos, o no bien representados pero no obstante probables. Alternativamente, los contrastes rápidos son útiles para identificar estados de la naturaleza donde las relaciones históricas se rompen temporal o permanentemente.

Analizando las situaciones extremas se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 12. Stress Testing

Horizonte	Confianza (95%)	%	Confianza (99%)	%
Diario	\$50,646.40	5.06%	\$71,518.86	7.15%
Mensual	\$71,624.83	7.16%	\$101,142.94	10.11%
Anual	\$255,751.71	25.58%	\$361,152.46	36.12%

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

Se puede observar que de acuerdo con el nivel de confianza, las pérdidas son muy representativas para el portafolio y nos pone alerta en caso de situaciones extremas.

Mientras que el VAR se centra en la dispersión de las rentas, el contraste rápido, examina las colas. El contraste rápido es un componente esencial de un sistema de dirección del riesgo porque puede ayudar a asegurar la supervivencia de una situación en momentos de confusión del mercado. La metodología del contraste rápido también se aplica al crédito y a los riesgos de las operaciones.

Otra opción es simular eventos adversos que no necesariamente hayan estado presentes en la serie histórica. Este mecanismo se alimenta del análisis simultáneo de un grid multidimensional de diferentes eventos, cada uno de los cuales es ponderado por un vector de probabilidades, dando origen así a un vector de valoraciones de portafolios que permitirán el cálculo del VaR. En la práctica, su implementación se ve limitada a la valoración de eventos discretos, dejando gran parte de los shocks potenciales fuera del análisis. Este análisis de escenarios es incapaz de cubrir todas las posibilidades que pueden hacer disminuir el valor de un portafolio.

Por último, el método de Stress-Testing puede implementarse a través de la Teoría de Valores Extremos (EVT) que consiste en el estudio de las colas de las distribuciones de probabilidad.

4.7. Comparación entre la Metodología Delta-Normal, Stress Testing y Monte Carlo

Cuadro 3. Comparativo Entre Los Métodos Para Cuantificar El VaR

VARIABLE	MÉTODO		
	STRESS TESTING	DELTA NORMAL	MONTE CARLO
Valoración	Completa	Lineal	Completa
Distribución	Histórica	Normal	Completa
Variaciones de tiempo	No	Si	Si
Distribución no normal	Si	No	Si
Medida de Eventos Extremos	Posible	Un Poco	Posible
Uso de Correlaciones	Si	Si	Si
Evita el Riesgo del Modelo	Si	Un Poco	No
Fácil implementación	Medianamente	Si	No
Comunicación	Fácil	Fácil	Difícil
Peligros Principales	Variación en tiempo	No linealidades Eventos extremos	Riesgo del modelo

Con respecto al cuadro 3 se enlista las siguientes comparaciones:

- ❖ Las simulaciones realizadas mediante el método Monte Carlo cubren un amplio rango de valores posibles en variables aleatorias y de gran importancia para las correlaciones.
- ❖ En los escenarios obtenidos por Monte Carlo se puede ver la optimización del Valor en Riesgo con metodología a lo que se obtendría en un orden aleatorio.
- ❖ El método stress-testing es exigido por el Comité de Basilea como una de las siete condiciones que deben cumplir el uso de los modelos internos. También es considerado por el Grupo Político de Derivados y por el G-30.
- ❖ En el método stress-testing se puede describir como un proceso para identificar y manejar situaciones que podrían ocasionar pérdidas extraordinarias.
- ❖ El excedente obtenido en Delta Normal se debe a que la teoría Gaussiana es asintótica; por ende, cuando el número de observaciones para la estimación Delta Normal tiende a infinito el VaR obtenido convergerá al Monte Carlo.
- ❖ La ventaja de Stress Testing Comparado con los métodos del VaR, se presenta simple e intuitivo.
- ❖ La ventaja de Monte Carlo radica en el hecho de que únicamente está restringido computacionalmente para la recreación de los escenarios.
- ❖ La ventaja de Delta Normal es la facilidad técnica y teórica que nos lleva a las mismas ponderaciones (aunque con un VaR sobre estimado).

Cuadro 4. Comparación de los resultados entre el Método Monte Carlo, Stress-Testing y Método Delta-Normal para el portafolio optimizado.

		Delta-Normal		Stress testing		Monte Carlo	
Optimización	Nivel De Confianza	Perdida	Ganancia	Perdida	Ganancia	Perdida	Ganancia
Valor en Riesgo	99%	\$51,171.26	\$ 1,108,084.51	\$71,518.86	-	\$47,329.32	\$1,361,877.59

Elaboración propia utilizando MS EXCEL con información de la BMV

De acuerdo con el nivel de confiabilidad el 99% y la optimización de activos para los tres métodos, la pérdida menor y la ganancia máxima es la que se obtiene del cálculo por el método Monte Carlo, es de suma importancia resaltar que dicho método es el más completo ya que toma en cuenta diversos escenarios de precios y rendimientos de los activos en un horizonte de tiempo establecido, permitiendo asemejarse a la realidad.

El método Stress Testing es vital para prever una situación ajena o relacionada con las fluctuaciones inesperadas de los activos que componen el portafolio de inversión y, a su vez, estar preparados para un escenario de pérdida extrema, respecto al portafolio propuesto en el trabajo de investigación sólo nos muestra una pérdida en caso extremo de un 7.15% mensual.

CONCLUSIONES.

En el capítulo IV se definió un portafolio de inversión como aquel que está compuesto por diversos instrumentos de inversión, en los cuales se invierte cierta proporción de una cantidad total de dinero, llamado monto de la inversión. Han sido analizados cada uno de las partes elementales a considerar para realizar una inversión, principalmente el riesgo y el rendimiento de los instrumentos de inversión.

Se ha mostrado mediante tres situaciones diferentes como es que el riesgo y rendimiento del portafolio efectivamente depende de las características de los instrumentos que lo componen, así como también se muestra un desglose matemático de la manera en que el riesgo y rendimiento son calculados.

Las dimensiones consideradas en la elección de un portafolio de inversión descansan tradicionalmente y mayoritariamente en conceptos asociados al retorno y al grado de liquidez de los instrumentos alternativos. La dimensión de riesgo suele ser considerada tangencialmente en la medida de que no se dispone de una metodología de aplicación simple en el momento de medir estos riesgos.

El objetivo del trabajo de investigación es profundizar y familiarizar al lector con metodologías alternativas de medición del riesgo financiero, al inicio del estudio se realizó un análisis del Sistema Financiero Mexicano, los Mercados Financieros, el Mercado de Valores, generalidades y los instrumentos que en él se cotizan, centrándonos en acciones mexicanas

Posteriormente se mencionaron las herramientas necesarias para la comprobación de la hipótesis. Estas herramientas son: El método Delta Normal, Modelo Monte Carlo y Stress Testing.

La parte final se enfocó en la comprobación de las ya mencionadas metodologías, realizar un portafolio óptimo con las acciones elegidas para este estudio; así como verificar la eficiencia de los métodos, sus ventajas y desventajas. Con lo antes mencionado pudimos concluir satisfactoriamente con todos objetivos de la investigación.

Debemos de hacer hincapié que en un mercado ineficiente se pueden llegar a presentar pérdidas no esperadas o pérdidas en forma asimétrica, por lo tanto, la eficiencia con la que se estructuran los portafolios de inversión ha sido campo de estudio de grandes especialistas, quienes han tratado de encontrar alternativas para maximizar el rendimiento de los portafolios de inversión y minimizar el riesgo con los que se operaran los instrumentos en el Mercado de Valores, obteniendo así modelos para la selección de portafolios de inversión.

Cada uno de los diversos métodos presentados tiene ventajas y desventajas. En la medida que el portafolio analizado no contenga activos no lineales como opciones, se recomienda usar métodos simples como el delta-normal, simulación histórica o stress testing, los cuales generan una matriz de riesgos con base a información de opciones (volatilidad implícita) o en base a retornos históricos. Sin embargo, si el portafolio dispone de n activos no lineales es recomendable la utilización del método de simulación de Monte Carlo, el cual por lo demás tiene la desventaja de ser intensivo en recursos computacionales.

El método stress testing se debe considerar como un complemento más bien que un reemplazamiento de las otras medidas del VAR. El contraste rápido es útil para valorar el efecto del peor caso de grandes movimientos en las variables clave. Esto es análogo a extraer unos pocos puntos de las colas extremas: información útil pero solamente después de que el resto de la distribución se haya especificado. A pesar de todo, el contraste rápido proporciona un recordatorio de que el VAR no es garantía de una pérdida máxima.

Una razón para elegir Monte Carlo radica en que sus restricciones son más precisas que Delta-Normal. Monte Carlo necesita las simulaciones normales para poder recrear el ruido blanco presentable en un mercado eficiente, después de eso lo demás son simulaciones, mientras que un método paramétrico no presenta tal dinamismo, dinamismo que Monte Carlo toma como ventaja.

Lo anterior logró hacer posible la comprobación del principal objetivo de la investigación: que el Valor en Riesgo, o pérdida esperada de un Portafolio por el Método Monte Carlo, es más pequeño que el de un Portafolio de Inversión por el Método Delta-Normal, y puede considerarse como la mejor opción para cuantificar el VaR entre los tres métodos estudiados, debido a que es el más exacto pues posee el enfoque más completo si la modelación se desarrolla correctamente.

Recomendaciones para el cálculo del VaR

- ✓ Es necesario verificar la precisión del valor de VaR obtenido, el comité de Basilea recomienda la “prueba de respaldo” (Back testing) el cual determina que el modelo pronostica acertadamente el número de ocasiones en que será excedido el VaR.
- ✓ La cuantificación del VaR implementando el método de Monte Carlo está sujeto al riesgo de que los modelos estén equivocados, por lo cual se debe complementar con un análisis de sensibilidad que permita verificar si los resultados son relevantes a los cambios en el modelo.
- ✓ Es importante que las empresas o proyectos midan el valor en riesgo VaR cuyo propósito está enfocado en los riesgos del mercado, sin embargo, no se puede dejar de lado el estudio de los otros tipos de riesgos financieros a los cuales se encuentran expuestos.
- ✓ Se requiere precisión en la identificación y medición de los riesgos con el fin de llevar a cabo un apropiado control y evaluación de éstos para lograr anticiparse a las consecuencias de los posibles resultados adversos y de éste modo estar mejor preparados para enfrentar la incertidumbre futura, lo que se resume en realizar una administración total de la exposición al riesgo, herramienta esencial para la sobrevivencia de cualquier negocio.

BIBLIOGRAFÍA

- García, A., (2007), *Sistema Financiero Mexicano y el Mercado de Derivados*, México, Serie Libros y Manuales: Finanzas, Contaduría y Administración Unidad Multidisciplinaria: CIEA, 137 p.
- Dieck, F., (2004), *Instituciones Financieras*, México, Mc Graw Hill, 508 p.
- Ibedem, *Instituciones y sociedades de inversión*, 316 p.
- Villareal., (2008), *Administración financiera II* 568 p.
- De Alba, J., (2005), *Marco Legal y Normativo del Sistema Financiero Mexicano*, México, Ruz, 518 p.
- Villegas, E., Ortega, R., (1991), *El Nuevo Sistema Financiero Mexicano*, México, Pac, 347 p.
- Cruz, S., Villarreal, J., Rosillo, J., (2008), *Finanzas Corporativas*, México, Thomson, 636 p.
- Jorion, P., (2004), *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, New York, McGraw-Hill, 543 p.
- Cobo, A., *La Selección de Carteras: Desde Markowitz*, pág 6
- Ross, S., Westerfield, R., Jordan, B., (1997), *Fundamentos de Finanzas Corporativas*, Madrid, Mc Graw Hill, 900p
- Mascareñas, J., (2004), *Principios de Finanzas*, Universidad Complutense de Madrid, pp 8-9
- Mascareñas, (2003). *Riesgos económico y financiero*, 2003:8 riesgo4.PDF).
- W. Kolb, Robert (1993), *Inversiones*, Limusa S.A. de C.V., México, pág.457.
- Sharpe, W., (1964), "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *Journal of Finance*, Vol. 19, No. 3, 425-442
- Bezares, F., Madariaga, J. (2008), *Modelos de Valoración y Eficiencia: ¿Bate el CAPM al mercado?*, 185 p.

John c. Hull (2000), *Options futures an Other Derivatives*, 346 p.

J.P.Morgan/Reuters, "*RiskMetrics Technical Document*", Fourth Edition, 1996, New York, 283 p.

Alonso J. y Arcos M., "*Valor en Riesgo: Evaluación del Desempeño de Diferentes Metodologías para 7 Países Latinoamericanos*", , 200:..23 p.

Alonso J. y Arcos M., Abraham Weishaus, ASM Study Manual for Exam C (2005), "*Valor en Riesgo: Evaluación del Desempeño de Diferentes Metodologías para 7 Países Latinoamericanos*", Colombia, 233 p.

Johnson, C., (2001), "Value at Risk: Teoría y Aplicaciones", *Estudios de Economía*, Vol. 28, No. 2, pp. 217-247.

Borja, F., (1991), *El Nuevo Sistema Financiero Mexicano*, México, Fondo de Cultura Económica, 262 p

Bravo Orellana, Sergio (2004:3-4). *EL CAPITAL ASSET PRICING MODEL – CAPM* Historia y Fundamentos.

Alade, J., (2004), "Value-at-Risk Systems and their Application in Integrated Risk Management", *Journal of Academy of Business and Economics*, 1-24

Brealey, R., (2006), *Principios de finanzas corporativas*, Madrid, Mc Graw Hill, 1138p

Culp, C., Miller, M., Neves, A., (1998), "Value at Risk: Uses and Abuses" *Journal of Applied Corporate Finance*, Vol. 10, No. 4, 26–38

Fabozzi, F., (1996), *Mercados e Instituciones Financieras*, México, Prentice Hispanoamericana, 697 p

Markowitz, H., (1952), "Portfolio Selection", *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1, pp. 77-91

Markowitz, H., (1959), *Portfolio selection: Efficient diversification of investments*, New York, John Wiley & Sons, 344p

Mochon, Francisco; Aparicio, Rafael (1998) *I. Diccionario de términos financieros y de inversión*, 2ª Ed., Madrid, Mc Graw-Hill, 502 pp.

Roy, A. D., (1952), "Safety First and the Holding of Assets", *Econometrica*, Vol. 20, pp. 431-49

Strong, R., (1993), *Portfolio Construction, Management and Protection*, Minnesota, West Publishing, 651 p

Tobin, J., (1958), "Liquidity Preference as Behavior Towards Risk", *The Review of Economic Studies*, Vol. 25, pp 65-86

Páginas web consultadas

- <http://www.abm.org.mx>
- <http://www.bancomext.com>
- <http://www.banxico.org.mx>
- <http://www.bmv.com.mx>
- <http://www.cnbv.gob.mx>
- <http://www.condusef.org.mx>
- <http://www.consar.gob.mx>
- <http://www.cnsf.gob.mx>
- <http://www.economia.unam.mx>
- <http://www.eumed.net>
- <http://www.mexder.com.mx>
- <http://www.nafin.com>
- <http://www.shcp.gob.mx>

Anexo 1

Matriz de Varianza y Covarianza para Delta Normal

MATRIZ DE CORRELACIONES

	WALMART	CEMEX	FEMSA	ELEKTRA	ALFA
WALMART	1	0.01590115	-0.003302	0.08021234	0.06993
CEMEX	0.015901152	1	-0.066742	0.03447645	0.016787
FEMSA	-0.003302382	-0.0667416	1	0.01343084	0.003003
ELEKTRA	0.080212336	0.03447645	0.0134308	1	0.144222
ALFA	0.069929872	0.01678726	0.0030029	0.14422177	1

MATRIZ VARIANZA-COVARIANZA

	WALMART	CEMEX	FEMSA	ELEKTRA	ALFA
WALMART	0.00040137	7.3318E-06	-8.41E-07	4.7966E-05	2.61E-05
CEMEX	7.33176E-06	0.00052968	-1.95E-05	2.3684E-05	7.2E-06
FEMSA	-8.41052E-07	-1.953E-05	0.0001616	5.0962E-06	7.11E-07
ELEKTRA	0.00040137	0.00052968	0.0001616	0.00089093	8.02E-05
ALFA	2.61032E-05	7.1986E-06	7.112E-07	8.0207E-05	0.000347

Anexo 2

Descomposición Cholesky

Matriz de correlaciones				
1	0.01590115	-0.003302382	0.080212336	0.069929872
0.015901152	1	-0.066741589	0.034476447	0.016787261
-0.003302382	-0.06674159	1	0.01343084	0.003002859
0.080212336	0.03447645	0.01343084	1	0.144221769
0.069929872	0.01678726	0.003002859	0.144221769	1

1	0	0	0	0
0.01590115	0.999873569	0	0	0
-0.00330238	-0.06669751	0.997768	0	0
0.08021234	0.033205177	0.015946	0.996097	0
0.06992987	0.01567277	0.003241	0.138581	0.987749

*

1	0.015901	-0.003302	0.080212	0.06993
0	0.999669	-0.066742	0.034476	0.016787
0	0	0.999435	0.013431	0.003003
0	0	0	0.995163	0.144222
0	0	0	0	0.970668

Comprobación				
1	0.015901	-0.003302	0.080212	0.06993
0.015901	1	-0.066786	0.035748	0.017897
-0.003302	-0.066728	1	0.010836	0.001646
0.080212	0.03447	0.013456	1	0.149873
0.06993	0.016784	0.001962	0.144104	1