

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



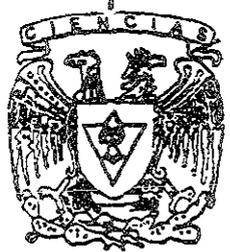
FACULTAD DE CIENCIAS

"EL MODELO MONTE CARLO EN LA ADMINISTRACION
DE RIESGO (VAR) APLICADO A UN PORTAFOLIO
DE INSTRUMENTOS FINANCIEROS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
A C T U A R I O
P R E S E N T A

ALVARO VALDES ALBUERNE



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTOR DE TESIS:

ACT. ERNESTO GABRIEL HERNANDEZ PEREZ

MEXICO, D. F.



235648

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

“El modelo Monte Carlo en la administración de riesgo (VAR) aplicado a un portafolio de instrumentos financieros”

realizado por Alvaro Valdés Albuerne

con número de cuenta 9650338-2 , pasante de la carrera de Actuaría

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Act. Ernesto Gabriel Hernández Pérez

Propietario

Act. Juan León Montañés

Propietario

Act. Sergio Hugo Delgado Alonso

Suplente

Act. María Guadalupe Montoya Ruiz

Suplente

Act. Laura Verónica León Andrade

Consejo Departamental de Matemáticas

M. en C. José Antonio Flores Díaz

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE
MATEMÁTICAS

El mejor placer de la vida es
hacer lo que la gente te dice que no puedes hacer.

Walter Bagehot

A Dios por darme una vida sin limitantes y la capacidad de disfrutarla

A mis padres Salvador y Carmen, por todo su cariño y apoyo y por la libertad que me dieron para hacer con mi vida algo que ame.

A mi padre Salvador, por contar siempre con su guía y sus consejos

A mi madre Carmen, por su infinita comprensión y paciencia que me ayudaron a ser lo que ahora soy

A mi hermano Salvador, porque a pesar de todos los problemas siempre estuvo ahí para apoyarme y cuidarme

A mis Abuelos Alvaro y Carmen, por cuidarnos siempre.

A mi tío Agustín, por ser un ejemplo del cariño desinteresado que existe dentro de la familia.

A mis primos Alexis y Christian por todos los momentos que vivimos juntos y todo lo que aprendí de ellos

A mi tío Alvaro, por que sé que siempre podré contar con él.

A Ernesto Hernández Pérez por su guía en este trabajo, sus enseñanzas, su tiempo y su amistad.

A todos mis Maestros que me guiaron en el camino del conocimiento.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser la casa donde terminé de ser lo que ahora soy, donde viví muchos de mis mejores momentos, a la cual siempre le estaré agradecido por hacerme sentir Puma de corazón.

A Mauricio Quintana Hernández, por ser el más añejo de mis amigos y abrirme la puerta de su casa para poder considerarme parte de su familia.

Al Trio de tres, por hacer el viaje más ligero y por la unión de tres almas cuyo propósito es disfrutar la vida, teniendo como eslabón la amistad incondicional.

A Lisette Jiménez de Río, por su amistad, su confianza y sobre todo por sus porras, sabiendo que siempre podré contar con ella

A Rodrigo Aburto Escandón, por ser mi amigo y cómplice en el negocio de entender eso que la gente llama vida.

A Mauricio J. Carranza González, por ser un amigo con el que realmente disfrute todas las aventuras a las que la Selección nos llevó .

A Martha Aidee Martínez Guevara, por su cariño y apoyo incondicional y por haber podido contar siempre con ella

A Joaquín Reyes Cruz Prieto, por su amistad a pesar del tiempo y mis descuidos.

A Luis Alonso Hernández Orduño, Alberto L. Monjardín Herrera y Laura Erica Castañeda Pérez, por darme su amistad, su apoyo y su cariño en Monterrey, ayudándome a aligerar la carga, a divertirme y conocerme a mí mismo.

ÍNDICE

<u>ÍNDICE</u>	1
<u>INTRODUCCIÓN</u>	3
<u>CAPÍTULO I: MERCADO FINANCIERO</u>	6
<u>1.1 El Sistema Financiero Mexicano</u>	7
<u>1.2 Mercado de Dinero</u>	10
<u>1.2.1 Instrumentos del mercado de dinero</u>	11
<u>1.2.2 Cálculo y valuación de los instrumentos del mercado de dinero</u>	15
<u>1.3 Mercado de Capitales</u>	21
<u>1.3.1 Instrumentos del Mercado de Capitales</u>	22
<u>1.3.2 Rendimientos y dividendos en los valores del mercado accionario</u>	23
<u>1.4 Mercado de Divisas</u>	27
<u>1.5 Mercado de Derivados</u>	32
<u>1.5.1 Instrumentos del Mercado de Derivados</u>	33
<u>Fuentes de Información del Capítulo I</u>	47
<u>CAPÍTULO II: EL RIESGO Y SU ADMINISTRACIÓN</u>	49
<u>2.1 La Administración del Riesgo</u>	51
<u>2.2 Rendimiento del Capital Ajustado al Riesgo (RAROC)</u>	56
<u>2.3 Valor en Riesgo (VAR)</u>	57
<u>Fuentes de Información del Capítulo II</u>	61
<u>CAPÍTULO III: TIPOS DE RIESGO FINANCIERO (MERCADO BURSÁTIL)</u>	63
<u>3.1 Riesgo de Mercado o de capital</u>	63
<u>3.2 Riesgo Crédito</u>	65
<u>3.3 Riesgos de Liquidez</u>	67
<u>3.4 Riesgo Operacional</u>	68
<u>3.5 Riesgo Legal</u>	69
<u>Fuentes de Información del Capítulo III</u>	70

<u>CAPÍTULO IV: ESTADÍSTICA MATEMÁTICA</u>	72
<u>4.1 Medidas de Tendencia Central y de Dispersión</u>	74
<u>4.2 Distribuciones Probabilísticas</u>	78
<u>4.3 Generación de Variables Aleatorias</u>	84
<u>4.4 Cadenas de Markov</u>	86
<u>4.5 Simulación Monte Carlo</u>	89
<u>Fuentes de Información del Capítulo IV</u>	93
<u>CAPÍTULO V: CARTERA O PORTAFOLIO DE INVERSIÓN</u>	95
<u>5.1 Modelo de Markowitz</u>	96
<u>Fuentes de Información del Capítulo V</u>	107
<u>CAPÍTULO VI. VALOR EN RIESGO (VAR)</u>	109
<u>6.1 Modelos de Portafolio</u>	113
<u>6.2 Enfoques para la Medición del VAR</u>	116
<u>6.3 Monte Carlo Estructurado</u>	118
<u>Fuentes de Información del Capítulo VI</u>	124
<u>CONCLUSIONES</u>	126

INTRODUCCIÓN

Actualmente la economía de un país se ve reflejada en la estabilidad de su sistema financiero, la cual se maneja por medio de mercados. Las inversiones en dichos mercados están expuestas a variaciones, mismas que están relacionadas con factores de riesgo de los instrumentos de los mercados, y pueden causar pérdidas tanto a empresas como a inversionistas, afectando directamente la economía de un país, viéndose esto reflejado en descapitalizaciones, quiebras de empresas, desempleo, entre otros.

Para tratar de disminuir la pérdida, las empresas han desarrollado sistemas de administración de riesgo, que tienen como fin protegerse de posibles pérdidas por accidentes, y fallas en maquinarias, así como de variaciones adversas en los distintos instrumentos financieros que maneje la empresa

El riesgo y su administración se desarrollaron en un principio para los riesgos de trabajo, centrándose principalmente en sistemas de seguro y en fechas recientes se ha tenido un interés por medir el riesgo financiero al que esta expuesta una empresa; para lo cual, se han estudiado y clasificado los diferentes tipos de riesgos financieros, mismos que exponen a las empresas a quebrantos. Estos riesgos se deben a variaciones en los factores de riesgo.

Existen distintas maneras de disminuir el riesgo, como lo son el evitarlo, la prevención y control del riesgo y la distribución y transferencia de riesgo creando instrumentos de cobertura denominados derivados financieros. También se han desarrollado métodos para analizar el comportamiento de las variaciones de los factores financieros y con base en poder enfrentar el riesgo a través de conocerlo mejor. Entre otras metodologías existen: el Rendimiento del Capital ajustado al Riesgo (RAROC) y el Valor en Riesgo (VAR).

El VAR utiliza técnicas estadísticas comunes, con el propósito de medir la peor pérdida esperada en un horizonte de tiempo. Existen distintas maneras de aplicar y medir el VAR, dentro de ellas se puede aplicar en portafolios y una de las metodologías para calcularlo está el método de Monte Carlo estructurado, el cual tiene como ventajas ser un método flexible ya que pueden hacerse fácilmente cambios en él, sin embargo es un método computacionalmente caro.

El propósito del este trabajo es presentar los factores que están involucrados en el riesgo financiero y explicar de una manera sencilla, mediante conceptos básicos, principalmente de estadística, la manera en que se obtiene el VAR de un portafolio mediante el método Monte Carlo estructurado.

Para dicho propósito el trabajo se divide en:

Capítulo I, se definen las características de los mercados financieros y se analiza la estructura del Sistema Financiero Mexicano, en sus cuatro mercados que son: Mercado de Dinero, Mercado de Capitales, Mercado de Divisas y Mercado de Derivados, explicando la conformación de cada uno de éstos mercados así como de los instrumentos que en ellos se manejan y se muestra la forma de calcular los dividendos de algunos de estos instrumentos.

Capítulo II, se muestran distintas clases de riesgo a las que se está expuesto una institución haciendo una breve descripción de las mismas, y se analiza el desarrollo histórico que ha tenido la administración de riesgo, notando como en últimas fechas ha existido un creciente interés en esta área y en la forma de cómo administrar el riesgo financiero.

Capítulo III, se analizan con más detalle las distintas clases de riesgo financiero como son: el riesgo de mercado, el riesgo crédito, el riesgo de liquidez, el riesgo

operacional y el riesgo legal, explicando las posibles causas que generan estos riesgos, así como algunas maneras de disminuirlos.

Capítulo IV. se muestran algunos conceptos básicos de estadística que sirven de base para el desarrollo del Valor en Riesgo (VAR). como son: las medidas de tendencia central. variabilidad. sesgo y curtosis, distribuciones probabilísticas, así como algunos conceptos más específicos como son la generación de números aleatorios, las cadenas de Markov y la simulación Monte Carlo, que han tenido un importante avance gracias al aumento en la capacidad de los equipos de computo para hacer procesos cada vez más complejos.

Capítulo V, se explica una de las maneras de administrar el riesgo mediante la transferencia del riesgo y en específico por medio de la diversificación en una cartera o portafolio, exponiendo la forma de diseñarlo por medio del Modelo de Markowitz, explicándolo para un portafolio formado por dos instrumentos, para después extenderlo a uno formado por varios instrumentos.

Capítulo VI, se define y analiza el valor en riesgo (VAR), mostrando algunas de sus características y los distintos métodos que existen para cuantificarlos, centrándonos principalmente en el VAR para portafolio y en el cálculo del VAR por medio del método Monte Carlo estructurado.

CAPÍTULO I: MERCADO FINANCIERO.

El sistema financiero se compone de mercados, intermediarios, empresas de servicios y otras instituciones cuya finalidad es poner en práctica las decisiones financieras de familias, compañías y los gobiernos. El sistema financiero moderno se caracteriza por ser global, los mercados e intermediarios financieros están conectados por medio de una amplia red internacional de comunicaciones, de modo que la transferencia de pagos y la negociación de valores se llevan a cabo prácticamente las 24 horas del día.

Los Mercados Financieros agrupan a diversas instituciones u organismos interrelacionados que se caracterizan por realizar una o varias de las actividades tendientes a la captación, administración, regulación, orientación y canalización de los recursos económicos de origen nacional e internacional. Estas tareas pueden realizarse por la vía del ahorro o de la inversión de las personas físicas y morales, así como de los préstamos solicitados por empresas que pretendan obtener un beneficio económico a partir de su incursión en alguna de las modalidades del Mercado.

Los integrantes del mercado reciben de manera directa o indirecta, un beneficio económico por el desempeño de su actividad: en el caso de una institución privada con fines lucrativos, mediante una comisión o interés; en el de una institución privada no lucrativa, a través de las cuotas de sus agremiados que si obtienen ganancias económicas; en la figura de los organismos gubernamentales, vía impuestos sobre las actividades económicas que se generan dentro del mercado o a raíz del mismo y que recauda el gobierno en su conjunto; al mismo tiempo éste también se fondea de manera directa mediante la colocación de instrumentos gubernamentales de inversión.

Los tipos fundamentales de activos financieros son: deuda, capital contable e instrumentos derivados. El mercado financiero se puede clasificar con base al plazo de los

créditos que se negocian. El mercado de la deuda a corto plazo (menos de un año) recibe el nombre de mercado de dinero y el mercado de deuda y acciones corporativas a largo plazo (mayor o igual a un año) se denomina mercado de capitales

1.1 El Sistema Financiero Mexicano.

Se puede definir al Sistema Financiero Mexicano, como un conjunto de instituciones que se encargan de captar los recursos financieros para ponerlo a disposición de empresas o instituciones gubernamentales que así requieran. Estas últimas harán negocios y devolverán el dinero que obtuvieron además de una cantidad extra (rendimiento) como pago.

El sistema financiero mexicano juega un papel relevante en el proceso de ahorro e inversión de la economía nacional, según su estructura institucional está dividido en cuatro grandes segmentos:

- *Organismos reguladores:* Regulan el desempeño del mercado de valores, preservando la integridad del mercado; esta formado por: Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), Banco de México (BANXICO), Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF), y Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR).
- *Organismos de intermediación:* Bancos, Casas de Bolsa, Sociedades de Inversión, Especialistas Bursátiles, y Administradores de fondo para el retiro (Afores).

- *Organismos de Apoyo:* Bolsa Mexicana de Valores (BMV), Institución de Depósitos de Valores (INDEVAL), Asociación Mexicana de Intermediarios Bursátiles (AMIB), FAMERVAL, Calificadora del Mercado de Valores, Mercado Mexicano de Derivados (MEXDER), Instituto de Protección al Ahorro Bancario (IPAB).
- *Público demandante y oferente de valores:* Empresas emisoras, inversionistas, entre otros

El Mercado de Valores en México se puede clasificar como:

- *Mercado Organizado.* comprende los valores de renta fija con plazos menores a un año que se cotizan en el *Mercado de Dinero*, y al *Mercado de Capitales*, donde se intermedian valores de renta variable tales como: acciones, warrants, o aquellos valores con plazos mayores a un años, todos ellos, enmarcados a través de la regulación de la Bolsa Mexicana de Valores.
- *Mercados informales (Over the Counter)*, o fuera de bolsa. Tiene tres subclasificaciones: el *Mercado de Dinero*, donde se manejan instrumentos de a plazos menores o iguales a un año; el *Mercado de Capitales*, con instrumentos con vencimientos mayores a un año y el *Mercado de Operaciones Especializadas* con instrumentos tales como Forwards cambiarios, Swaps de Divisas, Operaciones de Futuros y Opciones en Metales, Arbitrajes, etc.

Uno de los fundamentos del Sistema Financiero se sustenta en la actividad emanada del Banco de México, cuya existencia se basa en el hecho de ser el Banco Central. La gran mayoría de las naciones del mundo tienen un Banco Central, aunque estos pueden mostrar diferencias en su estructura, función y rol económico y comparten características fundamentales las cuales pueden ser las siguientes:

- Emisión de billetes y monedas.
- Prestamistas de última instancia (Lender of the last resort), como forma de garantizar la liquidez del sistema.
- Agente financiero del gobierno para la colocación de su deuda en el mercado financiero.
- Salvaguarda del gobierno del valor económico de una nación, en los mercados internacionales a través de la compra-venta de divisas en los mercados cambiarios nacional e internacional.
- Administración de los agregados monetarios y/o de la tasa de interés.
- Cámara de compensación del sistema de pago.

El Banco de México, tiene como objetivo principal procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional realizando las siguientes funciones estratégicas:

- *Instrumentos de la política monetaria:* Requerimientos de reserva, Tasa de descuento, operaciones de mercado abierto. Los cuales son los instrumentos del mercado de dinero.
- *Servicios de pagos a depositantes:* Prestamos a bancos, Recolección de cheques. Divisas, Transferencias de fondos, Liquidación y Compensación.
- *Banco del Gobierno (Banco de Bancos):* Supervisión y regula a los de bancos del sistema, Garantía de la liquidez, Cuenta de cheques del gobierno, Venta de valores para pago de intereses de deuda gubernamental.

Para analizar los mercados financieros que se manejan en México se puede ordenar tomando en cuenta el tipo de recursos que se negocian en ellos, obteniéndose la siguiente clasificación:

- Mercado de Dinero.

- Mercado de Capitales
- Mercado de Divisas
- Mercado de Derivados.

El Mercados de valores presenta dos fases de emisión principales: El mercado primario donde se encontrará un valor recién emitido. El mercado secundario considera todas aquellas operaciones subsecuentes a la emisión primaria y normalmente se maneja en la Bolsa Mexicana de Valores. buscando cumplir con dos de las premisas básicas de los mercados organizados. la liquidez y la transparencia.

1.2 Mercado de Dinero

El mercado de dinero es la parte central del sistema financiero mexicano, en el cual, bancos comerciales, la banca de desarrollo, las casas de bolsa, los corporativos financieros, el gobierno federal y el público inversionista negocian cientos de millones de pesos cada día. En este mercado se negocian papeles de corto plazo predominando de una manera importante los valores gubernamentales que constituyen un mercado de bajo riesgo, elevada liquidez y plazos cortos.

Dentro del mercado se negocian diversas clases de valores gubernamentales, certificados negociables de depósito (CETES), aceptaciones bancarias, papel comercial y reportos sobre los mismos. éstos instrumentos se intermedian a través del mercado organizado, es decir, a través de la Bolsa Mexicana de Valores o por medio de operaciones interbancarias.

Este mercado ofrece un lugar adecuado para la realización de las operaciones del mercado abierto llevadas a cabo por el Banco de México en su calidad de banco central. el

cual tienen como fundamento regular al mercado monetario de acuerdo a la política monetaria establecida, y de acuerdo a las necesidades financieras del momento y de la circunstancia por la que esté atravesando el mismo.

1 2.1 Instrumentos del mercado de dinero

Los instrumentos del mercado de dinero tienen entre su principal característica, ser instrumentos de corto plazo, regularmente de un año o menor, son valores de menor riesgo y de un alta liquidez. Teniendo como instrumentos títulos de deuda, cuyos principales emisores son el Gobierno Federal, empresas privadas y entidades paraestatales. Por su parte los inversionistas pueden ser personas físicas o morales, inversionistas del exterior y el propio Gobierno Federal. Éstos instrumentos se pueden clasificar de acuerdo al emisor de la siguiente manera:

- Instrumentos Emitidos por el Gobierno Federal,
- Instrumentos Emitidos por Instituciones Bancarias,
- Instrumentos Privados

Principales Instrumentos Emitidos por el Gobierno Federal.

- Certificados de la Tesorería de la Federación (Cetes).
- Bonos Ajustables del Gobierno Federal (Ajustabonos).
- Bonos de la Tesorería de la Federación (Tesobonos).
- Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal (Bondes).

Certificados de la Tesorería de la Federación (Cetes). Títulos de crédito emitidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), en ellos se presenta la obligación

del Gobierno Federal en pagar el valor nominal en la fecha de vencimiento. Los CETES permiten al Gobierno Federal en general y al Banxico administrar la política monetaria. Para el inversionista, el atractivo de este instrumento es su gran liquidez y su poco riesgo. Para la economía en general el CETE presta invaluables servicios al contar con una de las tasas de referencia por excelencia a partir del cual se determinan las tasas de interés del mercado. Es importante señalar que el CETE es un instrumento de tipo cupón cero.

Bonos Ajustables del Gobierno Federal (Ajustabonos). Títulos nominativos de mediano y largo plazo denominados en moneda nacional, en los cuales se consigna la obligación directa e incondicional del Gobierno Federal de pagar el valor nominal del monto de dinero ajustado de acuerdo a la evolución del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), que publica quincenalmente el Banco de México. El plazo del ajustabono, en la práctica del mercado mexicano, no puede ser menor a un año, y pagará intereses a través de cupones con tasas fijas o variables, previamente estipuladas.

Bonos de la Tesorería de la Federación (Tesobonos). Títulos nominativos denominados en dólares americanos, en los cuales se consigna la obligación directa e incondicional del gobierno federal de pagar el equivalente en dólares en moneda nacional al vencimiento y al tipo de cambio vigente. La idea de emitir Tesobonos fue ofrecer un instrumento de mínimo riesgo que a su vez brindase protección cambiaria (peso/dólar).

Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal (Bondes). Títulos en moneda nacional que representan obligaciones generales directas e incondicionales de los Estados Unidos Mexicanos, son instrumento de largo plazo (mayor o igual a un año). La liquidez de la inversión no queda restringida ya que el instrumento tiene buena aceptación en el mercado secundario donde se cotiza. Las emisiones de Bondes se identifican con una clave formada con la letra "L" seguida del número correspondiente a la fecha de vencimiento, escribiéndola de la forma año-mes.día.

Bonos en Unidades de Inversión (Udi's) Títulos de crédito de mediano y largo plazo denominados en Unidades de Inversión, en los cuales se consigna la obligación directa e incondicional del Gobierno Federal a pagar un interés fijo cada 182 días (Plazo del cupón) y amortizan el principal en la fecha del vencimiento del título. Los títulos se colocan mediante subastas en las cuales los participantes presentan posturas por el monto que desean adquirir y el precio que están dispuestos a pagar. El Gobierno Federal fijará la tasa de interés que pagará semestralmente cada emisión y la anunciará en las convocatorias correspondientes.

Principales Instrumentos Emitidos por Instituciones Bancarias.

- Aceptaciones Bancarias.
- Bonos Bancarios de Desarrollo.
- Bonos Bancarios para el Desarrollo Industrial.
- Bonos Bancarios de Vivienda.
- Certificados de Participación (CPO's y CPI's).
- Otros.

Aceptaciones Bancarias. Letras de cambio emitidas por empresas a su propia orden aceptadas por bancos comerciales, con base a los créditos que estas instituciones conceden a dichas empresas, teniendo un costo inferior al de un crédito bancario, sin embargo es muy restrictivo su entorno regulatorio. Para el inversionista del mercado de dinero las aceptaciones bancarias constituyen un atractivo instrumento por el aval otorgado por los bancos ya que negocian con una tasa de rendimiento superior a la otorgada por los valores gubernamentales.

Bonos Bancarios. Títulos de crédito o instrumento de deuda a largo plazo, cuyo emisor es una institución de banca múltiple, tienen la finalidad de captar recursos del público inversionista para aplicarlos a proyectos de financiamiento, o para cubrir necesidades propias de sus tesorías. El plazo del bono bancario no puede ser menor a tres

años, y paga intereses a una tasa fija previamente estipulada, aunque puede determinarse que la tasa variará en cada corte de cupón por lo que forma parte de los instrumentos de renta fija que operan en el Mercado de Valores; su utilidad puede generarse a través del pago de intereses cuando se espera el vencimiento del instrumento, por diferencias generadas por operaciones de compra-venta de dichos instrumentos o del reporto que se realiza en el mercado.

Bonos bancarios para el Desarrollo. Títulos de crédito emitidos por la banca de desarrollo para traer recursos de largo plazo a fin de promover proyectos de infraestructura y desarrollo industrial. El monto de estas emisiones tienen que ser autorizados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)

Bonos bancarios para el Desarrollo Industrial. Títulos de crédito emitidos por Nacional Financiera para atraer recursos de largo plazo, habitualmente 10 años, a fin de promover proyectos de infraestructura y desarrollo industrial. El monto a emitir de estos títulos tiene que ser autorizado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

Certificados de Participación (CPO's y CPI's). Títulos nominativos de crédito, emitidos por una sociedad fiduciaria sobre bienes, valores o derechos que tienen una estructura similar a la de una bursatilización. Los valores emitidos en forma de certificados de participación tienen como garantía los bienes fideicomitidos, lo cual otorga el derecho al tenedor del certificado a una parte proporcional de tales activos. Si el certificado está respaldado por bienes muebles se trata de un Certificado de Participación Ordinaria (CPO), si los activos base de la garantía son inmobiliarios, se trata de Certificados de Participación Inmobiliaria (CPI).

Principales Instrumentos Privados

- Papel Comercial.
- Pagaré a Mediano Plazo.

- Bonos de Prenda.

Papel Comercial. Título emitido por empresas autorizadas en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios para obtener financiamiento a corto plazo. Este instrumento complementó el desarrollo del Mercado de Dinero, al orientar importantes recursos al sector privado de manera ágil y oportuna. Algunos aspectos que se consideraron para su instrumentación son:

- Proporcionar a sus emisoras una fuente alternativa de financiamiento a corto plazo y con costos competitivos o incluso inferiores a otras fuentes.
- Evitar uso de prácticas no regulatorias y riesgosas.
- Proporcionar una competencia sana entre otros intermediarios.
- Proporcionar al inversionista nuevas alternativas de inversión.
- Fomentar el mercado de valores.
- Favorecer la intermediación bursátil.
- Otorgar garantías a los inversionistas a través de la creación de institutos calificadoros de valores, así como de la obligación de contar con un representante común y la entrega de información financiera en forma periódica.

Pagaré a mediano Plazo. Título de crédito definido como pagaré, emitido unilateralmente por la emisora para obtener recursos, con el objeto de financiar capital de trabajo permanente, ciclos productivos o proyectos de inversión de plazos relativamente cortos. El pagaré a mediano plazo paga intereses en forma mensual o trimestral contra la entrega del cupón correspondiente y su emisión tendrá una vigencia de entre uno y tres años. Estos pagarés podrán ser quirografarios, avalados o con garantía fiduciaria.

1.2.2 Cálculo y valuación de los instrumentos del mercado de dinero.

Dentro del mercado de dinero se pueden distinguir dos características esenciales para el cálculo y valuación de un instrumento. La primera de ellas se refiere a si son emitidos a descuento o a valor nominal (a la par); y la segunda característica es si su valor está indexado a otra variable como puede ser la inflación o el tipo de cambio. Bajo estas consideraciones se pueden clasificar los instrumentos bajo el siguiente esquema:

Instrumento	A descuento	A la par	Tasa Nominal	Indizado al tipo de cambio	Indizado a la inflación
Cetes	■				
Ajustabonos		■			■
Tesobonos	■	■		■	
Bondes		■	■		
Acept. Bancarias	■		■		
Bonos Bancarios		■	■		
CPO; CPI		■	■		
Papel comercial	■		■	■	
Pagare a Med Plazo		■	■	■	

La valuación de los instrumentos que son a descuentos es de la siguiente forma:

Descuento:

$$D = VN \left(\frac{Td * d}{360} \right)$$

Precio:

$$P = VN - D = \left[1 - \frac{Td * d}{360} \right]$$

Cálculo de rendimientos:

$$tr = \left(\frac{VN - P}{P} \right) \frac{360}{d}$$

Tasa de Rendimiento Intermedia (venta anticipada del título):

$$tr = \left(\frac{Pf - Pi}{P} \right) \frac{360}{df - di}$$

Tasa de rendimiento en función de la tasa de descuento:

$$tr = 1 - \frac{Td * d}{360}$$

Tasa de descuento:

$$Td = 1 + \frac{tr * d}{360}$$

Tasa equivalente:

$$Te = \left[\left(\frac{tr * dr}{360} + 1 \right)^{\frac{tk}{di}} - 1 \right] \frac{360}{de}$$

Precio de un reporto (al regreso del reporto):

$$Pr = \frac{P * tp * dp}{360}$$

Tasa de salida del reporto (al regreso del reporto):

$$Ts = \left(1 - \frac{P + Pr}{VN} \right) \frac{360}{d - dr}$$

Donde:

D = Descuento obtenido en la adquisición del título cuando se emite

P = Precio del título

Pi = Precio inicial de compra

VN = Valor nominal (valor al vencimiento)

Td = Tasa de descuento (expresada en decimales)

Tr = Tasa de rendimiento (expresada en decimales)

d = Días al vencimiento

di = Días al vencimiento de la compra inicial

df = Días al vencimiento de la venta final

dv = Días al vencimiento de la tasa de referencia

de = Días al vencimiento de la tasa equivalente

Pr = Precio del reporto

dr = Plazo del reporto

Ts = Tasa de salida (al vencimiento del reporto)

tp = tasa premio

dp = Días base

Para los instrumentos calculados con rendimiento sobre su valor de emisión o valor nominal:

Precio de compra dada una tasa real:

$$P_i = VN \left[\begin{array}{c} Tb * dc \\ dp + Trd \left[\begin{array}{c} 1 - Tb \\ rd \\ 1 + \left(\frac{Trd * dc}{d} \right)^{(n-1)} \end{array} \right] \\ 1 + \left(\frac{Trd * dc}{dp} \right)^{\left(\frac{d}{1-d} \right)} \end{array} \right]$$

Interés por cupón:

$$I = P_{aj} \left[\left(\frac{Tb}{360} \right) dc \right]$$

Tasa de rendimiento nominal:

$$Trn = \left[\left(1 + \frac{Trr}{100} \right) \left(1 + \frac{\pi e}{100} \right) - 1 \right] * 100 = \left[\frac{P_{aj} - P_i}{P_i} \right] \frac{dp}{d} * 100$$

Tasa de rendimiento real:

$$Trr = \left[1 + \left(\frac{Trn * d}{360} \right) \right]^N - 1 \cdot \frac{360}{d} = \left(\frac{Pi + VF}{Pi} - 1 \right) 100$$

Valor del cupón:

$$Vc = Pi * \left[\frac{Tb * dc}{dp} \right]$$

Valor Futuro:

$$VF = Vc \left[1 + \left(\frac{Tb * dc}{dp} \right)^{N-1} - 1 \right]$$

Donde:

I = Monto de interés

πe = Inflación estimada

N = Número de cupones

d = Días al vencimiento

VA = PAJ = Valor ajustado o precio ajustado

VN = Valor nominal

Pi = Precio de adquisición

Trn = Rendimiento nominal

Trr = Rendimiento real

Tb = Tasa de rendimiento base

Trd = Tasa real deseada
Vc = Valor del cupón
dp = Días base
VF = Valor futuro
dc = Días cupón
 π = Inflación promedio anual

1.3 Mercado de Capitales.

El Mercado de Capitales. puede definirse como el mecanismo donde interaccionan la oferta y la demanda de valores enfocado a la consecución de flujos de capital de inversión para empresas, comprando y vendiendo valores representativos de activos y/o deuda para financiamiento. En México. existe un Mercado de Valores cuya característica principal es que es un mercado organizado cumpliendo ciertos requisitos importantes como son:

- Existencia de emisores que coloquen acciones o instrumentos de deuda, ya sean gubernamentales o de iniciativa privada.
- Existencia de intermediarios o participantes (Casas de Bolsa, Bancos o inversionistas).
- Existencia de reglamentos que permitan la adecuada y eficiente integración de la oferta y la demanda (Ley del Mercado de Valores, Reglamento interno de la BMV, etc.)
- Existencia de autoridades que regulen y vigilen (Comisión Nacional Bancaria y de Valores. CNBV).

Los principales órganos reguladores derivan de las instituciones del gobierno, tales como la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el Banco de México y la Comisión Nacional Bancaria y de Valores. Una institución que tiene especial importancia en el mercado de capitales es Nacional Financiera, la cual se encarga de crear los mecanismos de mercado necesarios para apoyar el mercado de capitales, concediéndole a financieras créditos con garantía de valores y apoyos para el financiamiento accionario y al desarrollo de las bolsas de valores.

1.3.1 Instrumentos del Mercado de Capitales.

- Acciones
- Obligaciones

Acciones. Títulos-valor que representan una parte alícuota (proporcional) del capital social de una empresa otorgando o limitando derechos corporativos y/o patrimoniales de un socio. Por lo mismo las emisiones dependen de las características específicas que pretenda otorgar cada empresa emisora. Así podemos encontrar en el mercado dos clasificaciones de acciones:

- Las comunes u ordinarias. Otorgan a sus tenedores tanto derechos corporativos como patrimoniales sobre la empresa.
- Las preferentes. Son legalmente un título de capital propio, con derecho a recibir un dividendo fijo, el cual deberá ser pagado con atención a la distribución de las utilidades entre los tenedores de acciones comunes, además de que otorgan al tenedor un voto limitado sobre las acciones y decisiones de los dueños o directivos de la empresa.

Las acciones son los instrumentos que normalmente son identificados con el Mercado de Valores puesto que son el porqué de la existencia de los mercados de valores.

El mercado accionario se basa en la compra venta de papeles que podemos afirmar. representan expectativas de las empresas y de los inversionistas, observando factores que puedan afectar el rendimiento y el precio de las acciones tales como: Inversión de capitales extranjeros. modificaciones en la estructura financiera de la empresa a considerar. devaluaciones de la moneda propia. aumento de valor de los activos, administración de la empresa. resultados de la misma. prospectos de fusiones o alianzas, oferta de acciones. suspensión de pagos y quiebra.

Obligaciones. Títulos de crédito nominativos que representan la participación individual de sus tenedores en un crédito colectivo a cargo de una Sociedad Anónima. Las obligaciones tienen por objetivo proporcionar flujos de financiamiento a las empresas, para proyectos de largo plazo o reestructuración de pasivos.

1.3.2 Rendimientos y dividendos en los valores del mercado accionario.

Los rendimientos de un título accionario se determinan con base a las ganancias de capital y al pago de dividendos. El rendimiento de las ganancias de capital proviene de las ganancias obtenidas por el diferencial de compra-venta. El pago de dividendos son pagos decretados por los accionistas. por concepto de beneficios distribuidos o no retenidos.

Los dividendos que proporciona un título accionario se pueden dividir en dividendos en efectivo y dividendos en acciones. Los dividendos en efectivo son los dividendos atendiendo a su periodicidad y de acuerdo a la aplicación del gravamen impositivo. Los dividendos de acciones son la capitalización de las utilidades o superávit de capital contable por parte de la empresa. Para lo cual entrega nuevas acciones a los tenedores en proporción al número que sean poseedores.

Para obtener el precio de las acciones se debe realizar un ajuste en los precios de mercado, esto debido al ejercicio de derechos financieros otorgados por la empresa, dicho ajuste se puede realizar de las siguientes maneras: por dividendos en efectivo, dividendo por acciones, suscripción, y Split (normal o inverso). Un split es el resultado de dividir el número de acciones en circulación de una empresa en un número mayor de acciones (o menor en el caso de split inverso), de forma tal que cada acción en circulación da derecho a su poseedor de recibir a cambio un número (o fracción) determinado de nuevas acciones.

Para el cálculo del precio ajustado va a depender la clase de ajuste, mientras que para el factor de ajuste como el rendimiento el cálculo será el mismo para los cinco casos.

Precio ajustado

Ajuste por dividendos en efectivo:

$$P_{aj} = P_m - D$$

P_m = Precio de mercado anterior al ex-cupón

D = Dividendos

Ajuste por capitalización o dividendos por acciones

$$P_{aj} = \frac{P_m * NAA}{NAA + NAN}$$

P_m = Precio de mercado anterior al ex-cupón

NAA = Número de acciones anteriores

NAN = Número de acciones nuevas

Ajuste por suscripción

$$P_{aj} = \frac{P_m * NAA + CS * NAN}{NAN + NAA}$$

P_m = Precio de mercado anterior al ex-cupón

NAA = Número de acciones anteriores

NAN = Número de acciones nuevas

CS = Costo de suscripción

Ajuste por split normal o inverso de acciones

$$P_{aj} = \frac{P_m * NAA}{NAN}$$

P_m = Precio de mercado anterior al ex-cupón

NAA = Número de acciones anteriores

NAN = Número de acciones nuevas

Factor de ajuste (Faj)

$$Faj = \frac{P_{aj}}{P_m}$$

Rendimiento de las acciones (Ra)

$$Ra = \left[\frac{P_{aj}}{P_c * Faj} - 1 \right] * 100$$

P_c = Precio de compra

Para determinar el rendimiento de las obligaciones es necesario, determinar los precios de compra venta, los intereses recibidos por la sociedad de inversión y la tasa efectiva de rendimiento (al plazo, mensual o anual).

Precio neto de compra de la obligación (Pnco)

$$P_{nco} = P_c * (1 + tc * IVA)$$

P_c = Precio de compra de la obligación

tc = Tarifa de comisión

Precio neto de venta de la obligación (Pnvo)

$$P_{nvo} = P_{vo} * (1 - tc * IVA)$$

P_{vo} = Precio de venta de la obligación

Intereses recibidos por la Sociedad de Inversión (IO)

$$IO = V_{Nov} \left(\frac{imp \cdot P_n}{360} \right)$$

V_{nov} = Valor nominal de la obligación

imp = Tasa de interés neta

P_n = Plazo

Tasa de rendimiento al plazo (Terp)

$$Terp = \left(\frac{P_{nco} + IO}{P_{nco}} - 1 \right) * 100$$

Tasa efectiva de rendimiento mensual (Term)

$$Term = \left[(1 + Terp)^{\frac{365}{12 * m}} - 1 \right] * 100$$

Tasa efectiva de rendimiento anual (Tear)

$$Tear = \left[(1 + Term)^{12} - 1 \right] * 100$$

1.4 Mercado de Divisas.

Se puede definir como divisa a cualquier moneda extranjera referida a la unidad del país que se trata. El mercado de divisas es uno de los mercados más importantes en el ámbito financiero actual. El mecanismo más usual es a través de los mercados organizados, aunque también el mercado forward es altamente recurrido. En ambos destaca, por su participación, otorgando gran liquidez a los mercados y por el volumen operado, lo que es conocido como mercado interbancario, es decir, los participantes únicamente son bancos que actúan por cuenta propia o por cuenta de terceros

El mercado interbancario de cambios está concentrado en cinco divisas principales: el dólar, el marco alemán, el yen japonés, la libra esterlina y el franco suizo. Una característica del mercado interbancario de divisas es el predominio de las operaciones spot sobre las operaciones de derivados (forwards, futuros, opciones, swaps). La estructura del mercado de cambios es:

- *Mercado Primario* Grandes capitales que fluyen de los mercados financieros. Ésta es la única manera en que entra liquidez o mercado fresco a las empresas.
 - Bancos Comerciales.
 - Grandes Corporaciones.
 - Non Bank Banks

- *Mercado Secundario*. Bancos comerciales que tramitan las operaciones de aquellas compañías que por sus operaciones requieren del mercado cambiario, así como de empresas de servicios.
 - Compañías Privadas de Menor Tamaño.
 - Casas de Cambio
 - Centros Cambiarios.

- *Arbitraje o Brokerages*. Compañías especializadas en negociar divisas por cuenta de terceros, sin asumir posturas de riesgo y obteniendo utilidades por concepto de comisiones por operación cerrada.
 - Casas de Corretaje y Medianas Corporaciones.
 - Bancos.
 - Non Bank Banks
 - Inversionistas.

- *Tomadores de Precios*. Participantes en el mercado por necesidades propias de sus funciones requiriendo precios especiales y que por tal motivo utilizan a los intermediarios financieros.
 - Gobiernos.
 - Corporaciones Medianas
 - Non Bank Banks.

- *Especuladores*. Promueven la liquidez del mercado con el propósito expreso de tomar posiciones de riesgo con el fin último de ganar, aunque para esto tengan también que asumir pérdidas.
 - Grandes Inversionistas.
 - Bancos Corporaciones
 - Non Bank Banks

- *Servicios de Información*. Encargados de proporcionar la información relevante para la toma de decisiones de los participantes en estos mercados, proveyéndoles de importantes herramientas para facilitar la realización de sus operaciones, teniendo acceso directo a los lugares donde se llevan a cabo las operaciones.

- Reuters.
- Elerate.
- Bloomberg.

En el mercado de divisas los bancos centrales adquieren un papel relevante, puesto que ellos generalmente son los encargados de establecer, vigilar y controlar las políticas monetarias de los países, así como fungir como agentes financieros de los gobiernos, para cumplir la función de éstos con relación a la conducción de la economía de los Estados que representan. Por esta razón llevan a cabo una participación decisiva en el mercado de cambios. La participación de los bancos centrales en el mercado cambiario se realiza a través de las siguientes formas:

- Operando directamente con bancos comerciales.
- A través de brokers.
- A través de mercados de futuros y forwards y en general de los productos derivados.
- A través de otros bancos centrales.

El mercado de divisas se caracteriza por su peculiar lenguaje, en su negociación. La expresión de los precios de las divisas reconoce hasta el momento dos formas: la cotización europea y la cotización americana. Además, en el mercado internacional de cambios es frecuente encontrar tres clases de cotización: directa, indirecta, y cruzada. A continuación se explican las características ellas en relación a las expresiones en los precios.

La expresión europea es la forma de expresar los precios de las divisas más comúnmente utilizada en el mercado internacional y consiste en presentar las cotizaciones en relación al número de unidades de la divisa que se trate, con respecto al dólar. El método de cotización americana se utiliza sobre todo en la región de los Estados Unidos de América y expresa el precio de las divisas, presentando la divisa en términos de las unidades de dólar americano por la divisa que se trate.

El método de cotización directa expresa el número de unidades de moneda local en función del número de una unidad de divisa internacional. este método muestra el precio de la divisa internacional. El método de cotización indirecta, es una cotización que expresa el número de unidades de divisa internacional por unidades de moneda local. este método se conoce como precio-volumen.

Por último en el método de las cotizaciones cruzadas, el valor relativo de dos divisas se determina al comparar el valor de cada una de ellas contra otra divisa (típicamente el dólar). este es el mecanismo más utilizado para aprovechar las discrepancias, en cuanto ajustes en el tiempo, de las tasas de interés con respecto a dos divisas que se interrelacionan.

En México, el mercado de divisas es un mercado deprimido puesto que prácticamente las operaciones que pudieran ser susceptibles de sujetarse al mercado internacional de divisas, se relacionan todas al dólar y de esta manera el volumen de operaciones se dirige al mercado interbancario de dólares americanos. Los diferentes productos que forman parte del mercado de cambios mexicano son:

- Peso/ Dólar
- Peso/ Otra divisa diferente al dólar
- Divisa vs. Divisa
- Metales Amonedados
- Forward de Peso/ Dólar
- Futuros de Peso vs Dólar
- Opciones de Peso vs. Dólar
- Swaps Peso/ Dólar

1.5 Mercado de Derivados.

Los instrumentos financieros derivados son contratos cuyo precio depende del valor de un activo, el cual es comúnmente denominado como el "subyacente" de dicho contrato. Los activos subyacentes pueden ser a su vez instrumentos financieros, por ejemplo una acción individual o una canasta de acciones; también pueden ser bienes como el oro y la gasolina, o indicadores como un índice bursátil o el índice inflacionario; e incluso el precio de otro instrumento derivado.

La finalidad de los derivados es distribuir el riesgo que resulta de movimientos inesperados en el precio del subyacente entre los participantes que quieren disminuirlo y aquellos que deseen asumirlo. En el primer caso, se encuentran los individuos o empresas que desean asegurar el día de hoy el precio futuro del activo subyacente, así como su disponibilidad, mientras que en el segundo caso, se trata de individuos o empresas que buscan obtener la ganancia que resulta de los cambios abruptos en el precio del activo subyacente.

Los dos principales mercados donde se llevan a cabo operaciones con instrumentos financieros son, las bolsas y los mercados informales. Los derivados intercambiados en la bolsa cuentan con características predeterminadas las cuales no pueden ser modificadas, respecto a su fecha de vencimiento, monto del subyacente amparado en el contrato, condiciones de entrega y precio; otra característica importante es la existencia de la cámara de compensación, la cual funge como comprador ante todos los vendedores y viceversa, rompiendo así el vínculo entre el comprador y vendedor individual. La intervención de la cámara de compensación garantiza que se lleva a buen término el contrato respectivo, ya que en caso de incumplimiento de cualquier participante, la contraparte no dejará de recibir lo acordado. Actualmente los instrumentos derivados que se cotizan en la bolsa son los futuros y las opciones.

Los derivados intercambiados en mercados informales son diseñados por instituciones financieras de acuerdo a las necesidades específicas de cada cliente.

Los instrumentos derivados que hoy cotizan en el Mercado Mexicano de Derivados (MEXDER) son,

- Futuros del Dólar.
- Futuro de la Tasa de Interés Interbancaria a 28 días (TIIE).
- Futuro del CETE a 91 días.
- Futuros sobre el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores (IPC).
- Futuros sobre acciones.

1.5.1 Instrumentos del Mercado de Derivados.

Contratos Adelantados o Forward Son acuerdos para comprar y vender un bien en un momento futuro a un cierto precio. El contrato es generalmente entre dos instituciones financieras o entre una institución financiera y uno de sus clientes corporativos. generalmente no se realiza un intercambio.

Dentro del contrato, uno de los participantes asumen una posición larga y acuerda comprar el activo subyacente en una fecha específica a un precio acordado, el otro participante asume una posición corta y acuerda vender el activo en la fecha y precio acordado: el precio especificado en el contrato forward se denomina precio de entrega. En el momento en que se inicia un contrato, el precio de entrega se escoge de tal manera que el valor del forward para ambas partes es cero. En el vencimiento de un contrato forward, el poseedor de la posición corta entrega el activo al poseedor de la posición larga. a cambio del pago en efectivo de una cantidad igual al precio de entrega. La manera de determinar el

valor de un forward en cualquier tiempo es dado por medio del precio del activo en el mercado correspondiente.

Al principio del contrato el precio del forward se define como el precio de entrega (K), lo que hace que el contrato tenga valor cero. conforme transcurre el tiempo el precio del forward está expuesto a cambios mientras que el precio de entrega se mantiene fijo. Los dividendos de los contratos forward van a depender del valor que tenga el activo en el vencimiento del contrato con respecto al precio de entrega (S_T), siendo el dividendo para una posición larga de cada activo

$$S_T - K$$

Similarmente para la posición corta los dividendos se obtienen como:

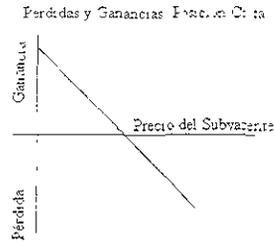
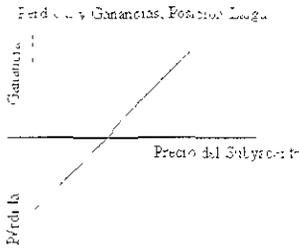
$$K - S_T$$

Los dividendos pueden ser negativos o positivos y dado que no tiene costo entrar a un contrato forward; los dividendos del contrato coinciden con la ganancia o pérdida total del contrato.

Contratos de Futuros. Al igual que un forward, los contratos de futuros son acuerdos para comprar o vender un activo en un determinado tiempo en el futuro a un precio establecido, en el cual ambas partes no necesariamente se conocen. El contrato contiene mecanismos para que ambas partes del contrato sean respetadas. Generalmente se negocia un intercambio por lo cual se especifican ciertas características estándar en el contrato y no tienen una fecha exacta de entrega, ya que el contrato solo se refiere al mes de la entrega y el poseedor de la posición corta determina día específico de la entrega el mes de entrega. Las diferencias fundamentales entre forward y futuro se resumen en el siguiente cuadro:

CARACTERÍSTICA	FORWARD	FUTURO
Cantidad y Calidad	Fijados por acuerdo mutuo entre las partes contratantes	Estandarizados desde su primera emisión por parte de la Bolsa en que se negocian.
Vencimiento	Pactado entre las partes participantes en el contrato.	Plazos de vencimiento estandarizados generalmente bajo un ciclo trimestral.
Tipo de Contrato	Privado.	Contrato estándar compensado y liquidado por la Cámara de Compensación.
Pérdidas y Ganancias	Se realizan al vencimiento del contrato	Calculadas y saldadas diariamente.
Depósitos	Fijados por acuerdo mutuo y estático durante toda la vigencia del contrato	Estandarizado y valuado diariamente.
Márgenes	No se constituyen.	Se realiza valuación y ajuste diario (Mark to Market). En situaciones de alta volatilidad se pueden llegar a realizar solicitudes de requerimiento de margen intra-día.

Las pérdidas y ganancias que obtiene cada una de las partes participantes del mercado, se van realizando diariamente, de acuerdo con los movimientos del precio del valor subyacente, y por ende del precio futuro. El patrón de ganancias y pérdidas tanto de una posición larga como de una corta se pueden ilustrar gráficamente de la siguiente manera:



Para obtener el precio de equilibrio del futuro, es necesario que el precio del futuro (F_t) sea tal que mantenga el mercado en equilibrio, entonces éste está determinado por el precio spot (S_t) del bien subyacente y los costos de acarreo, de esta manera y teniendo una tasa de interés (r), el precio de equilibrio de un futuro se puede expresar como:

$$F_t = S_t(1+r)$$

En caso de considerar una tasa de interés continua el precio del Futuro está dado por

$$F_t = S_t e^{r(T-t)}$$

Donde:

S_t es el precio en el mercado spot del bien subyacente.

r es la tasa de interés continua

T es el tiempo que resta para vencer el contrato, medido en fracciones de año.

t es el periodo en que se pacta el contrato, medido en fracciones de año.

Si se considera el caso de bienes los cuales requieren realizar ciertos gastos durante el periodo de comercialización como: gastos de almacenaje, transporte, seguros, mermas: el precio del futuro para este tipo de bienes está dado por:

$$F_t = (S_t + \phi_t) e^{r(T-t)}$$

Donde ϕ_t son los costos intermedios de comercialización entre t y T , medidos en términos de valor presente para el tiempo t

Si se consideran que éstos costos son una proporción del precio del subyacente (μ) el precio del futuro queda determinado por:

$$F_t = S_t e^{(r-\mu)(T-t)}$$

Actualmente los existe futuros sobre instrumentos financieros para los cuales el precio del futuro se calcula de manera similar, solo que en este las formulas para su cálculo manejan simbología ya establecida propia del instrumento:

- Índices accionarios.

$$F_{t,T} = I_t (1 + R_{t,T} - d_m)$$

o

$$F_{t,T} = I_t e^{(R_{t,T} - d_m)(T-t) \cdot 360}$$

donde:

$F_{t,T}$: Precio actual, en t , de un contrato a futuro pactado en t para vencer en T

I_t : Valor del índice de referencia en el momento actual, t .

$R_{t,T}$: Tasa de interés libre de riesgo pactada de t a T .

d_m : Tasa de dividendos pagada por el índice en cuestión durante la vigencia del contrato.

- Tipo de cambio.

$$F_{t,t} = S_t \left(\frac{1 + R^p \frac{T-t}{360}}{1 + R^{us} \frac{T-t}{360}} \right)$$

o

$$F_{t,t} = S_t e^{(R^p - R^{us}) \frac{T-t}{360}}$$

donde.

$F_{t,t}$: Precio actual, en t, de un contrato a futuro pactado en t para vencer en T.

S_t : Tipo de cambio peso-dólar existente en la actualidad.

R^p : Rendimiento de una inversión realizada en pesos.

R^{us} : Rendimiento de una inversión realizada en dolares.

- Tasa de interés.

$$R^t_{1,2} = \frac{(1 + R_{0,2})^2}{(1 + R_{0,1})} - 1$$

donde:

$R^t_{1,2}$: Tasa forward implícita entre el periodo 1 y 2.

$R_{0,1}$: Tasa spot a un periodo a la que se negocia un instrumento de deuda.

$R_{0,2}$: Tasa de interés spot para el periodo de 0 a 2

$$F_t = P_t e^{r(t-t)}$$

donde.

F_t : Precio del futuro

P_t : Precio actual al que se está negociando el valor del subyacente.

R : Tasa de interés spot libre de riesgo para el periodo $T-t$.

$(T-t)$: Periodo de vigencia del futuro.

Opciones. Son contratos que pueden ser de dos clases, las opciones "call" que le dan al poseedor el derecho de comprar un activo subyacente en una determinada fecha a un precio establecido y las opciones "put" que le dan al poseedor el derecho de vender un activo subyacente en una determinada fecha a un precio establecido. El precio en el contrato se le conoce como precio del ejercicio o precio strike; la fecha en el contrato se le conoce como fecha de vencimiento, de ejercicio o de maduración. Existen dos tipos de opciones, las americanas en las cuales la opción se puede ejercer en cualquier momento antes del vencimiento y las europeas que solo se pueden ejercer en la fecha de vencimiento. Es importante mencionar que la opción le da el derecho al poseedor de comprar o vender el bien, mas no los obliga a hacerlo, lo cual causa que el tener una opción tenga un costo adicional.

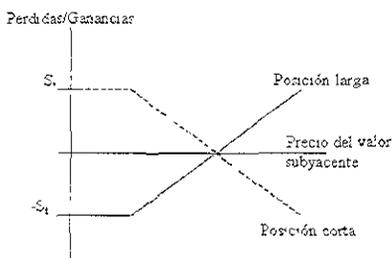
En cada contrato de opción se puede tener tanto una posición larga, en la cual se compra la opción o una posición corta en la cual se vende la opción, el vendedor de la opción recibe un pago anticipado para hacer frente a obligaciones y para cubrirse en caso de que la opción no sea ejercida. Para los dividendos de las opciones es conveniente ejemplificarlos con opciones europeas y no se incluye el costo inicial de la opción en el cálculo. Se tienen cuatro posibles escenarios y los dividendos en cada caso son:

Posición larga en una opción call. $\max(S_T - X, 0)$

Posición larga en una opción put. $\min(S_T - X, 0)$ ó $\max(X - S_T, 0)$
 Posición corta en una opción call. $\max(X - S_T, 0)$
 Posición corta en una opción put $-\max(X - S_T, 0)$ ó $\min(S_T - X, 0)$

Donde S_T es el precio final del bien subyacente y X es el precio strike.

El perfil de pérdidas y ganancias para una Opción de compra para un inversionista se presenta gráficamente de la siguiente forma



Los objetivos de las Opciones se pueden agrupar generalmente en dos categorías: a nivel microeconómico y macroeconómico. A nivel microeconómico sus objetivos son:

- Protegerse del riesgo.
- Invertir o especular.

A nivel macroeconómico se tienen los siguientes objetivos:

- Formación más eficiente de precios de los valores subyacentes.
- Mejorar los niveles de liquidez en el mercado.
- Ampliar las oportunidades de arbitraje.
- Permitir perfiles de riesgo y rendimientos controlables.

Las Opciones son emitidas sobre valores, siendo los más comunes, las acciones, los índices de mercados accionarios, las divisas extranjeras, los futuros, los certificados de la tesorería y hasta los swaps.

Para entender como se determina el precio de una opción se usará la siguiente simbología.

S_1 : Precio de la acción en el periodo 1, fecha de expiración.

S_0 : Precio de la acción el día de la emisión de la opción (hoy).

C_1 : Valor de la opción compra a la fecha de expiración.

C_0 : Valor de la opción compra el día de la emisión (hoy).

P_1 : Valor de la opción venta a la fecha de expiración.

P_0 : Valor de la opción venta el día de la emisión (hoy).

E: Precio del ejercicio establecido en la opción.

T: Fecha de expiración

r: Tasa de interés.

El precio de una opción es aquel que fue negociado entre su comprador y su vendedor, es decir, es determinado por las leyes del mercado. Como cualquier producto o mercancía el valor de las opciones se encuentra determinado por límites entre los que se debe encontrar el precio de una opción.

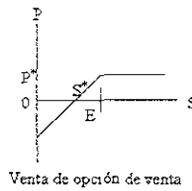
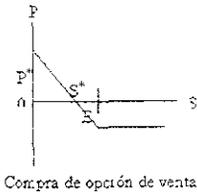
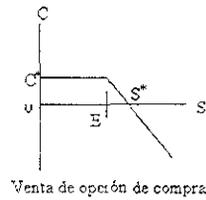
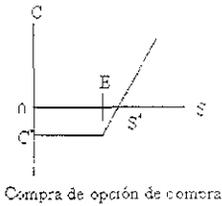
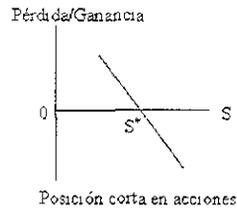
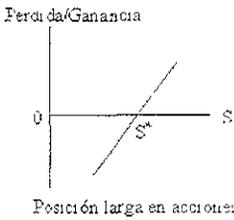
El uso de las Opciones para cubrirse y controlar los riesgos requiere del desarrollo de estrategias, dichas estrategias pueden ser muy variadas, distinguiendo cuatro tipos de posiciones a ser tomadas las cuales son:

- Posición descubierta o sin cobertura.
- Posición cubierta o de cobertura.
- Posición Spread
- Posición Combinada

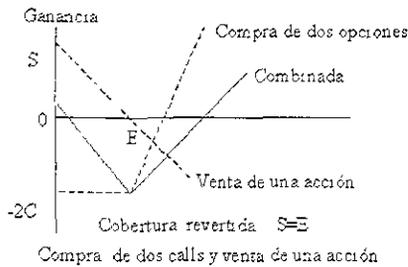
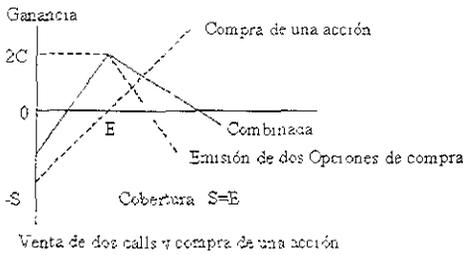
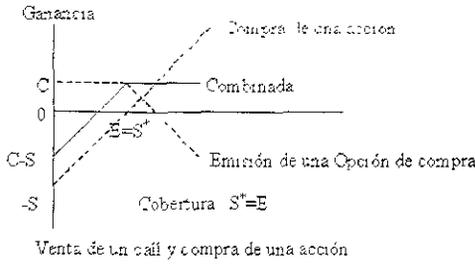
Posición descubierta Implica un riesgo mayor que el de los otros tipos ya que no se encuentra cubierta con otro instrumento Existen seis posiciones descubiertas:

- Posición larga (comprar) en acciones.
- Posición corta (vender) acciones.
- Compra de opción de compra.
- Venta de opción de compra.
- Compra de opción de venta.
- Venta de opción de venta.

Y gráficamente se ven como.

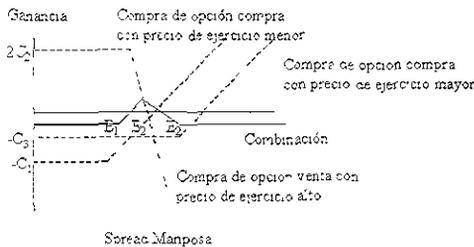
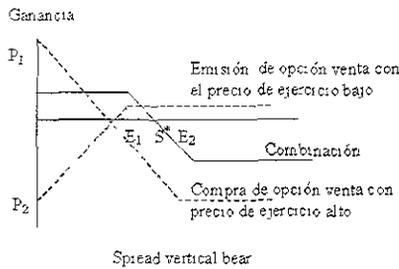
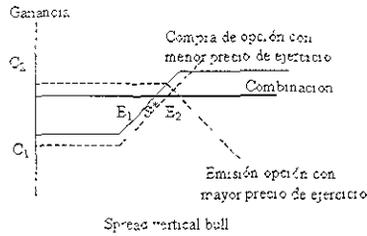


Posiciones de cubierta Consiste en combinar una Opción con su acción subyacente, pudiendo tener variaciones con respecto al número de Opciones por acción; algunas de estas posiciones se ven gráficamente de la siguiente forma:



Posición Spread. El Spread combina opciones de series diferentes pero de la misma clase, donde algunas son vendidas y otras son compradas, donde dice que dos opciones son de la misma clase si fueron emitidas sobre el mismo valor subyacente. Existen

principalmente tres clases de spread: vertical, horizontal y diagonal. El spread vertical es aquel formado por dos opciones una en posición larga y la otra en posición corta, ambas sobre el mismo valor subyacente y con la misma fecha de vencimiento, variando únicamente los precios del ejercicio y dependiendo de estos se pueden tener los spread verticales: bull, bear y mariposa. los cuales gráficamente se ven de la siguiente forma:

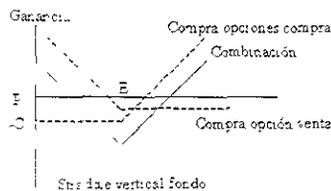
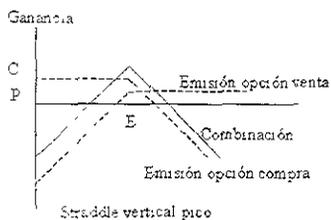


El spread horizontal es aquél formado por dos opciones de la misma clase, una comprada y otra vendida, emitidos sobre el mismo subyacente y con los mismos precios de ejercicio pero con diferentes fechas de vencimiento. El spread horizontal no se puede

graficar debido a que la diferencia entre las dos opciones es el precio del ejercicio, la cual no está expresada en términos monetarios

En el spread diagonal, una opción es comprada y la otra es emitida, ambas de la misma clase: la diferencia ahora es que tanto los precios de ejercicio como las fechas de vencimiento difieren.

Posición Combinada. Una combinación es formada por opciones de diferentes tipos, es decir con opciones de compra y de venta simultáneamente sobre el mismo subyacente de manera que ambas son compradas o ambas son emitidas, dentro de las combinaciones la más popular y más simple es el straddle que está formado por una opción de compras y una de venta sobre un mismo subyacente, con el mismo precio subyacente y fecha de expedición; la forma del straddle es la siguiente:



Existen otras variedades de combinaciones verticales tanto pico como fondo, pero que en lugar de formar un triángulo, forman un paralelogramo. Este tipo de combinaciones

se forman exactamente igual que los straddle, solo que en este caso los precios del ejercicio varían.

Swaps. Es un acuerdo evidenciado por un documento sencillo, en el que dos partes acuerdan hacerse pagos periódicos entre sí. El acuerdo de los swaps contiene una especificación acerca de las monedas que se han de intercambiar, pudiendo estas ser o no las mismas, la tasa de interés aplicable a cada una, ya sea fija o flotante, el programa en que se deben hacer los pagos y cualquier otro tipo de disposiciones orientadas a normar la relación entre las partes.

La estructura básica de un swap es la misma para los swaps sobre tasa de interés, sobre divisas, sobre materias primas y sobre productos físicos; la aparente complejidad de los swaps radica más en la gran cantidad de documentación que es necesaria para especificar completamente los términos del contrato y las disposiciones y cláusulas especiales que pueden ser incluidas para ajustar el swap a una necesidad específica.

Esta clase de contratos no necesariamente implica la entrega del subyacente del que depende el swap, sino de la compensación en efectivo. Los swaps sobre divisas implican el intercambio de distintas monedas, mientras que los swaps sobre tasa de interés es un mecanismo para transformar un flujo de efectivo fijo a flotante o viceversa, o de flotante en contra de cierto índice a flotante en contra de otro índice. Los swaps sobre tasa de interés se pueden combinar con swaps sobre divisas para transformar un pasivo fijo en una divisa, en un pasivo flotante en otra divisa.

Los swaps se valúan generalmente de dos formas: como la diferencia en el valor presente de los dos flujos de efectivo o como un portafolio de contratos forward correspondiente a cada intercambio de fondos.

Fuentes de Información del Capítulo I.

- Banamex-Accival. Universidad Panamericana.
Sistema Financiero Mexicano
Capacitación: El Sistema Financiero Mexicano, instrumentos e instituciones
<http://accigame.banamex.com.mx/capacitacion/up/participantes/inicio.htm>
- Zvi Bodie, Robert C. Merton.
Finanzas
Prentice Hall
México, 1999.
- Comisión Nacional Bancaria y de Valores.
Mercado de Derivados
<http://www.cnbv.gob.mx/bursatil/derivados/contderiv.htm>
- Charles N. Henning, William Pigott, Robert Haney Scott.
Financial Markets and the Economy
Prentice-Hall, inc.
Fifth Edition. USA, 1988.
- Jun C. Hull.
Options, Futures, and other Derivatives.
Prentice Hall, Inc.
Third Edition. USA, 1997.

- John F. Marshal. Kenneth R. Kapner
Como Entender los Swaps.
Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.
México. 1997

- Jaime Díaz Tinoco, Fausto Hernández Trillo
Futuros y Opciones Financieras una Introducción.
Editorial Limusa S.A de C.V.
Tercera Edición, México. 2000

- Francisco Javier Vega Rodríguez.
El Mercado Mexicano de Dinero. Capitales y Productos Derivados: Sus
Instrumentos y Sus Usos
Ediciones y Gráficos Eón. S A. de C.V.
Primera Edición, México. 1998.

CAPÍTULO II: EL RIESGO Y SU ADMINISTRACIÓN.

El origen de la palabra riesgo proviene del latín riesco e italiano risco. El sentido original de risco es roca peligrosa. de aquí el sentido de poner en peligro para los marneros que tenían que navegar alrededor de peligrosas piedras afiladas. donde risco significa la acción de adentrarse por el camino más escarpado. Existen muchas definiciones de riesgo. una se ellas dice: "Las variaciones a la que esta expuesta un determinado resultado que puede ocasionar una pérdida o un daño. esto en un determinado tiempo y en una situación dada". en consecuencia el grado en que se esta expuesto a un riesgo puede disminuir con base a la capacidad que se tenga de predecir el resultado, para esto es necesario poder medir de alguna manera el riesgo en que se esta incurriendo al llevar a cabo determinada acción. Cabe aclarar la diferencia entre riesgo e incertidumbre, siendo la incertidumbre un fenómeno que se sabe que puede ocurrir, pero no se puede medir la probabilidad de ocurrencia del mismo, mientras que el riesgo tiene implícito una medida de probabilidad en su ocurrencia

Se dice que el estudio del riesgo se originó en los emporios comerciales y marítimos de Italia del Norte. a finales del siglo XVI, siendo los mercaderes o comerciantes quienes crean el concepto moderno del riesgo y su cobertura financiera basada en el seguro. recibiendo el nombre de "Compra-venta de cosas sometida a riesgo" y posteriormente "Compra-venta de riesgo". A partir del siglo XIX. aparecen nuevos riesgos como consecuencia de la puesta en práctica de inventos que revolucionaron la vida cotidiana, de donde surge la *necesidad de implantar medidas de prevención ante el aumento de accidentes de trabajo y a la consiguiente presión de los sindicatos obreros.* Después de la Segunda Guerra Mundial se incrementa la necesidad de analizar y controlar los riesgos debido a la aparición de nueva tecnología.

A partir de los años sesenta aparece la gran vulnerabilidad de las empresas debido a la gran concentración de valores y la especialización de sus unidades de fabricación y una década después a los cambios de patrones monetarios y la globalización.

Desde el punto de vista de los costos financieros de las empresas, las medidas de prevención de riesgos han hecho tomar conciencia de la influencia que tienen en el cumplimiento de los objetivos empresariales, últimamente ha habido una creciente preocupación por el riesgo que afecta a las entidades financieras. el cual se da por la gran volatilidad de los factores financieros los cuales influyen en los valores y precios de los instrumentos en sus mercados correspondientes.

Los riesgos a los que se enfrenta una empresa se pueden clasificar en dos tipos; el primero de ellos es el que corresponde a los *riesgos puros o aleatorios*, los cuales pueden ser:

- Personales: Accidentes de trabajo, invalidez.
- Físicos: Fuego, robo, contaminación.
- Responsabilidad Civil: Daños a clientes, terceros.
- Pérdidas Financieras a consecuencia de un daño físico: incendios, derrumbes.
- Políticos y Sociales: Guerras, huelgas, motines.

En relación a sus activos debido a variaciones en sus factores de riesgo, es segundo tipo de riesgo el *riesgo empresarial* que está relacionado con la especulación, teniendo como exposición principal la pérdida de capital, dicha pérdida se puede definir como la volatilidad de los flujos financieros no esperada; generalmente derivado del valor de los activos o pasivos; los riesgos institucionales o empresariales se pueden clasificar en tres categorías: de negocios, estratégicos y financieros.

Riesgos de Negocios o Riesgos Operativos. Son aquellos que la empresa está dispuesta a asumir para crear ventajas competitivas dentro del mercado, su finalidad es

aumentar el valor de la empresa para beneficiar a los accionistas. Estos riesgos están relacionados con el mercado del producto o materia prima con que opera la empresa y comprenden innovaciones tecnológicas, diseño del producto y mercadotecnia. La pérdida a la cual están expuestas las empresas mediante el riesgo de negocios, va a depender de la aceptación del cliente a las modificaciones hechas al producto, como la forma en que se ve afectada la relación costo de producción a ganancia neta.

Riesgos Estratégicos Económicos. Se refieren a los riesgos resultantes por cambios fundamentales en el entorno de la empresa en lo que se refiere a lo político, lo económico y lo social. Debido a su naturaleza ésta clase de riesgo es difícil de cubrir ya que depende de factores externos de la empresa, en los que la influencia de la empresa para disminuirlos o propiciarlos es mínima, esta clase de cambios se ve ejemplificado en cambios de gobierno, expropiaciones y nacionalizaciones, o la percepción negativa o positiva hacia ciertos productos o servicios, aumentando o disminuyendo su demanda. Una manera de estar menos expuesto a esta clase de riesgos es la diversificación a través de distintas líneas de negocios o en distintos países.

Riesgos Financieros. Estos riesgos están relacionados con las posibles pérdidas en los mercados financieros. Este riesgo se ve reflejado en las variaciones de los factores financieros como lo son: las tasas de interés, los tipos de cambio, la inflación, la curva de rendimiento, las sobretasas, las acciones; los cuales constituyen una fuente importante de riesgo para la mayoría de las empresas. La exposición a riesgos financieros debe ser optimizada para que de esta manera las empresas puedan centrarse en lo que es el giro de la empresa, en vez de preocuparse por pérdidas económicas causadas por los movimientos del mercado centrandose su atención en el conocimiento al negocio.

2.1 La Administración del Riesgo.

Dado que el riesgo existe en cualquier situación en la cuál el futuro es incierto y debido a los efectos adversos involucra. tanto individuos como grupos y sociedades han desarrollado métodos para administrar o manejar el riesgo, desde el principio de la historia del hombre en que éste se enfrento por primera vez con este hecho.

La administración de riesgo como tal tiene como principal precursor al francés Henry Fayol que en 1916, época en que surgen nuevas y modernas técnicas de dirección de las empresas. introduce el concepto y la función, en la empresa industrial de “administrador del riesgo”, en un libro titulado “Administration industrielle et générale”. En dicho libro hace una descripción de todas y cada una de las tareas de una empresa industrial bien organizada distribuyéndola en direcciones: mencionando como una función prioritaria de toda dirección, la protección y la seguridad, las cuales tiene como finalidad salvaguardar los bienes y personas de la empresa, haciendo en su libro una descripción detallada de todos los aspectos de esta función.

Sin embargo, este enfoque sobre el tratamiento de riesgos industriales desaparece y tiene un renacimiento hasta 1958 en Estados Unidos cuando la asociación americana ASIM (la cual reúne a directores de seguros y de riesgos de empresas industriales), logran la aplicación de técnicas de administración del riesgo, destacando entre las funciones del administrador del riesgo, el determinar y evaluar los riesgos, seleccionar los seguros adecuados, llevar la contabilidad de seguros, administrar el autoseguro, realizar proyectos y administrar planes de seguros colectivos para el personal, siniestros, prevención de pérdidas y dirección de la seguridad industrial.

En un principio la administración de riesgo tenía como principal función cubrir el *riesgo generado por accidentes de trabajo, tanto en bienes como en personas, sin embargo, ha venido existiendo una creciente preocupación en lo que respecta al riesgo financiero debido a la volatilidad existente en los mercados, la cual se acentúa con el proceso de globalización que actualmente se esta adoptando.*

La *administración del riesgo* se puede definir como una rama de la administración, en la cuál tiene todas las funciones de una área administrativa, sólo que en este caso tiene como objetivos principales los siguientes:

- Conservación de los activos de la empresa, contra deterioro causado por accidentes
- Salvaguardar la habilidad de la empresa a continuar teniendo ganancias, a pesar de pérdidas accidentales.
- Obtener solamente los seguros necesarios para la empresa, bajo condiciones favorables.
- Planeación o supervisión del manejo de riesgos no asegurados.
- Minimizar los efectos de las pérdidas una vez que éstas hayan ocurrido.
- Realizar análisis e implantar nuevas técnicas, para evitar pérdidas en el futuro.

Sus objetivos se cumplen mediante un proceso en el cual se debe identificar el riesgo, cuantificar las pérdidas asociadas con el mismo, considerar todas las opciones posibles para resolver el problema, implementar esta solución y monitorear el resultado obtenido.

La administración de riesgo tiene como finalidad buscar los factores que causen un riesgo evidente, con el fin de eliminar o evitar los factores que expongan a la empresa, existen factores que por su naturaleza, o por ser necesarios en un proceso, no pueden ser eliminados; en esos casos la función de la administración de riesgo va a consistir en recurrir a crear técnicas que disminuyan el riesgo de la empresa ante estos factores o bien el crear reservas para que la compañía pueda estar expuesta al riesgo sin caer en pérdidas considerables. Actualmente se tiene la idea que al riesgo no hay que evitarlo, sino conocerlo para poder manejarlo.

La administración de riesgo financiero se ha originado debido a la creciente volatilidad de los factores financieros, las cuales en algunos casos tienen un carácter de

impredecible. Esto afecta de manera directa tanto los mercados financieros y a las empresas, así como en el ámbito interno de cada país, teniendo repercusiones a nivel global. Entre algunos ejemplos de eventos que no se pudieron haber previsto y causaron pérdidas significativas a los mercados, se pueden mencionar los siguientes:

- 1971. Se derrumba el sistema de tipo de cambio fijo, conduciendo a tipos de cambio flexibles y volátiles.
- 1973 Comienza la crisis en los precios del petróleo, la cual vino acompañada de inflación y de grandes oscilaciones en las tasas de interés.
- 19 de octubre de 1987. Conocido como el lunes negro, en el cual las acciones estadounidenses cayeron en promedio 23 por ciento, lo que representó una pérdida de capital de un billón de dólares.
- Septiembre de 1992. El movimiento para la unificación económica y monetaria en Europa, el cual se estancó con el colapso del Sistema Monetario Europeo.
- 1994. La Reserva Federal, después de haber mantenido bajas las tasas de interés durante tres años, inició una serie de seis alzas consecutivas que llegaron a significar una pérdida de 1.5 billones de dólares en capital global.
- 1989. Los precios de las acciones japonesas cayeron, observándose una caída en el índice Nikkei de 39,000 puntos a finales de 1989, a 17,000 puntos tres años después. La pérdida total de capital fue de 2.7 billones de dólares, lo que condujo a una crisis financiera sin precedentes en ese país.
- Diciembre de 1994. Devaluación del peso mexicano en un 40%, que ocasionó que para Enero de 1995 la devaluación haya alcanzado niveles superiores al 200%.

Las actividades financieras han tenido un crecimiento más complejo en años recientes, por lo cual en muchos casos los intermediarios financieros proveen servicios de administración de riesgo a los inversionistas institucionales, corporaciones y gobiernos, esto con el fin de que éstos últimos sepan la naturaleza del riesgo que están asumiendo. La administración del riesgo financiero tiene como finalidad el proporcionar una protección

parcial contra las posibles implicaciones generadas por el riesgo del movimiento de los factores financieros.

Hay que entender, como lo mencionaron Frank J. Fabozzi y Franco Modigliani, en 1992 “Los nuevos instrumentos financieros no son creados simplemente por que alguien en Wall Street creyó que sería más “divertido” introducir instrumentos con más “campanas y silbato” que los instrumentos ya existentes. La demanda de nuevos instrumentos, es ocasionada por la necesidad de prestamistas e inversionistas para que administren sus recursos y obligaciones, problemas legales, consideraciones financieras y contables, así como el tomar en cuenta los impuestos; esto aunado a que muchos de los desastres financieros, en los últimos años, han sido ocasionados por no tomar seriamente transacciones realizadas, arriesgando las ganancias o pérdidas que esto puede ocasionar.

Una gran gama de instrumentos y estrategias financieras han evolucionado en los últimos 20 años, con el fin de usarse para administrar la exposición al riesgo financiero. Los instrumentos financieros existentes permiten la transferencia del riesgo a una tercera persona que desea aceptarlo a cambio de un beneficio, como ejemplo de estos instrumentos se tienen los contratos de futuros en moneda, los cuales eliminan el riesgo del exportador ante variaciones no esperadas en el tipo de cambio. Los mercados financieros han evolucionado de tal manera que los instrumentos se pueden combinar, por ejemplo instrumentos financieros con instrumentos de deuda orientados a disminuir el riesgo inherente en el proceso de aumento del capital.

La manera en que han evolucionado estas herramientas para el control de riesgos financieros y como han ido apareciendo en el mercado ha sido la siguiente:

- 1972. Futuros sobre divisas.
- 1973. Opciones sobre acciones.
- 1975. Futuros sobre T-bonds.
- 1981. Swaps sobre divisas.

- 1982 Swaps sobre tasas de interés; Futuros sobre T-notes; Futuros sobre eurodólares; Futuros sobre índices accionarios; Opciones sobre futuros de T-bonds; Opciones sobre divisas listadas en bolsa.
- 1983. Opciones sobre índices accionarios. Opciones sobre futuros de T-notes. Opciones sobre futuros de divisas; Opciones sobre futuros de índices accionarios; Caps y Floors de tasas de interés
- 1985. Opciones sobre eurodólares: Swapciones.
- 1987. Opciones compuestas OTC; Opciones promedio OTC.
- 1989. Futuros sobre swaps de tasas de interés, Opciones quanto 1990.
- 1990. Swaps de índices accionarios.
- 1991. Swaps diferenciados.
- 1993. Captions; Opciones FLEX listadas en bolsa.
- 1994. Opciones sobre créditos incumplidos.

La administración de riesgo financiero se constituyó de una manera más estricta en el acuerdo de Basilea de 1988, donde se establece los requerimientos mínimos de capital, que deben cumplir los bancos comerciales para realizar coberturas contra el riesgo crédito. Este acuerdo condujo a un esquema aún en proceso de evolución para imponer requerimientos de capital de garantía contra los riesgos de mercado.

Para administrar el riesgo es necesario a parte de usar los instrumentos correctos, tener una manera de medir la pérdida a la cual se está expuesto, para este fin existen distintas técnicas entre las que están el rendimiento del capital ajustado al riesgo (RAROC) y el valor en riesgo (VAR).

2.2 Rendimiento del Capital Ajustado al Riesgo (RAROC).

El *Rendimiento del capital ajustado al riesgo* o *RAROC* por sus siglas en inglés (Risk Adjustment Return on Capital), es una medición del riesgo desarrollada a finales de los setenta por Bankers Trust, una institución pionera en la administración de riesgo, este sistema surgió de la necesidad de ajustar la utilidad del operador al riesgo.

El RAROC ajusta las ganancias de acuerdo al *capital en riesgo*, definido como el monto de capital requerido para cubrir el 99 por ciento de la pérdida máxima esperada en un año. El mismo horizonte de un año se utiliza para todos los cálculos del RAROC, independientemente del período real de tenencia, para permitir comparaciones significativas entre las clases de activos. El RAROC es principalmente utilizado para posición en divisas y bonos, así como también proporciona límites de operación y permite comparaciones significativas entre diferentes mercados.

Este ajuste genera una serie de refinamientos esenciales que ha transformado el curso de la estrategia de Bankers Trust en los últimos diez años. A través de la compensación de los operadores con base en su sistema RAROC, el ajuste del riesgo permea la cultura del banco. En palabras de la propia empresa, la administración del riesgo se practica "con un enfoque holístico". Bankers Trust descubrió que la mayoría de sus empréstitos eran menos redituables que otras operaciones y estratégicamente ajustó la dirección del banco a funciones más redituables de administración de riesgo. Esto, por supuesto, asume que la volatilidad de los rendimientos captura todos los aspectos esenciales de los riesgos de negocio.

2.3 Valor en Riesgo (VAR).

El *valor en riesgo*, conocido como VAR por sus siglas en inglés (Value at Risk), es un método para cuantificar el riesgo financiero, utilizando técnicas estadísticas estándar.

con el propósito de medir la peor pérdida esperada a lo largo de un horizonte de tiempo determinado bajo condiciones normales del mercado ante un nivel de confianza dado.

El VAR tiene distintas aplicaciones, para ser utilizado en distintos propósitos dentro de una institución, entre ellos pueden mencionarse los siguientes:

- *Presentación de Información* El VAR puede ser útil para que la alta dirección evalúe los riesgos que corren las operaciones de mercado y de inversión. Además, el VAR comunica a los accionistas los riesgos financieros de la empresa en términos no técnicos. Por lo tanto, el VAR puede ayudar a acelerar la tendencia actual hacia una mejor reevaluación basada en la presentación de informes con valuación a mercado.
- *Asignación de Recursos.* El VAR puede utilizarse para determinar límites de posición a los operadores y para decidir dónde asignar los recursos limitados de capital. La ventaja del VAR es que crea un denominador común con el cual comparar las actividades riesgosas en diversos mercados. También el riesgo total de la empresa puede descomponerse en VARs incrementales que permiten a los usuarios descubrir qué posiciones contribuyen más al riesgo total.
- *Evaluación del Desempeño* El VAR puede utilizarse para ajustar el desempeño por riesgo. Esto es esencial en un entorno operativo, donde los operadores tienen una tendencia natural a tomar un riesgo extra. Los cargos de capital de riesgo basados en medidas de VAR proporcionan incentivos corregidos a los operadores

El VAR puede ser utilizado por las diversas instituciones con exposición al riesgo financiero, siendo las más comunes:

- *Instituciones financieras* Las cuales son intermediarios con grandes portafolios que tienen numerosas fuentes de riesgo financiero e instrumentos complicados.
- *Expertos en regulación* Para esto la regulación prudencial de las instituciones financieras requiere el mantenimiento de niveles mínimos de capital como reservas contra el riesgo financiero.
- *Empresas no financieras.* La administración de riesgo es útil para cualquier empresa. Principalmente para empresas multinacionales que tienen flujos de efectivo denominados en diferentes divisas amenazadas por oscilaciones cambiarias, o bien empresas que requieren un flujo estable de ingresos para invertir en investigación y desarrollo.
- *Administración de activos* Principalmente manejado por inversionistas institucionales para controlar los riesgos financieros.

El beneficio fundamental del VAR radica en la creación de una metodología estructurada para pensar críticamente sobre el riesgo, forzando a las instituciones a confrontar su exposición al riesgo financiero y establecer una función independiente de administración de riesgos.

Cabe aclarar que el VAR es un procedimiento necesario pero no suficiente para el manejo de riesgos; éste debe ser complementado con el establecimiento de límites y controles, su uso conduce a un mayor énfasis en la práctica razonable de la administración de riesgo.

Actualmente el VAR esta siendo promovido como una práctica confiable de administración del riesgo, reconociendo que la administración de riesgos financieros es el negocio natural de las instituciones financieras, debido a este auge ha surgido la necesidad

de que exista una regulación. para evitar que los accionistas sufran las consecuencias directas de una falla en el control del riesgo de mercado.

En las últimas propuestas del acuerdo de Basilea. en abril de 1995, los Bancos Centrales reconocieron implícitamente que los modelos de administración de riesgo. utilizados por los principales bancos comerciales son, por mucho, más avanzados que cualquier cosa que ellos pudieran proponer. Los bancos tienen ahora la opción de utilizar su propio modelo VAR como base para las mediciones de requerimiento capital. Por lo tanto, el VAR está siendo promovido oficialmente como una práctica confiable de administración del riesgo.

Dentro del sector privado, la mas notable incursión al VAR la dio J.P. Morgan, quien en octubre de 1994 lanzo un sistema llamado *RiskMetrics*. El sistema ayuda a las instituciones financieras para medir y revelar mejor sus riesgos, así como prevenir severas restricciones regulatorias sobre los mercados sobre los mercados financieros.

Fuentes de Información del Capítulo II.

- Gary L. Gastineau, Mark P. Kritzman.
The Dictionary of Financial Risk Management
Frank J. Fabozzi Associates
USA, 1996.
- Carl Heyer.
The Encyclopedia of Management
Van Nostrand Reinhold Company
Second Edition, USA, 1973.
- J. P. Morgan / Reuters.
Risk Metrics – Technical Document
Fourth Edition, USA, 1996
- Philippe Jorion.
Valor en Riesgo
Editorial Limusa S.A. de C.V.
México, 1999.
- Jorge Mina, Jerry Yi Xiao.
Return to RiskMetrics: The Evolution of a Standard
Riskmetrics Group Inc.
USA, 2001

- Carlos Sánchez Cerón
Valor en Riesgo y otras Aproximaciones
Valuación . Análisis y Riesgo S C
México. 2001
- Charles W. Smithson.
Managing Financial Risk: A Guide to Derivative Products Financial Engineering,
and value maximization
McGraw-Hill
Tirad Edition, USA. 1998.
- C. Arthur Williams, Jr., Richard M. Heins.
Risk Management and Insurance
McGraw-Hill Book Company
Fourth Edition, USA, 1981.

CAPÍTULO III: TIPOS DE RIESGO FINANCIERO (MERCADO BURSÁTIL).

La teoría financiera define el riesgo como la dispersión de resultados (flujos) inesperados debido a variaciones en los factores financieros. De esta manera, tanto la desviación positiva como la negativa, deben ser consideradas fuentes de riesgo. Los riesgos financieros se clasifican en cinco clases.

- Riesgo de Mercado.
- Riesgo Crédito.
- Riesgo de Liquidez.
- Riesgo Operacional.
- Riesgo Legal.

3.1 Riesgo de Mercado o de capital.

El riesgo de mercado, se deriva de cambios a variaciones denominadas volatilidades en los precios de los activos y pasivos financieros (o volatilidades), y se mide a través de los cambios en el valor de las posiciones abiertas.

El riesgo de mercado incluye el *riesgo base*, el cual se presenta cuando se rompe o cambia la relación entre los productos utilizados para cubrirse mutuamente, y el *riesgo gamma*, ocasionado por relaciones no lineales entre los subyacentes y el precio o valor del derivado. Los tenedores de posiciones largas en derivados se han visto afectados por riesgos base y gamma, aun cuando pensaban que estaban completamente cubiertos. El riesgo de mercado puede asumir dos formas: el *riesgo absoluto*, medido por la pérdida potencial en términos de dólares, y el *riesgo relativo*, relacionado con un índice base. Mientras que el

primero se concentra en la volatilidad de las ganancias totales, el segundo mide el riesgo en términos de la desviación respecto al índice, midiendo estos cambios de manera porcentual.

El riesgo financiero de mercado, ocasionado por variaciones en factores financieros como son:

- *Tasa de interés*: Provoca un riesgo de cambio en el valor de un activo o posición financiera.
- *Sobretasa*: Cambios en la sobretasa de mercado de los instrumentos debido a un aumento de incertidumbre.
- *Curva de rendimiento*: Un riesgo adicional de los rendimientos de tasa fija se refiere a la posibilidad de que las curvas de rendimiento ya no sean las esperadas, debido a que las tasas del mercado presentan variaciones con respecto a dicha tasa fija ocasionando que varíe el valor de la inversión original.
- *Riesgo de Inflación*: Si se decide financiar el bono a través de operaciones de reporto con un premio denominado en términos nominales, implicaría que mientras el fondeo se realiza a tasa nominal, el instrumento devengará un rendimiento real más la revaloración de las unidades de inversión. Sin embargo, si la revaloración es diferente a la inflación estimada para el periodo del fondeo, el valor de la posición se modificará.
- *Riesgo cambiario*: Las unidades de inversión al igual que el dólar, diariamente tienen una cotización con respecto al peso, si dicha cotización se modifica, el valor de los bonos en pesos también se modificará; de la misma manera podría variar el precio, en pesos de un bono denominado en dólares.
- *Riesgo accionario*: Es el resultado de cambio del índice de precios y cotizaciones.

El riesgo se mide a través de la desviación estándar de los flujos no esperados o sigma (σ). también llamada volatilidad. Las pérdidas pueden ocurrir a través de la combinación de dos factores: la volatilidad en la variable financiera subyacente y la

exposición (posición abierta) que se tenga sobre ésta fuente de riesgo. ya que si bien las empresas no tienen control sobre la volatilidad de las variables financieras, ellas pueden ajustar su exposición a estos riesgos

Las mediciones de la exposición lineal a los movimientos en las variables subyacentes de riesgo aparecen en todas partes bajo diferentes facetas. En el mercado de renta fija la exposición a los movimientos de las tasas de interés se conoce como duración. En el mercado accionario esta exposición se denomina riesgo sistémico o beta (β) En los mercados de derivados la exposición a los movimientos en el valor del activo subyacente se conoce como delta (δ). Las segundas derivadas o mediciones de segundo orden se conocen como convexidad o gama (γ) en los mercados de renta fija y de derivados respectivamente. La convexidad mide el cambio en la duración ante cambios del precio del subyacente. Ambos términos miden la exposición de segundo orden o cuadrática, de la variable financiera.

Existe un interés creciente en la administración del riesgo financiero debido al incremento de la volatilidad de los factores financieros, una manera de medir este riesgo con mayor precisión es a través del análisis de la volatilidad de corto plazo.

En el contexto de la medición del riesgo de mercado, la variable aleatoria que se va a considerar es la tasa de rendimiento de un activo financiero. El rango de posibles pagos sobre un valor puede ser descrito también por su función de distribución de probabilidad..

3.2 Riesgo Crédito

El riesgo crédito se presenta cuando las contrapartes están poco dispuestas o imposibilitadas para cumplir sus obligaciones contractuales. Su efecto se mide por el costo

de la reposición de flujos de efectivo si la otra parte incumple, el riesgo crédito puede conducir a pérdidas cuando los deudores son clasificados duramente por las agencias crediticias, generando con ello una caída en el valor del mercado de sus obligaciones. debido a esto la administración del riesgo de crédito tiene tanto aspectos cualitativos como cuantitativos en donde la determinación de la credibilidad de una contraparte es el componente cualitativo.

Una manera de protegerse del riesgo de crédito, es por medio de los productos derivados ya que en el caso de que alguna de las contrapartes incumplan las pérdidas potenciales con dichos instrumentos son mucho más bajas que en comparación a los montos nominales o valor nominal, esto se debe a que la pérdida en derivados va a ser un cambio en el valor de la posición; a diferencia de los bonos y préstamos bancarios que en este caso se estará expuesto a la pérdida de total del valor nominal.

El riesgo crédito no solamente implica el riesgo de que una de las contrapartes se vea imposibilitada a cumplir sus obligaciones por falta de recursos económicos, también incluye al *riesgo soberano* que se refiere a cuando los países imponen controles a las divisas extranjeras que imposibilitan a las contrapartes a cumplir sus obligaciones, el riesgo soberano es específico de un país mientras que el riesgo de incumplimiento es específico de una empresa.

El riesgo crédito toma también la forma de *riesgo de pago*, el cual se refiere a la posibilidad de que una contra parte pudiese incumplir en un contrato después de que una de las partes ha realizado el pago previamente, lo que es una posibilidad bastante real principalmente en el mercado de divisas extranjeras, esto por que en muchos casos los pagos pueden ser realizados por Europa en la mañana contra entrega posterior en América.

Los intermediarios financieros, en un acuerdo de administración de riesgo escudriñan minuciosamente los elementos del riesgo de crédito, debido a que la mayoría de los intermediarios han sufrido pérdidas por incumplimiento en el contrato. La exposición al

riesgo crédito en un contrato de administración de riesgo va a depender del tipo de contrato, del tipo de mercado así como el status de crédito de la contraparte.

3.3 Riesgos de Liquidez.

Los riesgos de liquidez pueden asumir dos formas: liquidez mercado/producto y flujo de efectivo/financiamiento. El *riesgo de liquidez mercado/producto* se presenta cuando una transacción no puede ser conducida a los precios prevalecientes en el mercado debido a una baja operatividad en el mercado, esta clase de riesgo puede ser difícil de cuantificar y puede variar de acuerdo con las condiciones del mercado, una manera de administrar este riesgo es fijando límites en ciertos mercados o productos y a través de la diversificación

El *riesgo de flujo de efectivo/financiamiento* se refiere a la incapacidad de conseguir obligaciones de flujos de efectivo necesarios, lo cual puede forzar a una liquidación anticipada, transformando en consecuencia las pérdidas en “papel” en pérdidas reales, esta clase de riesgo puede ser controlada por la planeación apropiada de los requerimientos de flujos de efectivo, los cuales pueden ser controlados estableciendo límites a los desajustes de flujos de efectivo utilizando la diversificación.

La liquidez está también relacionada con el horizonte temporal de las inversiones, ya que en algunos casos las condiciones del mercado pueden impedir la liquidación inmediata de una inversión, en algunos casos el inversionista podrá esperar hasta que los precios del mercado recuperen los niveles cercanos a los teóricos, en dicho caso la falta de liquidez es un mal menor, esta falta de liquidez se va a convertir en un problema cuando exista un inversionista en apuros que tiene la necesidad de vender para conseguir efectivo para hacer frente a sus compromisos de corto plazo.

3.4 Riesgo Operacional.

El riesgo operacional se refiere a las pérdidas potenciales resultantes de sistemas administrativos inadecuados que pueden presentarse como: fallas administrativas, controles defectuosos, fraude, error humano; también toma en cuenta el *riesgo de ejecución*, que incluye situaciones donde la falla en la ejecución de las operaciones, algunas veces conduciendo a retrasos, penalizaciones costosas o cualquier problema en las operaciones del área de compensación y liquidación, que esta a cargo del registro de las operaciones y la conciliación de transacciones individuales con la posición agregada de las empresas.

Como se mencionó anteriormente el riesgo operacional también incluye fraude, situaciones donde los operadores falsifican intencionalmente información, así mismo el riesgo tecnológico es un riesgo operacional que se refiere a la necesidad de proteger los sistemas del acceso no autorizado y de la interferencia. Otros ejemplos de riesgos operacionales son fallas de sistemas, las pérdidas ocasionadas por desastres naturales, o los accidentes que involucren a individuos clave. La mejor protección contra el riesgo operacional consiste en tener una redundancia planeada en sistemas, la definición clara de responsabilidades con fuertes controles internos y la planeación regular de contingencias.

Otra fuente de problemas operacionales es utilizar modelos que se piensa optimizan la operación y si no son supervisados frecuentemente pueden hacer que la empresa caiga en situaciones falsas que ocasionen pérdidas si el modelo no corresponde a la realidad, dicho riesgo se conocen como *riesgo de modelo*. El riesgo de modelo es insidioso, para protegerse de este los modelos deben estar sujetos a una evaluación independiente utilizando los

precios del mercado, cuando estén disponibles, o evaluaciones objetivas ajenas a la muestra

3.5 Riesgo Legal.

El riesgo legal se presenta cuando una contraparte no tiene la autoridad legal o regulatoria para realizar una transacción, esto puede degenerar en conflictos entre los accionistas contra las empresas que sufren grandes pérdidas, el riesgo legal se relaciona directamente con el riesgo crédito ya que los inversionistas que pierden dinero en una transacción tienen el mal hábito de acudir a las cortes para invalidar la operación.

El riesgo legal también incluye el *riesgo regulatorio*, el cual hace referencia a actividades que podrían quebrantar regulaciones gubernamentales, tales como la manipulación del mercado, la operación con información privilegiada y restricciones de convencionalidad. La estructura regulatoria, sin embargo, varía ampliamente entre los países. Incluso dentro de un país puede estar sujeta a cambios y a diferencias de interpretación. El riesgo regulatorio se manifiesta en las diligencias para el cumplimiento, en la interpretación y aún en la conducta moral.

Fuentes de Información del Capítulo III.

- Zvi Bodie, Robert C. Merton.
Finanzas
Prentice Hall
México, 1999.
- Gary L. Gastineau, Mark P. Kritzman
The Dictionary of Financial Risk Management
Frank J. Fabozzi Associates
USA, 1996.
- J. P. Morgan / Reuters.
Risk Metrics – Technical Document
Fourth Edition, USA, 1996
- Philippe Jorion.
Valor en Riesgo
Editorial Limusa S.A. de C.V.
México, 1999.
- Jorge Mina, Jerry Yi Xiao.
Return to RiskMetrics: The Evolution of a Standard
Riskmetrics Group Inc.
USA, 2001

- Carlos Sánchez Cerón.
Valor en Riesgo y otras Aproximaciones
Valuación . Análisis y Riesgo S.C.
México. 2001
- Charles W. Smithson.
Managing Financial Risk: A Guide to Derivative Products Financial Engineering.
and value maximization
McGraw-Hill
Tirad Edition. USA. 1998.

CAPÍTULO IV: ESTADÍSTICA MATEMÁTICA

La estadística matemática, es una rama de la matemáticas que se encarga de desarrollar métodos para recoger, organizar, resumir y analizar datos, teniendo como propósito estudiar las características o el comportamiento de una población, sacando conclusiones razonables para poder tomar decisiones válidas basadas en el análisis realizado.

El estudio estadístico de una determinada población, tienen como ventaja realizar una descripción detallada de una población sin hacer una descripción individual de cada uno de los miembros, permitiendo tener una visión más amplia que con un análisis sumario observado desde fuera. Los datos estadísticos son en mayor o menor grado faltos de personalidad por lo que van a tener un valor limitado cuando los datos individuales son importantes.

Se conoce como método estadístico, aquel método de investigación basado en el análisis de datos estadísticos; y se emplea en los más diversos campos del conocimiento y la investigación, por lo cual puede utilizar distintas técnicas de recolección y análisis de datos así como las interpretaciones van a ser apegadas al objeto de la materia en estudio, por lo cual se pueden mencionar distintas ramas de la estadística como son, la estadística económica y social y la estadística física entre otras. Sin embargo los rasgos generales del método estadístico se reducen al cálculo del número de objetos y cuantificación de características que integran las poblaciones, esto mediante el empleo de la teoría de probabilidades.

La teoría de probabilidades estudia fenómenos de naturaleza aleatoria, dentro de los cuales se encuentran los eventos probabilísticamente aleatorios, los cuales se pueden asociar con distribuciones de probabilidad. La teoría de probabilidades desempeña un papel

determinante al estudiar los fenómenos estadísticos de cualquier naturaleza que pueden o no pertenecer a la categoría de los probabilísticamente aleatorios, desarrollando procedimientos estadísticos de investigación los cuales obedecen a las reglas probabilísticas más no a los fenómenos sometidos a estudio: entre dichos procedimientos se pueden mencionar los siguientes:

- Análisis exploratorio de datos.
- Análisis de distribuciones.
- Diseño y análisis de experimentos.
- Muestreo o método muestral.
- Estimación estadística.
- Pruebas de hipótesis.

El *análisis exploratorio de datos* tiene como función presentar características generales de la población sin tomar en cuenta la distribución de la misma.

El *análisis de distribuciones* estudia la manera en que se relacionan los factores de estudios con variables aleatorias, con el fin de poder obtener una expresión matemática para describir el comportamiento de las mismas.

El *diseño y análisis de experimentos* desarrolla pruebas o series de pruebas que se inducen de cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, con el fin de identificar las posibles causas de los cambios en la respuesta de salida

El *muestreo o método muestral* tiene como función generar técnicas, para el análisis de una población por medio de la selección de un subconjunto que sea representativo de la misma, con el fin de obtener sus características principales sin necesidad de censar a toda la población, desarrollando metodologías orientadas a medir la eficacia de la muestra y obtener tamaños de muestra significativos.

La *estimación estadística* sirve para obtener valores aproximados de las características o parámetros de la población, con el fin de poder estudiar eficazmente ésta sin necesidad de tener los valores reales de las características o parámetros.

Las *pruebas de hipótesis* tienen como propósito revisar y dar validez a todos los supuestos hechos sobre una determinada población.

No obstante, el campo de aplicación de estos métodos estadísticos a mayor profundidad es más reducido, ya que es necesario que los propios fenómenos estudiados obedezcan a determinadas leyes probabilísticas. Sin embargo, en virtud de la ley de los grandes números las regularidades probabilísticas reciben expresión estadística y esto permite aproximarse a las probabilidades utilizando frecuencias de los datos según sus características de estudio así como determinar la esperanza matemática a través de medias.

4.1 Medidas de Tendencia Central y de Dispersión.

Dentro del estudio estadístico, es importante realizar un análisis exploratorio de los datos, del cual se obtienen algunas características básicas de los mismos, sin necesidad de conocer si la población está relacionada con alguna distribución de probabilidad, dichas características generales del comportamiento de la población se obtienen por medio de medidas de tendencia central, de dispersión, del sesgo y la curtosis. Para dicho análisis se denota por X , cualquiera de los N valores que puede tomar una variable aleatoria X ; A continuación se describen las medidas según la clasificación antes descrita.

Medidas de Tendencia Central: Indican los valores que suelen situarse hacia el centro del conjunto de datos ordenados por magnitud.

- Media aritmética o media.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

- Media aritmética ponderada: Se utiliza cuando a los números X_i se le asocian factores de pesos w_i , también se utiliza cuando para obtener la media de los datos ordenados por frecuencia.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^N w_i X_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

- Media geométrica.

$$G = \sqrt[N]{\prod_{i=1}^N X_i}$$

- Media armónica:

$$H = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{X_i}}$$

- Media cuadrática.

$$MQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{N}}$$

- Mediana: Es el valor central o la media de los dos valores centrales.

- Moda: Es el valor que ocurre con mayor frecuencia, la moda puede no existir, o bien no ser única en caso de existir.
- Cuartiles: Valores que dividen al conjunto en cuatro partes con el mismo número de elementos, se denotan por: Q_1, Q_2 y Q_3 .
- Deciles: Valores que dividen a los datos en 10 partes iguales, se denotan por $D_1, D_2, D_3, \dots, D_9$.
- Percentiles: Valores que dividen a los datos en 100 partes iguales, se denotan por P_1, P_2, \dots, P_{99} .

Medidas de Dispersión: Intentan dar una idea de cuán esparcidos se encuentran los datos:

- Rango: En un conjunto de números es la diferencia entre el mayor y el menor de todos ellos.
- Desviación media o desviación promedio:

$$MD = \frac{\sum_{i=1}^N X_i - X}{N}$$

- Varianza.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X)^2}{N}$$

- Desviación típica o desviación estándar:

$$s = s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X)^2}{N}$$

- Coeficiente de variación:

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{s}{X}$$

- Rango semi-intercuartil.

$$Q = \frac{Q_3 - Q_1}{2}$$

- Rango percentil 10-90:

$$\text{Rango percentil 10-90} = P_{90} - P_{10}$$

Existen dos medias mas de suma importancia para analizar la forma de la distribución de los datos, que son: el sesgo y la curtosis las cuales están asociadas con el tercer y cuarto momento poblacional respectivamente.

Sesgo: Indica el grado de asimetría de la distribución, es decir, cuanto se aparta de la simetría, si la curva de frecuencias de una distribución tiene a la derecha una cola más larga que a la izquierda, se dice sesgada a la derecha, o de sesgo positivo, en caso contrario, sesgada a la izquierda o de sesgo negativo, dicha medida se puede hacer con respecto distintas medidas de tendencia central, dos de ellas son:

$$sesgo = \frac{X - \text{mod } a}{s}, \text{ primer coeficiente del sesgo}$$

$$Sesgo = \frac{3(X - \text{mediana})}{s}, \text{ segundo coeficiente del sesgo}$$

Curtosis: Mide cuán puntiaguda es una distribución, en general por referencia a la normal, si la curva de frecuencias tiene un pico alto, se dice leptocúrtica. mientras si es aplastada, se dice platicúrtica, en caso de no ser ni muy puntiaguda ni muy aplastada se llama mesocúrtica.

$$\text{Coeficiente momento de curtosis} = a_4 = \frac{\sum_{i=1}^N (X - \bar{X})^4}{N \left(\sum_{i=1}^N (X - \bar{X})^2 \right)^2}$$

4.2 Distribuciones Probabilísticas.

Uno de los principales instrumentos empleados en la estadística es el uso de los modelos. los cuales constituyen versiones simplificadas de algunos problemas o situaciones de la vida real. destacando ciertos aspectos de éstos y haciendo a un lado algunos que pueden no tener mucha relación reduciendo de esta manera el grado de complejidad de lo que se está estudiando.

La problemática de fijar un modelo estadístico, ocurre al escoger el modelo probabilístico que se va a utilizar para hacer inferencia del fenómeno en estudio, al realizar

la inferencia estadística de dicho modelo a través de estimación, predicción, pruebas de hipótesis y selección de variables. Para fijar el modelo probabilístico es necesario una representación detallada del fenómeno, así como contar con variables suficientes y significativas relacionadas al fenómeno, de lo contrario esto puede causar que se tenga una estructura demasiado compleja para una representación paramétrica del modelo. Una de las formas en que se pueden describir fenómenos aleatorios es mediante funciones de distribuciones probabilísticas, éstas pueden ser discretas o continuas dependiendo del tipo de variable aleatoria que se desea estudiar.

Una variable aleatoria se puede definir como la función de valores reales definida en un espacio muestral, la cual transforma los eventos de un espacio muestral en eventos numéricos, se dice que una variable aleatoria es discreta si solamente puede tomar un conjunto numerable de valores, por ejemplo que tome valores en el conjunto de números normales y en caso contrario se le llama continua.

La distribución de probabilidades es uno de los conceptos fundamentales de la teoría de probabilidades y de la estadística matemática. Como modelo matemático de un fenómeno aleatorio sujeto a estudio se adopta el espacio de probabilidades correspondiente determinado por $[\Omega, \mathcal{S}, P]$, donde Ω es el conjunto de sucesos elementales, es decir todos los posibles resultados que se puedan obtener, \mathcal{S} representa la σ -álgebra la cual consiste de todos los subconjuntos de Ω , y P se define como la medida de probabilidad determinada sobre \mathcal{S} con propiedad $P(\Omega) = 1$. Cualquier medida semejante sobre $[\Omega, \mathcal{S}]$ se llama distribución de probabilidades.

Las distribuciones de probabilidades que se encuentran en la mayoría de los problemas concretos de la teoría de las probabilidades, no así en la estadística matemática en donde no son muy numerosas. Todas ellas se conocen desde hace tiempo atrás y están vinculadas a los principales esquemas probabilísticos ya que se describen por las probabilidades de que tomen distintos valores en el caso de distribuciones discretas y en el caso de que tomen valores continuos, serán descritas estas probabilidades como acumuladas

por medio de las densidades de probabilidad. Para los casos necesarios se han hecho tablas de distribución de probabilidades.

A continuación se mencionan algunas de las distribuciones más comunes, así como algunas características de las mismas:

Distribuciones Discretas

<i>Distribución</i>	<i>Función</i>	<i>Valores</i>	<i>EX</i>	<i>Var X</i>	<i>M_x(t)</i>
Bernoulli	$p^x (1-p)^{1-x}$	$0 \leq p \leq 1$ $x=0,1$	p	$p(1-p)$	$(1-p)+pe^t$
Binomial	$\binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$	$0 \leq p \leq 1$ $x=0,1,2,\dots,n$	np	$np(1-p)$	$[pe^t+(1-p)]^n$
Uniforme Discreta	$\frac{1}{N}$	$N=1,2,\dots$ $X=1,2,\dots,N$	$\frac{N+1}{2}$	$\frac{(N+1)(N-1)}{12}$	$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N e^{tn}$
Geométrica	$p(1-p)^{x-1}$	$0 \leq p \leq 1$ $x=1,2,\dots$	$\frac{1}{p}$	$\frac{1-p}{p^2}$	$\frac{pe^t}{1-(1-p)e^t}$ $t < -\log(1-p)$
Hipergeométrica	$\frac{\binom{M}{x} \binom{N-M}{K-x}}{\binom{N}{K}}$	$N, M, K \geq 0$ $M - (N - K) \leq x \leq M$ $x=0,1,2,\dots,K$	$\frac{KM}{N}$	$\frac{KM(N-M)(N-K)}{N^2(N-1)}$	
Binomial Negativa	$\binom{r+x-1}{x} p^x (1-p)^r$	$0 \leq p \leq 1$ $x=1,2,\dots$	$\frac{r(1-p)}{p}$	$\frac{r(1-p)}{p^2}$	$\left(\frac{pe^t}{1-(1-p)e^t} \right)^r$ $t < -\log(1-p)$
Poisson	$\frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$	$0 \leq \lambda \leq \infty$	λ	λ	$e^{\lambda(e^t-1)}$

		$x=0,1,\dots$			
<i>Distribuciones Continuas</i>					
<i>Distribución</i>	<i>Función</i>	<i>Valores</i>	<i>E X</i>	<i>Var X</i>	<i>M_X(t)</i>
Beta	$\frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}$	$\alpha > 0, \beta > 0$ $0 \leq x \leq 1$	α $\alpha + \beta$	$\alpha\beta$ $(\alpha + \beta)^2 (\alpha + \beta + 1)$	$1 + \sum_{k=1}^{\infty} \left(\prod_{i=0}^{k-1} \frac{\alpha + i}{\alpha + \beta + i} \right) \frac{t^k}{k!}$
Cauchy	$\frac{1}{\pi\sigma} \frac{1}{1 + \left(\frac{x-\theta}{\sigma}\right)^2}$	$-\infty < \theta < \infty, \sigma > 0$ $-\infty < x < \infty$	No Existe	No Existe	No Existe
Chi Cuadrada	$\frac{1}{\Gamma(p/2) 2^{p/2}} x^{(p/2)-1} e^{-x/2}$	$p=1,2,\dots$ $0 \leq x \leq \infty$	p	$2p$	$\left(\frac{1}{1-2t} \right)^{p/2}$
Doble Exponencial	$\frac{1}{2\sigma} e^{-x-\mu/\sigma}$	$-\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$ $-\infty < x < \infty$	μ	$2\sigma^2$	$e^{-\mu t}$ $1 - (\sigma t)^2$
Exponencial	$\frac{1}{\beta} e^{-x/\beta}$	$\beta > 0$ $0 \leq x \leq \infty$	β	β^2	$\frac{1}{1-\beta t}, t < 1/\beta$
F - Fisher	$\frac{\Gamma\left(\frac{v_1+v_2}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{v_1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{v_2}{2}\right)} \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{v_1/2} \frac{x^{(v_1-2)/2}}{\left(1 + \left(\frac{v_1}{v_2}\right)x\right)^{(v_1+v_2)/2}}$	$v_1, v_2=1,2,\dots$ $0 \leq x \leq \infty$	v_2 $v_2 - 2$ $v_2 > 2$	$2 \left(\frac{v_2}{v_2-2}\right)^2 \frac{(v_1+v_2-2)}{v_1(v_2-4)}$ $v_2 > 4$	No Existe
Gamma	$\frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$	$\alpha, \beta > 0$ $0 \leq x \leq \infty$	$\alpha\beta$	$\alpha\beta^2$	$\left(\frac{1}{1-\beta t} \right)^\alpha$

$$t < 1/\beta$$

Distribuciones Continuas

Distribución	Función	Valores	$E X$	$Var X$	$M_x(t)$
Logística	$\frac{1}{\beta} \frac{e^{-(x-\mu)^2/\beta}}{x}$	$-\infty < \mu < \infty, \beta > 0$ $-\infty < x < \infty$	μ	$\frac{\pi^2 \beta^2}{3}$	$e^{\mu t} \frac{1}{\beta} \frac{1 - \beta t}{1 + \beta t}$ $ t < 1/\beta$
Lognormal	$\frac{1}{2\pi\sigma} \frac{e^{-(\log x - \mu)^2 / (2\sigma^2)}}{x}$	$-\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$ $-\infty < x < \infty$	$e^{\mu + (\sigma^2/2)}$	$e^{\lambda(\mu, \sigma^2)} - e^{2\mu + \sigma^2}$	No Existe
Normal	$\frac{1}{2\pi\sigma} \frac{e^{-(x-\mu)^2 / (2\sigma^2)}}{x}$	$-\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$ $-\infty < x < \infty$	μ	σ^2	$e^{\mu t + \sigma^2 t^2 / 2}$
Pareto	$\frac{\beta \alpha^\beta}{x^{\beta+1}}$	$\alpha, \beta > 0$ $0 \leq x \leq \infty$	$\frac{\beta \alpha}{\beta - 1}$ $\beta > 1$	$\frac{\beta \alpha^2}{(\beta - 1)^2 (\beta - 2)}$ $\beta > 2$	No Existe
Uniforme	$\frac{1}{b - a}$	$a \leq x \leq b$	$\frac{b + a}{2}$	$\frac{(b - a)^2}{12}$	$\frac{e^{bt} - e^{at}}{(b - a)t}$
Weibull	$\frac{\gamma}{\beta} x^{\gamma-1} e^{-x^\gamma/\beta}$	$\gamma, \beta > 0$ $0 \leq x \leq \infty$	$\beta^{1/\gamma} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)$	$\beta^{2/\gamma} \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\gamma}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right) \right]$	No Existe

4.3 Generación de Variables Aleatorias.

Los métodos de simulación se basan en la generación de variables aleatorias, generalmente independientes, las cuales son están relacionadas de acuerdo a una distribución f , la cual no es completamente conocida. Para la generación de números aleatorios con cualquier comportamiento se usa como base la generación de variables aleatorias con una distribución uniforme en el intervalo $[0,1]$, $U_{[0,1]}$. Esto se debe a que con esta distribución se da la representación probabilística básica de la aleatoriedad. Y mediante el lema de la “transformación de la integral de probabilidad” (*probability integral transform*) obtenemos una representación de cualquier distribución de una variable aleatoria como una transformación de una variable uniforme.

Existen algoritmos llamados “generadores de números pseudo-aleatorios uniformes” los cuales en base a un valor inicial u_0 y a una transformación D , produce una secuencia $(u_n)=(D^n(u_0))$ de valores en el intervalo $[0,1]$, tales que para todo n , los valores (u_1, \dots, u_n) reproducen el comportamiento de una muestra de variables aleatorias uniformes independientes idénticamente distribuidas. Existen pruebas para probar la eficacia de los generadores de números aleatorios. Algunos de estos son:

$$\text{Función "tent": } D(x) = \begin{cases} 2x & \text{si } x \leq 1/2 \\ 2(1-x) & \text{si } x > 1/2 \end{cases}$$

Algoritmo “Kiss” (Keep simple, stupid!) de Margasaglia y Zamman (1993): El algoritmo kiss utiliza dos técnicas de generación, llamadas: generación congruente y generación de registro de impulso;

La generación congruente en $\{0,1, \dots, M\}$ se define como:

$$D(x) = (ax+b)/(M+1) \bmod 1.$$

Generación de registro de impulso. dado T una matriz $(k \times k)$, con enteros 0 ó 1 y x_n es un vector de coordenadas binarias. entonces: $x_{n+1} = Tx_n$

Para obtener números aleatorios con distintas distribuciones, en base a números aleatorios U distribuidos uniformes $[0,1]$; las transformaciones que se tienen según la distribución son:

Exponencial (λ) : $-\log\left(\frac{U}{\lambda}\right)$

Normal (algoritmo Box-Muller): $\begin{cases} x_1 = -2 \log(u_1) \cos(2\pi u_2) \\ x_2 = -2 \log(u_1) \sin(2\pi u_2) \end{cases}$

donde x_1 y x_2 se consideran independientes y u_1 y u_2 son dos números aleatorios uniformes independientes.

Poisson (λ) : dado $N \sim P(\lambda)$ y $X_i \sim \text{exp}(\lambda)$, entonces:

$$P_\lambda(N=k) = P(X_1 + \dots + X_k \leq X_1 + \dots + X_{k-1})$$

Beta (α, β) : dado U y V iid $U_{[0,1]}$ y $U^{1/\alpha} + V^{1/\beta} \leq 1$

$$x = \frac{U^{1/\alpha}}{U^{1/\alpha} + V^{1/\beta}}$$

Gamma($\alpha, 1$) sea $w=yz$, donde $y \sim \beta(\alpha, 1-\alpha)$ y $x \sim \exp(1)$

$$x = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} w^{\alpha-1} e^{-w}$$

4.4 Cadenas de Markov.

Una cadena de Markov es una serie de eventos en la cual la probabilidad de que ocurra un evento depende del evento inmediato anterior, a esto se le dice que tiene memoria. para formular una cadena de Markov, el generador de Markov produce uno de n eventos posibles E_i , con $i=1,2,\dots,n$ a intervalos discretos de tiempo (que no tienen que ser iguales). Las probabilidades de ocurrencia de cada evento E_i depende del estado del generador, el cual se describe por el último evento generado E_j , de manera que el generador se encuentra en el estado M_j .

La probabilidad de que E_k sea el siguiente evento generado es una probabilidad condicional: $P(E_k|M_j)$. Esto se llama probabilidad de transición del estado M_j al estado E_k . Para describir completamente una cadena de Markov es necesario saber el estado actual y todas las probabilidades de transición. Un método para exhibir las probabilidades de transición es usar una matriz de transición, la cual tiene la siguiente forma:

Estado	0	1	...	M
0	$P_{00}^{(n)}$	$P_{01}^{(n)}$...	$P_{0M}^{(n)}$
1	$P_{10}^{(n)}$	$P_{11}^{(n)}$
...

M	$P_{MM}^{(n)}$	$P_{M1}^{(n)}$...	$P_{MM}^{(n)}$
---	----------------	----------------	-----	----------------

Un proceso estocástico se define como una colección de variables aleatorias $\{X_t\}$, relacionadas con el tiempo donde el subíndice t toma valores de un conjunto T , el cual se toma generalmente como el conjunto de enteros no negativos y representa una característica de interés medible en el tiempo t . por ejemplo: día, semana, quincena; los periodos en el tiempo pueden encontrarse a intervalos iguales o su espaciamento puede depender del comportamiento general del sistema en que se sumergido el proceso estocástico. El este análisis se utiliza en estudios del comportamiento de un sistema durante algún periodo.

Se dice que un proceso estocástico tiene la propiedad markoviana si:

$$P\{X_{t+1}=j | X_0=K_0, X_1=K_1, \dots, X_t=K_t, \dots, X_{t-1}=K_{t-1}, X_t=K_t\} = P\{X_{t+1}=j | X_t=K_t\}$$

Para toda $t=0,1,\dots$ y toda sucesión K_0, K_1, \dots, K_t .

Es decir la probabilidad de que suceda un evento en el tiempo $t+1$, dado los eventos anteriores, va a depender solamente de lo que haya sucedido en el tiempo j ; se dice que el proceso tiene la propiedad markoviana de k -esimo orden si $(t+1)-j=K$, en particular si $j=t$, se dice que se tiene la propiedad markoviana de primer orden.

Las probabilidades condicionales $P(X_{t+1}=j | X_t=i)$ se llaman probabilidades de transición (de un paso), si para cada i, j y para toda $t=0,1,2,\dots$

$$P\{X_{t+1}=j | X_t=i\} = P\{X_t=j | X_0=i\} = p_{ij}$$

Análogamente las probabilidades condicionales se llaman probabilidades de transición de n pasos, si para cada i, j y n ($n=1,2,\dots$) y para toda $t=0,1,2,\dots$

$$P\{X_{t+n}=j | X_t=i\} = P\{X_n=j | X_0=i\} = p_{ij}^{(n)}$$

Al ser probabilidades condicionales, las $p_{ij}^{(n)}$ satisfacen las propiedades:

- $p_{ij}^{(n)} \geq 0$, para toda i, j y $n=1, 2, \dots$
- $\sum_{l=0}^M P_{ij}^{(n)} = 1$, para toda i y $n=1, 2, \dots$

Las ecuaciones de Chapman-Kolmogorov proporcionan un método para calcular estas probabilidades de transición de n pasos.

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=0}^M P_{ik}^{(m)} P_{kj}^{(n-m)}, \text{ para toda } i, j, n \text{ y } 0 \leq m \leq n$$

Estas ecuaciones señalan que al ir de un estado i al estado j en n pasos, el proceso estará en algún estado k después de exactamente m pasos, esto es solo la probabilidad condicional de que si se comienza en el estado i , el proceso vaya al estado k después de m pasos y después al estado j en $n-m$ pasos.

Haciendo $m=1$ y $m=n-1$, es decir $n=2$, estas expresiones se vuelven:

$$P_{ij}^{(2)} = \sum_{k=0}^M P_{ik} P_{kj}, \text{ para toda } i, j$$

Donde $P_{ij}^{(2)}$ son los elementos de la matriz $P^{(2)}$, y se observa que estos elementos se obtienen multiplicando la matriz de transición de un paso por sí misma, de manera recursiva se puede obtener que la matriz de probabilidades de transición de n pasos se puede obtener de la expresión:

$$P^{(n)} = P P \dots P = P^n = P P^{n-1} = P^{n-1} P.$$

Es decir calculando la n-ésima potencia de la matriz de transición de un paso.

4.5 Simulación Monte Carlo.

Para estudiar un sistema sin tener que efectuar experimentación sobre el sistema real, se puede realizar mediante una simulación, o bien, un modelo analítico que puede ser conformado por un conjunto de ecuaciones (generalmente diferenciales) que representan al sistema para luego resolverlo para diferentes situaciones, o planteando un modelo de optimización que pretende proporcionar la mejor estrategia que el sistema debe adoptar para funcionar mejor de acuerdo con alguna medida de rendimiento.

La construcción de un modelo analítico tiene con frecuencia serios inconvenientes como son: La dificultad de encontrar el modelo de ecuaciones que representen al sistema real y la dificultad para resolver el modelo, sin embargo existen cierto tipo de problemas para los cuales se conoce la forma de obtención de él así como la manera de construir un algoritmo eficiente para resolverlo.

La simulación se puede definir como una imitación de la operación de un proceso del mundo real sobre determinado tiempo, un modelo tiene como propósito estudiar un sistema durante un determinado tiempo, tomando su forma a partir de un conjunto de postulados (relaciones entre entidades u objetos de interés del sistema en forma de expresiones matemáticas) sobre la operación del sistema real, siendo posible que se tenga más de un modelo de simulación. El propósito de estudiar los sistemas reales es comprender la interacción de los procesos que intervienen en él, así como hacer experimentación sobre los mismos.

Los postulados en expresiones matemáticas y el cálculo de los valores de las variables de interés, pueden ser remplazados por funciones de distribución de probabilidad. lo cual se utiliza generalmente en algunos modelos analíticos, en los modelos de Markov y los modelos de simulación de eventos discretos (simulación tipo Monte Carlo), estos últimos utilizan estas funciones con el propósito de realizar una experimentación cuyos resultados llevarán, después de un número conveniente de ensayos a lo que se obtendría en el sistema real. El desarrollo en las computadoras han marcado un crecimiento importante al campo de la simulación ya que aumenta la capacidad para la generación de números aleatorios y reduce el tiempo al realizar corridas, así como disminuye el costo de estos procesos.

La simulación es conveniente cuando.

- Se requieren analizar diferentes cambios en la información y su efecto.
- Se desea experimentar con diferentes diseños o políticas.
- Se desea verificar soluciones analíticas.
- Un modelo analítico es imposible o difícil de construir
- Se desea estudiar un sistema real y resulta peligroso o costoso hacerlo en el propio sistema real.
- Se desea crear un instrumento pedagógico para reforzar metodologías analíticas.
- Determinar cuales son las variables más importantes del modelo de un sistema, construyendo un modelo refinado del sistema real

Y tiene como ventajas:

- Una vez construido el modelo puede ser modificado de manera rápida con el fin de analizar diferente políticas o escenarios.
- Generalmente es más barato mejorar el sistema vía simulación, que hacerlo directamente en el sistema real.
- Es mucho más sencillo comprender y visualizar los métodos de simulación que los métodos puramente analíticos.

- Los métodos analíticos se desarrollan casi siempre, para sistemas relativamente sencillos o simplificaciones, mientras que con los modelos de simulación es posible analizar sistemas de mayor complejidad o con mayor detalle.
- En algunos casos, la simulación es el único medio para lograr una solución.

Desventajas:

- Los modelos de simulación en una computadora son costosos y requieren mucho tiempo para desarrollarse y validarse.
- Se requieren gran cantidad de corridas computacionales para encontrar "soluciones óptimas"; esto repercute en altos costos.
- Es difícil de comprobar que los resultados de modelos de simulación son adecuados, por lo cual es difícil que sean aceptados.
- Los modelos de simulación no dan soluciones óptimas.
- La solución de un modelo de simulación puede dar al analista un falso sentido de seguridad.

Bajo el nombre genérico de Métodos Monte Carlo, se agrupan un conjunto de técnicas matemáticas que tienen en común la utilización de números generados aleatoriamente para el cálculo de magnitudes. Estas pueden corresponder tanto a fenómenos gobernados al azar como a fenómenos deterministas que permiten una reformulación en términos estadísticos como lo son el cálculo de integrales o la resolución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. En esencia los métodos Monte Carlo, consiste en inventar juegos de azar cuyo comportamiento y resultado puede ser utilizado para estudiar sistemas y fenómenos reales.

La primera referencia documentada sobre la utilización de mecanismos generadores del azar para la obtención de resultados matemáticos data del siglo XVIII, donde se realizó un experimento consistente en lanzar una aguja de longitud L sobre un plano pautado con líneas rectas paralelas a distancia $d > L$ y ver el número de veces que la aguja caía en una posición tal que interceptaba una de las rectas. Laplace sugirió varios años después que

dicho experimento podía ser utilizado para el cálculo de la constante p . Otro ejemplo es el del matemático W.S Gosset (Student) que en 1908 utilizó la generación de números aleatorios para estudiar la distribución del coeficiente de correlación. Lord Kelvin y Enrico Fermi, en la década de los treinta, hicieron cálculos utilizando métodos que hoy catalogamos como Métodos Monte Carlo.

El nombre de Monte Carlo se debe a Ulam y Von Neumann que lo utilizaron como palabra clave para su trabajo secreto sobre la difusión de neutrones, que realizaron en los Álamos dentro del Proyecto Manhattan para la fabricación de la primera bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial. El nombre venía inspirado por los juegos de azar de los casinos del principado europeo de Monte Carlo.

Los elementos que caracterizan a un sistema de simulación Monte Carlo son.

- Declaración clara de los elementos que componen el sistema que va a ser simulado
- Las funciones de distribución de probabilidad de las variables que involucra el cálculo, deben estar perfectamente identificadas y explícitamente definidas.
- Se deben establecer los métodos para muestrear todas estas funciones de distribución.
- Se debe ser capaz de interpretar la información obtenida por la simulación.

Fuentes de Información del Capítulo IV.

- George Casella, Roger L. Berger.
Statistical Inference
Duxbury Press
USA, 1990.
- L. M. García Raffi, E. A. Sánchez Pérez, F. Martínez Giménez.
Dos ejemplos de introducción de los modelos de simulación Monte Carlo en los primeros cursos de las carreras técnicas
Lecturas Matemáticas (Volumen 20, 1999), Sociedad Colombiana de Matemáticas
<http://matematicas.unal.edu.co/revistas/lecturas/volumen20-1/99200103.html>
- Instituto Tecnológico de la Paz.
Formulaciones de las Cadenas de Markov
Tutorial de Investigación de Operaciones II
<http://www.itp.edu.mx/publica/tutoriales/investoper2/tema43.htm>
- Samuel Kotz, Norman L. Johnson.
Encyclopedia of Statistical Sciences
Volume 8
John Wiley & Sons
USA, 1988.
- William H. Kruskal, Judith M. Tanur.
International Encyclopedia of Statistics
Volume 1
The Free Press, Macmillan Publishing Co., Inc.

USA, 1978.

- William Mendenhall, Richard L. Scheaffer, Denis D. Wackerly.
Estadística Matemática con Aplicaciones
Grupo Editorial Iberoamérica
México, 1993.
- Christian P. Robert, George Casella.
Monte Carlo Statistical Methods
Springers Texts in Statistics
Springer-Verlag NewYork, Inc.
USA, 1999.
- Murria R. Spiegel.
Estadística
McGraw Hill
Segunda Edición, México 1991.
- William J. Stevenson.
Estadística Para la Administración y Economía
Harla, S.A. de C.V. (Harper & Row Latinoamericana)
México, 1981.
- M. Vinogradov.
Enciclopedia de las Matemáticas
Tomo 4 (Ecuaciones-Extremo)
Editorial Mir
España 1994.

CÁPITULO V: CARTERA O PORTAFOLIO DE INVERSIÓN

Dentro de los métodos de la administración de riesgo, se puede reducir el riesgo, mediante: a) la evitar el riesgo, b) la prevenir y controlar las pérdidas, c) retener del riesgo, y d) la transferencia del riesgo. Dentro de la transferencia de alguno o todos los riesgos el sistema financiero desempeña una función trascendental, existiendo tres métodos para transferirlo a los que también se les conoce como dimensiones de la transferencia del riesgo, los cuales son:

- *Protección contra un riesgo:* Se realiza una acción tendiente a reducir la exposición a una pérdida, obligando también a renunciar a la posibilidad de ganancia.
- *Aseguramiento:* Se paga una prima (el precio del seguro) para evitar pérdidas, al adquirir un seguro, se sustituye con una pérdida segura (prima) la posibilidad de una pérdida mayor en caso de no comprarla. En este caso no se renuncia a la posibilidad de una ganancia.
- *Diversificación.* Se mantienen cantidades similares de muchos activos riesgosos en vez de concentrar toda la inversión en uno solo; de esta manera se reduce la exposición al riesgo de un activo individual.

La cartera o portafolio de inversión es un instrumento para diversificar el riesgo, la cartera va a contener todos los activos y pasivos de un individuo o institución. Para administrar la cartera, se examina el balance cuantitativo entre riesgo y el rendimiento esperado, con el objetivo de encontrar una cartera donde se ofrezca una tasa esperada a un grado de riesgo que se está dispuesto a tolerar. La cartera se compone de muchos activos riesgosos y algunas veces de activos no riesgosos seleccionados de manera óptima.

Actualmente los rendimientos se pueden relacionar con una distribución de probabilidad, donde el rendimiento esperado se identifica con la media de la distribución y su riesgo o volatilidad se identifican comúnmente mediante la desviación estándar. Se debe tomar en cuenta que al combinar los activos riesgosos para crear una cartera, se va a tener una correlación entre los activos ya sea negativa o positiva, debido a que cuentan con factores económicos comunes, que afectan su rendimiento.

La teoría de selección de carteras y la consiguiente teoría de equilibrio en el mercado de capitales nacieron en 1952 con un celebrado trabajo de H. Markowitz al que se le prestó escasa atención hasta que el mismo autor publicó en 1959 con mayor detalle su formulación inicial. A raíz de un famoso trabajo publicado en 1958 por James Tobin, se vuelve a plantear el problema de la composición óptima de una cartera de valores, si bien con una orientación y alcance totalmente nuevos. Fueron sin embargo W.F. Sharpe y J. Lintner quienes completaron el estudio despertando un enorme interés en los círculos académicos y profesionales.

5.1 Modelo de Markowitz.

El modelo de Markowitz o de Media-Varianza es un modelo matemático que cuantifica el rendimiento y el riesgo de una cartera de valores, intentando cuantificar la interrelación entre el comportamiento de sus componentes, para determinar en una situación específica como construir una cartera lo suficientemente diversificada como para que el riesgo total sea menor que la suma ponderada de sus componentes. El modelo de Markowitz parte de las siguientes hipótesis:

- La rentabilidad de cualquier título o cartera, es una variable aleatoria de carácter subjetivo, cuya distribución de probabilidad para el periodo de referencia es

conocido por el inversionista. El valor medio o esperanza matemática de dicha variable aleatoria se acepta como medida de la rentabilidad de la inversión.

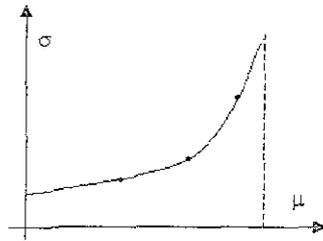
- Se acepta como medida de riesgo la dispersión, medida por la varianza o la desviación estándar, de la variable aleatoria que describe la rentabilidad, ya sea de un valor individual o de la cartera.
- La conducta del inversionista le lleva a preferir aquellas carteras con una mayor rentabilidad y menor riesgo. En la primera etapa se determina el conjunto de Carteras Eficientes cuando proporcionan la máxima ganancia para un riesgo (medido por la varianza) dado, o bien, proporciona el mínimo riesgo para un valor dado de ganancia (Esperanza matemática).

Para analizar el modelo de Markowitz, primero se identifica la variable de decisión, que va a ser la proporción del presupuesto que se debe invertir en cada activo de la cartera y se define por X_i , donde $i = 1, 2, \dots, n$ y n es el número total de activos en la cartera y Y_i la variable aleatoria que define el rendimiento del activo i . Dada X_i y Y_i , se tienen las siguientes características:

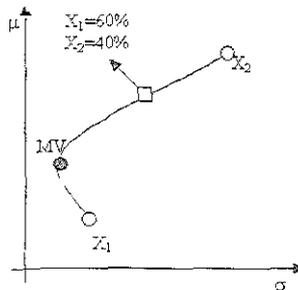
- $\sum_{i=1}^n x_i = 1$; $X_i > 0$ para $i = 1, 2, \dots, n$
- Rendimiento esperado del instrumento: $\mu_i = E(y_i)$.
- Varianza del rendimiento de un instrumento: $\sigma_i^2 = \sigma_{ii} = \text{Var}(y_i)$.
- Covarianza entre los rendimientos de una pareja de instrumentos: $\sigma_{ij} = \text{Cov}(y_i, y_j)$.
- Rendimiento de la cartera: $y = \sum_{i=1}^n x_i y_i$
- Rendimiento esperado de la cartera: $\mu = \sum_{i=1}^n x_i \mu_i$
- Varianza del rendimiento de la cartera: $\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}$

Donde los valores de las Esperanzas y de las varianzas y covarianzas son conocidos o al menos estimables.

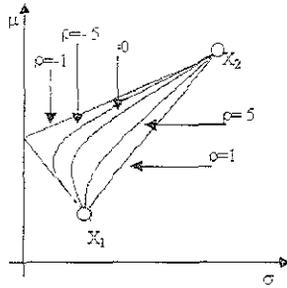
Se tiene como objetivo, encontrar para todos los posibles valores de μ , valores de X_i , para toda $i=1,2,\dots,n$, tales que minimicen la varianza (σ) Al resolver esto, se obtiene la frontera de carteras eficientes con la cual el inversionista decide la conformación de la cartera tomando en cuenta, el rendimiento esperado y el riesgo al que esta expuesto, la frontera de carteras eficientes tiene la siguiente forma:



Primero se analiza como se obtiene el conjunto eficiente para dos activos, en este caso se obtiene una gráfica de rentabilidad esperada contra la desviación estándar, donde en cada extremo de la línea graficada se encuentran los resultados obtenidos en caso de que sólo se utilice uno de los dos activos de la cartera, y en el recorrido de la curva los valores obtenidos de las distintas combinaciones posibles, la gráfica tiene la siguiente forma:



El punto MV, corresponde a la combinación de los activos que dan la mínima varianza. la forma de la grafica va a depender de la correlación que exista entre los activos, pudiendo tener las siguientes formas:



Se puede apreciar que para disminuir la varianza o riesgo en el rendimiento de la cartera, va a convenir que la correlación entre los dos activos sea lo mas negativa posible, teniéndose como valor óptimo menos uno (-1).

Analíticamente para encontrar el punto donde se obtiene la mínima varianza, se parte del hecho de que $X_2=1-X_1$, $\sigma_{12}=\sigma_{21}$, de la formula de la varianza de la cartera, se tiene:

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 x_i x_j \sigma_{ij} = x_1^2 \sigma_{11} + x_2^2 \sigma_{22} + 2x_1 x_2 \sigma_{12} \\ &= x_1^2 \sigma_{11} + (1-x_1)^2 \sigma_{22} + 2x_1(1-x_1)\sigma_{12} \\ &= x_1^2 \sigma_{11} + \sigma_{12} - 2x_1 \sigma_{12} + x_1^2 \sigma_{22} + 2x_1 \sigma_{12} - 2x_1^2 \sigma_{12} \\ &= x_1^2 (\sigma_{11} - 2\sigma_{12} + \sigma_{22}) + 2x_1 (\sigma_{12} - \sigma_{22}) + \sigma_{22} \end{aligned}$$

Derivando con respecto a X_1 para encontrar la mínima varianza se obtiene:

$$\frac{\partial \sigma^2}{\partial x_1} = 2x_1 (\sigma_{11} - 2\sigma_{12} + \sigma_{22}) + 2(\sigma_{12} - \sigma_{22})$$

Se iguala a cero para obtener el mínimo:

$$x_1 = \frac{\sigma_{12} - \sigma_{22}}{\sigma_{11} - 2\sigma_{12} + \sigma_{22}}$$

y con segunda derivada con respecto a X_1 para comprobar que es mínimo.

$$\frac{\partial^2 \sigma^2}{\partial x_1^2} = 2(\sigma_{11} - 2\sigma_{12} + \sigma_{22}) \text{ y dado } \sigma_{11} > \sigma_{12} \text{ y } \sigma_{11} > \sigma_{22}, \text{ entonces,}$$

$$\frac{\partial^2 \sigma^2}{\partial x_1^2} > 0, \text{ lo cual nos indica que es un mínimo.}$$

Como la desviación estándar siempre es mayor a cero ($\sigma > 0$), la varianza va a conservar el orden con respecto a la desviación estándar, de esta manera el mínimo para σ^2 coincide con el mínimo σ :

Por lo tanto se tiene el portafolio con mínima varianza con dos instrumentos cuando:

$$x_1 = \frac{\sigma_{12} - \sigma_{22}}{\sigma_{11} - 2\sigma_{12} + \sigma_{22}} \text{ y } x_2 = 1 - x_1.$$

Y dados estos valores, se obtiene el rendimiento esperado.

En caso de que se quiera obtener un rendimiento esperado determinado μ , tal que:

$$\min\{\mu_1, \mu_2\} \leq \mu \leq \max\{\mu_1, \mu_2\}$$

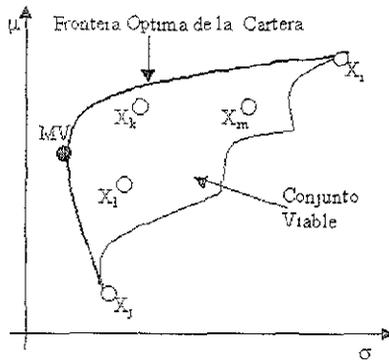
Despejando de la ecuación para obtener el rendimiento esperado de la cartera, se tiene:

$$\mu = X_1\mu_1 + X_2\mu_2 = X_1\mu_1 + (1 - X_1)\mu_2 = X_1(\mu_1 - \mu_2) + \mu_2$$

$$\Rightarrow X_1 = \frac{\mu - \mu_2}{\mu_1 - \mu_2} \text{ y } X_2 = (1 - X_1)$$

Dados estos valores, se obtiene la varianza del rendimiento de la cartera.

En el caso de conformar la cartera con más de dos activos, el análisis es similar y va a depender de lo que espere el inversionista, ya sea obtener el mínimo riesgo posible en la cartera, o minimizar el riesgo dado un valor esperado del rendimiento de la cartera. En este caso el conjunto viable de la cartera va a tener una forma similar en donde en lugar de contar con una línea con los valores posibles del portafolio va a existir una área o zona restringida, en la que van a estar los valores obtenidos del rendimiento de la cartera, y de la desviación estándar de todas las combinaciones posibles de sus activos, dicha gráfica tiene la siguiente forma:



La forma del conjunto viable, va a estar sujeta a la correlación existente entre cada uno de los activos. Se puede observar que gráficamente es difícil obtener la combinación que hace óptima la cartera, analíticamente para seleccionar la cartera óptima, primero se debe establecer cual es el objetivo de la cartera, que puede ser: obtener la cartera con mínima varianza u obtener la cartera con un rendimiento esperado determinado y mínima varianza.

Para obtener la cartera con mínima varianza, se desea minimizar:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij} \text{, sujeto a: } \sum_{i=1}^n x_i = 1 \text{,}$$

dicho sistema se resuelve por medio de multiplicadores de Lagrange, de la siguiente manera:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}$$

$$g(x) = \sum_{i=1}^n x_i - 1$$

Derivando con respecto a X_i e igualando a 0, se tiene para todo $i, i = 1, 2, \dots, n$.

$$2x_i \sigma_{ii} + 2 \sum_{j=1, j \neq i}^n x_j \sigma_{ij} - \lambda = 2 \sum_{j=1}^n x_j \sigma_{ij} - \lambda = [\sigma_{i1} \quad \sigma_{i2} \quad \dots \quad \sigma_{in}] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} - \lambda = 0,$$

donde, $[\sigma_{i1} \quad \sigma_{i2} \quad \dots \quad \sigma_{in}]$ es el i -ésimo renglón de la matriz de varianza-covarianza

Derivando con respecto a λ e igualando a 0,

$$\sum_{i=1}^n x_i - 1 = [1 \quad 1 \quad \dots \quad 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} - 1 = 0$$

Expresado la anterior en álgebra de matrices donde: X es el vector de X_i 's, Σ la matriz de varianzas-covarianzas, y 1 el vector de dimensión n con uno en cada entrada, se tiene

$$\begin{bmatrix} 2\Sigma X - \lambda 1 \\ 1' X - 1 \end{bmatrix} = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} 2\Sigma X - \lambda 1 \\ 1' X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} 2\Sigma & 1 \\ 1' & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ -\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones, se encuentran los valores x_i , con $i=1,2,\dots,n$, tales que hacen que la cartera tenga mínima varianza. Cabe aclarar que dicho sistema puede tener una solución única, un número infinito de soluciones que den la mínima desviación estándar con el mismo rendimiento esperado, o bien no tener solución, esto va a depender del rango de la matriz cuyo sistema se quiere resolver.

En el caso de que se fije un rendimiento esperado para la cartera, la manera de resolver el sistema es similar, sólo que en este caso se tiene una condición extra, la cual es:

$$h(x) = \sum_{i=1}^n x_i \mu_i - \mu$$

Donde μ es el rendimiento esperado de la cartera, y se define $\underline{\mu}$ como el vector de valores μ_i , y $\min\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n\} \leq \mu \leq \max\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n\}$; de esta manera se obtiene el sistema de ecuaciones:

$$\begin{bmatrix} 2\Sigma X - \lambda_1 1 - \lambda_2 \mu \\ 1' X - 1 \\ \mu' X - \mu \end{bmatrix} = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} 2\Sigma X - \lambda_1 1 - \lambda_2 \mu \\ 1' X \\ \mu' X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ \mu \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 2\Sigma & I & \mu \\ I' & 0 & 0 \\ \mu' & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ -\lambda_1 \\ -\lambda_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ \mu \end{bmatrix}$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones, se obtiene la cartera de mínima varianza con rendimiento esperado μ . Dentro de la cartera, se pueden incluir instrumentos sin riesgo, aclarando que si se incluye un activo sin riesgo, se deberá fijar el rendimiento esperado, ya que en caso de no fijarse, la cartera óptima contendrá sólo el activo sin riesgo.

Una manera de estimar la media y la varianza de los rendimientos suponiendo normalidad y basados en una muestra de datos históricos de tamaño m es:

Para la media:

$$Y = \frac{1}{m} Y' I$$

Para la varianza:

$$S = \frac{1}{m-1} (Y' Y - m Y Y')$$

Un ejemplo de cómo calcular un portafolio por medio del modelo de Markowitz. Suponemos que se planea hacer un portafolio con 3 instrumentos y se tienen los siguientes datos históricos.

$$Y' = \begin{bmatrix} .12 & .15 & .07 & .10 & .10 & .19 & .20 & .05 & .10 & .03 \\ .13 & .10 & .15 & .09 & .08 & .11 & .21 & .09 & .09 & .15 \\ .20 & .22 & .25 & .15 & .10 & .18 & .12 & .25 & .25 & .30 \end{bmatrix}$$

Donde cada renglón representa los datos del rendimiento de un activo específico.

Se estiman la media y la varianza, obteniendo

$$Y = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 12 & 15.07.10 & 10.19 & 20 & 05.10 & 03 \\ 13.10.15.09.08.11.21.09.09.15 \\ 20.22.25.15.10.18.12.25.25.30 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1.11 \\ 1.20 \\ 1.19 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .111 \\ .120 \\ .190 \end{bmatrix}$$

$$S = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} .12.15 \dots .10.03 \\ .13.10 \dots .09.15 \\ 20.22 \dots .25 \ 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} .12.13.20 \\ .15.10.22 \\ \vdots \\ .03.15.30 \end{bmatrix} - 10 \begin{bmatrix} .111 \\ .120 \\ .190 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} .111 & .120 & .190 \end{bmatrix} \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow S = \begin{bmatrix} .0031211111 & 0006444444 & -.0010222222 \\ .0006444444 & .0016444444 & .0010555555 \\ -.0010222222 & .0010555555 & .0068555555 \end{bmatrix}$$

Con estas estimaciones, se calcula la estructura del portafolio que nos de la mínima varianza. entonces se debe resolver el siguiente sistema:

$$\begin{bmatrix} .006242222 & .001288888 & -.00204444 & 1 \\ 001288888 & .003288888 & .002111111 & 1 \\ -.002044444 & .002111111 & .013711111 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ -\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ -\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .006242222 & .001288888 & -.00204444 & 1 \\ .001288888 & .003288888 & .002111111 & 1 \\ -.002044444 & .002111111 & .013711111 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ -\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151.7519 & .177.351 & 25.5998 & .3336549 \\ -177.351 & 285.5312 & -108.1793 & .51788503 \\ 25.5998 & -108.1793 & 82.57946 & .14846005 \\ .3336549 & .51788503 & .14846005 & -.0024467 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ -\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .335649 \\ .517885 \\ .148460 \\ -.002446 \end{bmatrix}$$

Donde x_i es la proporción de capital que se debe invertir en el activo i , de tal manera que si se invierten estas proporciones se obtiene el portafolio de mínima varianza y un rendimiento esperado de:

$$\mu = \sum_{i=1}^3 x_i y_i = .335649(.111) + .517885(.12) + .14846(.19)$$

$$\mu = .12761$$

Fuentes de Información del Capítulo V.

- Alfredo Bachiller
Modelo de Markowitz y Sharpe
Universidad de Zaragoza. España
<http://www.ciberconta.unizar.es/leccion/fin004/110.HTM>
- Zvi Bodie, Robert C. Merton.
Finanzas
Prentice Hall
México.1999.
- Philippe Jorion.
Valor en Riesgo
Editorial Limusa S.A. de C.V.
México, 1999.
- Laura Verónica León Andrade.
Tesis: El Modelo de Portafolio Aplicado a la Bolsa Mexicana de Valores.
Facultad de Ciencias. UNAM.
México, 2001
- Carlos Sánchez Cerón.
Valor en Riesgo y otras Aproximaciones.
Valuación . Análisis y Riesgo S.C.
México, 2001

- Dennis G. Zill.
Cálculo con Geometría Analítica
Grupo Editorial Iberoamérica
México, 1990.

CAPÍTULO VI: VALOR EN RIESGO (VAR).

El Valor en Riesgo conocido como VAR por sus siglas en inglés (Value at Risk), es un método para cuantificar el riesgo financiero utilizando técnicas estadísticas estándar, con el propósito de medir la peor pérdida esperada a lo largo de un horizonte de tiempo determinado bajo condiciones normales del mercado ante un nivel de confianza dado, resumiendo la pérdida máxima esperada (o peor pérdida) sobre un horizonte de tiempo objetivo dentro de un intervalo de confianza. Es necesario primero fijar el horizonte de tiempo y el nivel de confianza.

La selección del nivel de confianza va a depender del grado de resistencia al riesgo de la empresa o persona y del costo de una pérdida por exceder el VAR, de esta manera una mayor resistencia al riesgo o un costo más grande, implica que las posibles pérdidas deberán ser cubiertas con un monto mayor de capital, lo que lleva a un mayor nivel de confianza.

Para cuantificar el VAR de un portafolio, se define W_0 como la inversión inicial, t como el horizonte de tiempo, r como su tasa de rendimiento y W el valor del portafolio al final del horizonte: de tal manera que se tiene la siguiente relación:

$$W = W_0 e^{rt}$$

Donde el rendimiento de r se relacionará con una distribución de probabilidad $f(r)$, con media μ y desviación estándar σ . generalmente la distribución normal, en ese caso W tendrá una distribución lognormal $f(w)$.

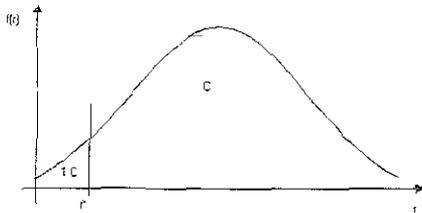
El rendimiento en todo el periodo de tiempo se define como $R = t \cdot r$, suponiendo que la distribución de r no varía con respecto al tiempo y que las variaciones entre el

rendimiento de uno a otro día son independientes entre si, entonces R va a tener una distribución normal con parámetros: media $\mu_R = \mu$ y desviación estándar $\sigma_R = \sigma \cdot t$.

Para encontrar el VAR, se debe identificar el valor mínimo para el rendimiento r^* o el valor del portafolio W^* , de tal manera que dado el nivel de confianza c, cumpla:

$$c = \int_{r^*}^{\infty} f(r) dr$$

Esto es, que la probabilidad de tener un rendimiento menor a r^* es $(1 - c)$. Suponiendo que la distribución del rendimiento es normal, Se observa que el valor r^* tendrá gráficamente la siguiente característica con relación al área bajo la curva normal:



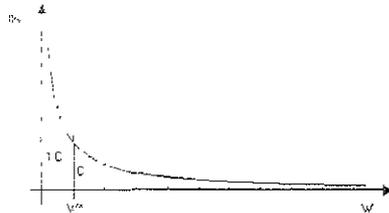
Dado r^* se cumple:

$$W^* = W_0 e^{r^* t}$$

y

$$c = \int_{W^*}^{\infty} f(w) dw$$

Y para el caso del valor del portafolio W^* , al distribuirse lognormal, se observa como:



El VAR se puede definir de dos maneras, como la pérdida relativa a la media o como la pérdida absoluta relacionada a cero (valor esperado del rendimiento igual a cero), de esta manera:

$$\text{Valor en riesgo (media)} = E(W) - W^* = W_0 e^{(\mu + \sigma^2/2)} - W_0 e^{r^*}$$

$$\text{Valor en riesgo (cero)} = W_0 - W^* = W_0 - W_0 e^{r^*}$$

Para encontrar el valor r^* , se parte de la idea de que r tiene una distribución normal con media μ y varianza σ^2 , y se normaliza haciendo:

$$z = \frac{r - \mu}{\sigma}$$

Entonces z tiene una distribución normal estándar, y se tiene que:

$$c = p(r \geq r^*) = p(z\sigma + \mu \geq r^*) = p\left(z \geq \frac{r^* - \mu}{\sigma}\right)$$

sea Z_{1-c} , tal que.

$$\begin{aligned}
 P(z \leq Z_{1-c}) &= 1 - c \Rightarrow P(z \geq Z_{1-c}) = c \\
 \Rightarrow Z_{1-c} &= \frac{r^* - \mu}{\sigma} \\
 \Rightarrow r^* &= Z_{1-c} \sigma + \mu
 \end{aligned}$$

Algunos de los valores más comunes de Z_{1-c} , dependiendo del nivel de confianza que se desea, son:

Nivel de Confianza (c)	Z_{1-c}
.999	-3.09
.99	-2.325
.9772	-2
.975	-1.95
.95	-1.645
.9	1.285

Una vez obtenido el valor de r^* se obtiene el correspondiente valor W^* para calcular el Valor en Riesgo del portafolio

Las estimaciones del modelo para el VAR deben ser verificadas, para esto existen distintos métodos para validar el modelo, como lo son:

- *Coefficiente de Fallas*: Consiste obtener la proporción de ocasiones en que el VAR es excedido con base a una muestra en un determinado número de días; dado el tamaño de la muestra y un determinado nivel de confianza, se obtienen

intervalos de confianza sobre las veces que se excedió el VAR, pudiendo determinar si el modelo sobreestima o subestima sistemáticamente el riesgo .

Kupiec (1995) desarrolla intervalos de confianza para la prueba de coeficientes de fallas, definiendo los puntos del intervalo. como las colas de la proporción log-probabilística la cual está distribuida como una ji-cuadrada con un grado de libertad.

- *Errores de Medición* Se dan debido a que la medición del VAR reportado es sólo una estimación del valor verdadero y es afectada por la variabilidad muestral, esto se debe a que el tamaño de muestra es limitado ya que algunos mercados son relativamente recientes o por que los cambios estructurales restan significado al modelo si se consideran series muy largas en el tiempo.
- *Error de estimación de medias y varianzas:* Debido a que no se conoce exactamente el valor de la media y la varianza, se da a la media estimada una distribución normal y a la varianza una distribución ji-cuadrada. para obtener valores que generen cierta confianza en la utilización del VAR.
- *Error de estimación de cuantiles muestrales:* Ocurren cuando se dan distribuciones arbitrarias y se utiliza el c-ésimo percentil de la distribución histórica.

6.1 Modelos de Portafolio

El modelo de portafolio o de varianza-covarianza parte de la teoría de portafolio de Markowitz, donde un portafolio puede caracterizarse por posiciones sobre un cierto número

de factores de riesgo. Una vez que se determina la descomposición, el rendimiento del portafolio es una combinación lineal de los rendimientos de los activos subyacentes r_i , donde las ponderaciones x_i se determinan por los montos relativos invertidos al inicio del periodo. Por lo tanto el VAR de un portafolio puede construirse a partir de una combinación lineal de los riesgos de los valores subyacentes. Suponemos que cada uno de los rendimientos de cada instrumento tienen una distribución normal con media μ_i y desviación estándar σ_i , de esta manera sea: \mathbf{r} el vector con los rendimientos de los activos, \mathbf{X} el vector de x_i 's, $\underline{\mu}$ el vector de las medias de los rendimientos y Σ la matriz de varianza-covarianza relacionada a los rendimientos; definimos:

- Rendimiento del portafolio: $r_p = \mathbf{X}'\mathbf{r}$.
- Esperanza del rendimiento del portafolio: $\mu_p = \mathbf{X}'\underline{\mu}$.
- Varianza del rendimiento del portafolio: $\sigma_p^2 = \mathbf{X}'\Sigma\mathbf{X}$.
- Desviación estándar del rendimiento: $\sigma_p = \sigma_p^2$

Donde el rendimiento del portafolio tendrá una distribución normal con media μ_p y desviación estándar σ_p , dadas estas características del rendimiento del portafolio se puede obtener el VAR como se menciona anteriormente.

Un aspecto importante al calcular el VAR es entender cuáles activos o combinación de los mismos, contribuyen más al riesgo. Para esto la sensibilidad del cambio relativo en la volatilidad del portafolio a un cambio en la ponderación es:

$$\beta_i = \frac{Cov(r_p, r_i)}{\sigma_p^2} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j \sigma_{ij}}{\sigma_p^2}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{\Sigma\mathbf{X}}{\mathbf{X}'\Sigma\mathbf{X}}$$

$$\Rightarrow \mathbf{X}'\beta = \sum_{i=1}^n x_i \beta_i = \frac{\mathbf{X}'\Sigma\mathbf{X}}{\mathbf{X}'\Sigma\mathbf{X}} = 1$$

Dado lo anterior se puede descomponer el VAR total en medidas incrementales (VAR_i) tomando en cuenta:

$$VAR_i = VAR(x, \beta_i)$$
$$\Rightarrow \sum_{i=1}^n VAR_i = \sum_{i=1}^n VAR(x, \beta_i) = VAR\left(\sum_{i=1}^n x, \beta_i\right) = VAR$$

Las principales desventajas del modelo de portafolio son:

- Las distribuciones de los rendimientos de los activos financieros muestran características leptocurtóticas (colas más anchas que la normal).
- Si un portafolio mantiene consistentemente posiciones cortas o largas, la distribución será sesgada a la izquierda o a la derecha respectivamente.
- El modelo realiza estimaciones considerando los cambios en los factores de riesgo alrededor de los niveles vigentes de las posiciones financieras, lo cual no toma en cuenta eventos extremos
- El modelo supone que las relaciones entre los cambios en los factores de riesgo y los cambios en el valor del portafolio son lineales, mientras que en instrumentos con convexidad o no lineales la estimación del VAR puede ser muy ineficiente.
- La estimación de la matriz de varianza-covarianza puede volverse difícil al tener que calcular $N*(N+1)/2$ diferentes varianzas y covarianzas, pudiendo medirse algunas covarianzas con error causando errores en la medición del VAR o haciendo que ésta matriz no sea definida positiva

Las ventajas con las que se cuenta al usar este modelo son:

- El modelo de portafolio permite a los usuarios entender y evaluar las medidas de riesgo

- La normalidad y la independencia serial permiten una aproximación parsimoniosa del uso de los datos, ya que con solo la media y la desviación estándar se puede construir la distribución de probabilidad de los cambios en el valor del portafolio
- Se puede realizar un análisis de sensibilidad al suponer diferentes valores de la matriz de varianza-covarianza.
- La estimación sistemática del VAR permite realizar un análisis del riesgo-rendimiento y realizar una asignación del capital bajo indicadores de rendimiento ajustado por riesgo.
- Al igual que en los modelos de simulación, los riesgos de diferentes mercados se pueden agregar.

Las desventajas del modelo de portafolio se pueden evitar, considerando modelos que eviten caer en estos errores, esto mediante portafolios no muy numerosos, evitar instrumentos no lineales dentro del portafolio, variar las posiciones del portafolio entre otras medidas; mientras que las ventajas que tiene este modelo se reflejan principalmente en que diversifica el riesgo y permite identificar la medida de riesgo de cada activo.

6.2 Enfoques para la Medición del VAR.

Los enfoques del VAR pueden clasificarse básicamente en dos grupos: La valuación local en la que se encuentran el método Delta-Normal y el modelo Delta-Gamma, y la valuación completa en la que están el método de simulación histórica, la prueba de estrés y el método Monte Carlo Estructurado.

Método Delta-Normal. Se utiliza principalmente para medir portafolios grandes y complejos que evolucionan a través del tiempo, donde el rendimiento de todos sus activos

se distribuye normalmente lo que hace que el rendimiento del portafolio también tenga una distribución normal. lo cual implica una aproximación local a los movimientos de los precios. Dentro de esta clase de modelos se puede utilizar tres métodos para medir la matriz de varianza-covarianza Σ , el primero se basa únicamente en los datos históricos, el segundo utiliza medidas de riesgo implícitas de las opciones y el tercero utilizando una combinación de los anteriores.

Método Delta-Gamma. Supone la relación entre el cambio de los factores de riesgo y el cambio en el valor del portafolio lineal e incorpora la no linealidad de los instrumentos en la estimación del valor en riesgo, mediante una expansión de Taylor de segundo orden. El problema en éste método es que tan pronto se pierde la linealidad, la distribución de cambios en el valor del portafolio llega a ser muy compleja y en general, no puede relacionarse al VAR del activo subyacente.

Método de Simulación Histórica. Consiste en regresar en el tiempo y aplicar ponderaciones actuales a una serie de tiempo sobre los rendimientos históricos del activo, de tal manera que el rendimiento que se obtiene, no representa un portafolio real, pero reconstruye la historia de un portafolio hipotético, utilizando la posición corriente. Los precios futuros hipotéticos para el escenario se obtienen aplicando cambios históricos en los precios al nivel actual de precios, para obtener el nuevo valor del portafolio con el conjunto completo de precios hipotéticos. El valor en riesgo se obtiene entonces a partir de la distribución completa de los rendimientos hipotéticos, alternativamente se puede asumir normalidad y confiar en la varianza para obtener el VAR.

Prueba de Estrés o análisis de escenario. Consiste en simular el efecto que pueden tener movimientos en variables financieras mediante escenarios de interés especificados de manera subjetiva para determinar los posibles efectos o cambios en el valor del portafolio. La utilidad de esta prueba va a depender de que se representen adecuadamente los movimientos típicos del mercado. Todos los activos del portafolio son revaluados utilizando el nuevo entorno y el rendimiento del portafolio se deriva del componente

hipotético de rendimiento de cada activo, bajo el nuevo escenario. Se realizan muchos ejercicios como este para generar varios valores del rendimiento del portafolio, y se le da una probabilidad para cada escenario y se crea una distribución de los rendimientos del portafolio, con la cual se puede obtener el VAR.

La ventaja de éste método es que puede cubrir situaciones completamente ajenas a los datos históricos, obligando al administrador de riesgo a considerar eventos que de otra forma podría ignorar.

Método Monte Carlo Estructurado Consta de dos pasos: en el primero, el administrador de riesgo especifica un proceso estocástico para variables financieras, así como los parámetros del proceso, como lo son el riesgo y las correlaciones que pueden derivarse de datos históricos o implícitos en opciones; en el segundo paso se simulan senderos de precios ficticios para todas las variables de interés para obtener una distribución de rendimientos, con la cual puede obtenerse un VAR.

6.3 Monte Carlo Estructurado.

El Método Monte Carlo aproxima el comportamiento de los precios de activos financieros utilizando simulaciones computarizadas para generar caminatas aleatorias de precios, el Método Monte Carlo Estructurado se utiliza para simular una variedad de escenarios sobre el valor que podría tener el portafolio en una fecha objetivo. El VAR del portafolio puede leerse entonces directamente a partir de la distribución de los valores del portafolio simulado.

Por su flexibilidad, el análisis de Monte Carlo es con mucho el método analítico más completo para medir los riesgos financieros; tiene el potencial para considerar un

amplio rango de riesgos incluyendo el riesgo precio, el riesgo volatilidad y el riesgo crédito. Utilizando distintos modelos, puede incluso considerar la forma más insidiosa de riesgo denominado riesgo modelo. No obstante, este método implica inversiones costosas en recursos intelectuales y de sistemas.

El concepto básico Monte Carlo Estructurado consiste en simular repetidamente un proceso aleatorio para la variable financiera de interés, cubriendo un amplio rango de situaciones posibles. El primer paso y el más crucial en la simulación consiste en la elección de un modelo estocástico específico para el comportamiento de los precios. Un modelo comúnmente utilizado es el de movimiento geométrico browniano el cual está implícito en gran parte de la teoría de la valuación de opciones, el modelo asume que los movimientos en el precio del activo no están correlacionados en el tiempo y que los movimientos en los precios pueden describirse por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta S_t = S_{t-1}(\mu\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t})$$

Donde:

ΔS_t = Incremento en el precio para el tiempo t.

S_{t-1} = Precio en el tiempo t-1.

Δt = Incremento en el tiempo.

ε = Variable aleatoria normal estándar que se genera por medio de la simulación.

μ = Medida de tendencia.

σ = Medida de volatilidad

Generalmente los parámetros μ y σ , se consideran constantes en el tiempo, sin embargo pueden evolucionar en él.

El incremento relativo del precio se puede definir como;

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}} = \frac{\Delta S_t}{S_{t-1}} = \mu \Delta t + \sigma \varepsilon \Delta t$$

Donde $\Delta S/S$ tiene una distribución normal, con parámetros

$$E[\Delta S/S] = \mu \Delta t$$

$$Var[\Delta S/S] = \sigma^2 \Delta t$$

El Monte Carlo Estructurado es propenso al riesgo de modelo que consiste en que si el proceso estocástico elegido para el precio no es realista, tampoco lo será la estimación del VAR. El modelo del movimiento browniano geométrico describe adecuadamente el comportamiento de algunas variables financieras, pero no representa el proceso aleatorio de precios para bonos libres de incumplimiento, el cual debe converger a su valor nominal al vencimiento.

Otro enfoque es moldear la dinámica de las tasas de interés, por medio del modelo de Cox, Ingersoll y Ross (CIR), el cual sirve para moldear la estructura intertemporal de un entorno de equilibrio general, y se define por:

$$\Delta r_t = K(\theta - r_{t-1})\Delta t + \sigma \varepsilon r_t \Delta t$$

Este proceso proporciona una descripción simple de la naturaleza estocástica de las tasas de interés, que es consistente con la observación empírica de que la tasa de interés presenta reversión a la media θ . Aquí, el parámetro $k < 1$ define la velocidad de la reversión de la media hacia el valor promedio θ de largo plazo; cuando las tasas vigentes son altas $r_t > \theta$, implica una tendencia negativa $k(\theta - r_t)$ hasta que las tasas se revierten a θ , recíprocamente, las tasas bajas están asociadas con una tendencia esperada positiva.

También debe notarse que la varianza de este proceso es proporcional al nivel de las tasas de interés

En caso de contar con un solo activo, una vez simulada una trayectoria de sus precios se puede construir la distribución del portafolio al final del horizonte de tiempo seleccionado. La simulación se lleva a cabo de acuerdo con los siguientes pasos:

- Seleccionar un proceso estocástico y sus parámetros.
- Generar una pseudo-secuencia de variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas con función de distribución norma estándar, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$, con las cuales se obtienen los precios $S_{t+1}, S_{t+2}, \dots, S_{t+n}$.
- Calcular el valor del activo $F_{t+n} = F_T$ bajo esta secuencia particular de precios en el horizonte de tiempo objetivo.
- Repetir los pasos 2 y 3 tantas veces como sea necesario, digamos k veces, obteniendo una distribución de valores para los cuales puede ser calculado el VAR. En el nivel de confianza seleccionado c , el VAR es el valor del portafolio que en base a la distribución de frecuencias de los valores obtenidos sea excedido en $c \cdot k$ replicaciones, es decir que en el histograma de frecuencias se encuentren $c \cdot k$ observaciones a la derecha del VAR. Donde k es un número lo suficiente mente grande de tal manera que haga que el valor del VAR se mantenga semi-fijo en un valor a pesar de que se aumenten las repeticiones.

Debido a que en la práctica los portafolios están expuestos a más de un factor de variación financiera, la metodología debe extenderse el caso en el cual se consideran N factores de riesgo que generalmente están correlacionados, para evitar este problema, se descompone la matriz de varianza-covarianza a través del método de Cholesky, el cual tiene como objetivo transformar “ N ” variables aleatorias independientes en “ n ” cambios correlacionados de los factores de riesgo.

La factorización de Cholesky consiste en definir una matriz A triangular menor, que multiplicada por su transpuesta sea igual a la matriz de varianza-covarianza, esto es: $\Sigma=AA'$, entonces dado un vector η que está compuesto por N variables independientes, esto es $\text{Var}[\eta]=I$. Definamos $\varepsilon=A\eta$, se tiene que:

$$\text{Var}[\varepsilon]=E[\varepsilon\varepsilon']=E[A\eta\eta'A']=A(E[\eta\eta'])A'=A(\text{Var}[\eta])A'=AIA'=AA'=\Sigma$$

De esta manera se obtiene a partir de variables aleatorias independientes un conjunto multivariado de variables aleatorias correlacionadas ε que tiene una matriz de varianza-covarianza Σ . Este enfoque proporciona una valiosa herramienta en el proceso de generación de números aleatorios ya que con esto se soluciona el problema de generar números aleatorios correlacionados entre si.

Para descomponer la matriz de varianza-covarianza mediante la factorización de Cholesky, los elementos de la matriz A se calculan de manera recursiva a partir de las formulas siguientes:

$$a_{11} = \sigma_{11}$$

$$a_{ii} = \sigma_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ik}^2, \text{ para } i=2,\dots,N$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ii}} \left(\sigma_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ik} a_{jk} \right), \text{ para } i=2,\dots,N, j=1,2,\dots,N-1, i>j$$

La factorización de Cholesky puede no tener solución si la matriz de varianza-covarianza no es definida positiva, esto sucede cuando dos factores de riesgo están perfectamente correlacionados o bien cuando un factor se puede estimar mediante la combinación lineal de otros factores de riesgo.

Para encontrar la distribución del portafolio y estimar el VAR, bajo un conjunto complejo de variables predeterminadas, los pasos a seguir son:

- Seleccionar un proceso estocástico y sus parámetros
- Descomponer la matriz de varianza-covarianza por medio de la factorización de Cholesky y obtener A.
- Obtener el vector aleatorio con distribución Normal estándar η^j con N elementos independientes.
- Obtener $\varepsilon^j = A\eta^j$.
- Calcular el valor de todos los activos $F_{t,T}^j$ en el portafolio.
- Obtener el valor del portafolio P_T^j en el horizonte del tiempo objetivo utilizando las ponderaciones del portafolio x_t , esto es:

$$P_T^j = \sum_{i=1}^N x_i F_{t,T}^i$$

- Repetir los pasos 3 al 6 tantas veces como sea necesario, digamos k, obteniendo una distribución de valores. $P_T^1, P_T^2, \dots, P_T^K$, para los cuales puede ser calculado el VAR.

Dado el nivel de confianza seleccionado c, el VAR es el valor del portafolio excedido en c*k replicaciones.

Fuentes de Información del Capítulo VI.

- Zvi Bodie, Robert C. Merton,
Finanzas
Prentice Hall
México, 1999.
- Gary L. Gastineau, Mark P. Kritzman.
The Dictionary of Financial Risk Management
Frank J. Fabozzi Associates
USA. 1996.
- J. P. Morgan / Reuters.
Risk Metrics – Technical Document
Fourth Edition, USA, 1996
- Philippe Jorion.
Valor en Riesgo
Editorial Limusa S.A. de C.V.
México, 1999.
- Carlos Sánchez Cerón.
Valor en Riesgo y otras Aproximaciones.
Valuación , Análisis y Riesgo S C.
México. 2001

- Jorge Mina, Jerry Yi Xiao.

Return to RiskMetrics: The Evolution of a Standard

Riskmetrics Group Inc.

USA, 2001

CONCLUSIONES

Actualmente ha evolucionado el concepto de finanzas debido a que existe una tendencia hacia la globalización. lo que ocasiona que el sistema financiero en un país se pueda ver afectado por eventos ajenos a él, también dentro de un mismo sistema todos los instrumentos financieros tienen una interrelación entre sí y pueden ser afectados por cambios internos del país sin que estos sean necesariamente financieros, pudiendo ser políticos o sociales.

Para tratar de disminuir el impacto que puede ocasionar un riesgo en los mercados financieros, se han planteado maneras de administrar el riesgo, mediante instrumentos como los derivados, estrategias como el caso del portafolio o mediciones que nos permitan conocer el rango de posibles pérdidas como el valor en riesgo.

Es necesario administrar el riesgo de manera técnica y profesional, ya que está en juego el futuro y la salud de las Organizaciones, las cuales deben tener seguridad en su crecimiento, realizando acciones con un mínimo de riesgo o manteniéndolo cubierto o controlado. La Administración del Riesgo entra en una nueva etapa, donde el riesgo que se administra es el financiero, mientras que anteriormente se enfocaba al riesgo de la empresa.

En los últimos años la Administración del Riesgo ha adquirido una importancia vital para las empresas, prueba de ello han sido las Instituciones Bancarias, cuyo desconocimiento de la materia influyó de manera muy importante en el descalabro bancario de 1994. donde la mayoría de los Bancos entraron en una crisis de la que apenas están empezando a salir; se han desarrollado regulaciones para administrar el riesgo, una de las más importantes se llevó a cabo en el Acuerdo de Basilea en julio de 1988, formando también el Comité de Basilea para la Supervisión Bancaria

Dentro de las técnicas de Administración de Riesgo, destaca el Valor en Riesgo por ser un método que proporciona una medida en unidades monetarias del riesgo a que se puede estar expuesto, además dicho método se ha ido generalizando ya que se le ha dado una gran promoción principalmente por la empresa J. P. Morgan posteriormente RiskMetrics Group Inc., que en 1994 desarrolla un documento técnico donde proporciona información de volatilidad y correlación para 20 mercados, generando una estandarización en los mercados; actualmente el sistema Risk Métrica proporciona de manera gratuita documentos de consulta acerca del VAR y bases de datos sobre coberturas de tipos de cambios, acciones, derechos sobre activos, tasas y mercancías de 33 países.

La aplicación del método VAR se puede llevar a cabo sobre un activo o sobre un conjunto de activos, en particular en un portafolio lo que hace que el VAR se vea beneficiado ya que se aplica a un instrumento que tiene de antemano una disminución en el riesgo, por medio de la diversificación.

Existen diversos métodos para calcular el VAR, dentro de éstos se encuentra el método Monte Carlo estructurado, el cual es uno de los métodos analíticos más completos, debido a que se puede incluir en él un amplio rango de riesgos y puede ser modificado de manera rápida con el fin de analizar diferentes escenarios, así como hacer modificaciones en la caminata aleatoria por medio de cadenas de Markov o por otros métodos

Cabe tener en cuenta que el VAR tiene como supuesto principal el considerar que los rendimientos tienen relacionada una distribución normal, por lo que es necesario realizar pruebas de validación del modelo para tomar en cuenta si el riesgo no se está subvaluando o sobrevaluando.

Es conveniente usar esta metodología en activos que hayan demostrado previamente que su distribución se aproxima a una distribución normal, como tener en cuenta que su

confiabilidad es mejor en condiciones estables del mercado, pudiendo en caso contrario agregar factores tendientes a simular volatilidades imprevistas en el modelo.

Es importante mencionar que tanto el análisis para la obtención del VAR y las medidas concernientes a la administración del riesgo, deben ser manejadas de una manera profesional y tomar en cuenta que el VAR al ser una medida de prevención del riesgo mantiene expuesta a la empresa a un riesgo latente, aunque se haya disminuido su probabilidad de ocurrencia o se hayan tomado medidas para cubrir el riesgo hasta cierto límite.

La interpretación y el manejo adecuado del riesgo puede representar el éxito o la sobrevivencia de una organización.