

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES.
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA.

***EVALUACIÓN TEÓRICA DE LOS CONTRATOS DE OPCIONES
A PARTIR DE LOS MÉTODOS: BINOMIAL, BLACK-SCHOLES
Y MONTE CARLO.***

TRABAJO QUE COMO RESULTADO DE
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN
PRESENTA COMO TESINA

FELIPE NORBERTO ISLAS ISLAS

PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIADO EN ECONOMÍA

MAESTRO. ALCIDES JOSÉ LASA CRESPO
DIRECTOR DE TESINA

**CIUDAD DE MÉXICO, D.F. A,
OCTUBRE 11, 2005.**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES.
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA.**

**EVALUACIÓN TEÓRICA DE LOS CONTRATOS DE OPCIONES
A PARTIR DE LOS MÉTODOS: BINOMIAL, BLACK-SCHOLES
Y MONTE CARLO.**

**TRABAJO QUE COMO RESULTADO DE
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN
PRESENTA COMO TESINA**

FELIPE NORBERTO ISLAS ISLAS

PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIADO EN ECONOMÍA



MAESTRO. ALCIDES JOSÉ LASA CRESPO
DIRECTOR DE TESINA

**CIUDAD DE MÉXICO, D.F. A,
OCTUBRE 11, 2005.**

DEDICATORIA

*Soy una parte de esa fuerza que siempre
quiere el mal y que siempre práctica el bien,
donde el dolor más intenso no es la infelicidad,
sino la incapacidad de tender a la felicidad.
Difícil es luchar contra el deseo,
donde lo que se quiere se paga con el alma,
donde las palabras son la vida que se va...
¡Detente, instante! ¡Eres tan hermoso!
Bulgákov, Goethe, Magris, Heráclito*

*... Un mundo donde la vecindad
con los poderosos ponga a prueba
nuestro temple al demostrar
que comprometerse no es enajenarse,
que obedecer no es abdicar
de la dignidad propia,
que profesar la lealtad
no es precipitarse en la abyección,
que mandar no es oprimir,
ni ejercer la autoridad, humillar.
R. Castellanos*

Hagamos un convenio entre nosotros y retornemos al inconsciente de nuestro ser, aquel lugar donde encontramos nuestros sentimientos más profundos, donde nuestros rencores y odios, envidias, tristezas y dolores no estén presentes y donde los recuerdos más hermosos se encuentran para hacernos más fuertes.

Esta tesina, más bien, el trabajo de cinco años cuya culminación es este libro tiene tanto significado para mí por ser la etapa más difícil de mi vida, en la cual aprendí a valorarme y sorprendentemente descubrir que tan incapaz soy en tantas cosas como virtuoso en otras. En este tiempo acepte que una rosa me hace más humano y una lágrima más fuerte, conocí que la entrega y la pasión con que se hagan las cosas no es suficiente, que la lucha y la bondad son tan incompatibles como la primavera y el invierno, donde la entrega total no existe y aquel que la otorga sale tan profundamente lastimado que ni una vida entera bastaría para resarcir el daño hecho y así tantas cosas tan difíciles de ver y aceptar que el alma duele al saberse sola y frágil.

Mi carrera esta dedicada a mis padres –fortaleza de mi ser y existencia por la cual vivo-. No me es posible ahora y tal vez nunca ser el hijo que quieren, aunque sepan que les dedico y dedicaré mi vida entera y realmente deseo poder algún día volver a cenar juntos como hace ya tantos años. A ellos les debo mis valores inculcados, el gusto por las cosas más sencillas de la Tierra. A ellos les debo mi vida y espero no volverlos a defraudar nunca, nunca más en lo que me resta por hacer.

También les dedico este tiempo a mis hermanos, que aunque la vida nos ha llevado por caminos tan distintos y somos tanto más diferentes cuanto más viejos nos hacemos. Pero quiero que sepan que los quiero y aprecio mucho, aunque no se los pueda decir de frente y que aun recuerdo como Raúl me cuidaba cuando de niño enfermaba, como Lourdes es como mi madre, las peleas con Irma y que al paso de los años me dio la bendición de cuidar a Ricardo, haciéndome sentir como el padre que difícilmente seré. Además de que tengan siempre en cuenta que sus ejemplos tanto buenos como malos son más valiosos que una formación profesional.

Quiero compartir este momento con mis sobrinos: Mariana, Raúl, Lorena, Ricardo, Fernando y Jazmín, quienes crecieron y en parte se han formado durante el trabajo de estos años, espero que algún día comprendan el por qué estuve lejos de ellos, de mi quizás agresivo y malhumorado carácter. Pero a la vez deseo con todas mis fuerzas que algún día lleguen a esta etapa de preparación tan dura y en parte se realicen como mujeres y hombres de bien.

A mis amigos: Zaira, Oscar M., Sinuhé, Fernando, Oscar de la F., Liliana, Eduardo y Juan. Porque en parte gracias a ellos llegue a donde estoy. Cómo olvidar la paciencia, crítica, sonrisas, debate, reflexión, con la cual me ayudaron a formarme y a sobrellevar esas largas jornadas, son tantos los momentos ya idos que los sentimientos se encuentran y siempre estarán ellos en mi corazón con golpes pero también con entusiasmo y abrazos. Mil gracias por estar conmigo.

Le agradezco al Maestro Alcides José Lasa Crespo, mi director de tesina, su invaluable apoyo e infinita paciencia. Su pasión por hacer las cosas y el énfasis en lo relevante son un gran ejemplo a seguir. Igualmente a la Universidad Autónoma Metropolitana en su unidad Iztapalapa, por haberme abierto las puertas del conocimiento, a sus profesores en CHS sin los cuales no hubiera librado de mi ignorancia tantos peros. Por ser una casa abierta al tiempo llena de espacio y movimiento.

Que no llegue nunca el día del adiós definitivo, si esa llama que tiene encendida la vela de tu alma sea más fuerte que la mía, para capturar esta historia en un suspiro y así pasen los segundos, los siglos, que pase a fin de cuentas el tiempo con tu recuerdo a mi lado.

Gracias por estar siempre presente.

Felipe Norberto Islas Islas

ÍNDICE.

ÍNDICE.	5
INTRODUCCIÓN.	7
CAPÍTULO I. HISTORIA CONTEMPORÁNEA DEL MERCADO DE OPCIONES.	9
1.1 El mercado de derivados a nivel mundial.	9
1.2 El mercado de derivados en México.	10
1.2.1 Objetivos del desarrollo financiero.	12
1.2.2 Condiciones para la implementación.	13
1.2.3 Estándares internacionales.	13
CAPÍTULO II. CONCEPTOS GENERALES Y MODELOS TEÓRICOS SOBRE CONTRATOS DE OPCIONES.	15
2.1 Riesgo.	15
2.1.1 Tipos de riesgos financieros.	16
2.1.2 Obtención de la volatilidad	17
2.2 Arbitraje.	20
2.3 Función y propiedades de los mercados de opciones.	22
2.3.1 Fijación del precio de los contratos de opciones.	23
2.3.2 Opciones de compra.	24
2.3.3 Opciones de venta.	25
2.4 Método Binomial para más de dos periodos.	26
2.5 Método Black-Scholes.	28
2.6 Método Monte Carlo.	29
2.6.1 Simulaciones con una variable aleatoria.	29
2.6.1.1 Simulación de una trayectoria de precios.	29
2.6.2 Generación de números aleatorios.	30
CAPÍTULO III. EVALUACIÓN TEÓRICA DE LOS CONTRATOS DE OPCIONES. APLICACIÓN AL CASO DE MÉXICO.	31
3.1 Modelo Binomial	31
3.2 Modelo Black-Sholes	32
3.2.1 Descripción.	32
3.2 Modelo Monte Carlo.	33
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.	35
APÉNDICE.	36
A. Estructura y operación del Mercado de Derivados Mexicano.	36
A.1 Estructura.	36
A.2 Instituciones.	37
A.3 Factores de competitividad de MexDer y Asigna.	37
A.4 Principales obligaciones.	38
A.5 Estructura corporativa.	39
A.6 Esquema de Operación.	42

A.7 Principios básicos de funcionamiento.	43
<i>ANEXOS.</i>	45
ANEXO 1. Serie del precio de las acciones para determinar el modelo Black-Scholes.	45
<i>BIBLIOGRAFÍA.</i>	50

INTRODUCCIÓN.

En el marco de la globalización y principalmente dentro del desarrollo de los sistemas financieros en los últimos treinta años se inscribe el crecimiento de los mercados de derivados cuyo objetivo principal es la utilización de los instrumentos bursátiles como fuentes de financiamiento a fin de garantizar un bajo riesgo, una ganancia o en última instancia la disminución de las pérdidas obtenidas mediante el manejo de estos instrumentos. Dentro del desarrollo de estos derivados se encuentran los Contratos de Opciones, estos últimos son los que me ocupan para el desarrollo de esta tesis a nivel licenciatura.

En este trabajo pretendo dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿Cuál es el precio estrictamente teórico de los contratos de opciones en el mercado mexicano de derivados? Para ello realizo una Evaluación Teórica de los Contratos de Opciones (ETCO), aunado a la investigación se encuentran los Seminarios de Investigación impartidos por el Maestro Alcides José Lasa Crespo que versan sobre el mismo tema.

Esta tesis se divide en cuatro capítulos. En el primero de ellos se tratan los aspectos históricos sobre el desarrollo de los mercados de derivados a nivel internacional donde se da cuenta de su importancia, que, con el surgimiento del Mexder, Mercado Mexicano de Derivados; forman los medios acordados para la emisión y operación de los Contratos de Opciones. Al igual que para el contexto mundial, para el caso mexicano también presento los antecedentes.

En el segundo capítulo, se da el tratamiento teórico a los contratos de opciones. Parto de lo importante que es para el buen funcionamiento de dichos instrumentos bursátiles los conceptos de volatilidad, la importancia que para los mercados de valores tiene el concepto de arbitraje como parte fundamental de la economía financiera que deriva en las oportunidades de arbitraje donde se generan durante un periodo de tiempo corto ganancias derivadas de la compra-venta simultánea de acciones. En este mismo sentido, se da el desarrollo de la forma en que funcionan y operan los mercados de opciones tanto de compra como de venta y el estilo en cuanto a la forma de contratación, ya sea Europea o Americana. Dentro de este capítulo desarrollo formalmente los métodos a utilizar para determinar el precio de los contratos, a saber, los métodos Binomial para más de dos etapas de operación, Black-Scholes y Monte Carlo. Con las variantes que estos métodos presentan en cuanto al manejo de datos para la

obtención de los resultados. Cabe aclarar que este trabajo versa sobre contratos de opciones de estilo europeo.

En el capítulo tercero, elaboro a partir de todos los conceptos desglosados en el capítulo anterior, los métodos para la obtención del precio teórico tanto de los contratos de opción de compra y de venta para cada una de las cinco empresas cuyas acciones en bolsa participan en la emisión de este tipo de derivados en el mercado mexicano.

Al final de este trabajo, en el capítulo cuatro, se encuentran algunas conclusiones de carácter general sobre la aplicación de estos métodos para la obtención del precio de los contratos de opciones a si como también los anexos y apendices necesarios para una mejor comprensión de los datos utilizados durante el desarrollo de los mismos.

Felipe N. Islas I.

CAPÍTULO I. HISTORIA CONTEMPORÁNEA DEL MERCADO DE OPCIONES.

En este capítulo damos una visión general de la historia del mercado de derivados, el surgimiento en el sistema financiero mexicano del MexDer, así como sus antecedentes estructura y operación.

1.1 El mercado de derivados a nivel mundial.

Desde que culminó el periodo de flotaciones fijas o controladas de los tipos de cambio, al derrumbarse el establishment de Bretton Woods, a principios de la década de los setenta del siglo XX, la revolución financiera que se desató en consecuencia generó como sus frutos más acabados y sofisticados los productos derivados, en términos genéricos contratos privados entre dos agentes económicos, donde el contrato en sí mismo tiene un valor que se sustenta o se deriva de otro bien, en este caso el activo subyacente.

Sin embargo, los productos derivados no surgieron realmente en la década de 1970-1980. De hecho pueden encontrarse antecedentes de transacciones de compraventa adelantadas en la India, 2000 años A.C., en Fenecia, Grecia, Roma, en la Europa medieval y renacentista, Japón y prácticamente cualquier cultura donde de alguna forma existieron bienes que fueron intercambiados a través de un esquema de mercado.

Sin embargo, tal como se les conoce ahora, los mercados de derivados modernos surgieron durante los siguientes años en Osaka, Japón en 1730, con futuros de arroz; en Chicago, Illinois, Estados Unidos, con el Chicago Board of Trade (CBOT), la primera bolsa de granos en mercados tanto al contado como a plazos, fundada en 1848.

Los elementos que identifican actualmente a los futuros en cualquier bolsa de derivados, surgen durante los siguientes años, resaltando la creación de una Cámara de Compensación en 1882 en Chicago, Illinois, Estados Unidos, a cargo de MidAm. Porco a poco, desde entonces hasta la fecha, el surgimiento de nuevas regulaciones, nuevas bolsas de derivados en Chicago y otras ciudades de Estados Unidos y del mundo, sobre todo nuevas instituciones, nuevos instrumentos y nuevos subyacentes, ha caracterizado la historia de los derivados.

En este mismo sentido, a principios del siglo XX se fundó la Put and Call Brokers Dealers Association (asociaciones de Agentes y negociantes de Opciones de Compra y Venta), cuyo objetivo es proporcionar un sistema para reunir a vendedores y compradores. Sin embargo, el mercado de la Put and Call Brokers and Dealers Association, tenía dos limitantes: primero, no disponía de un mercado secundario puesto que el comprador de una opción no tenía derecho a venderla a un tercero antes de su fecha de vencimiento. En segundo lugar, no existía un mecanismo que garantizase que el emisor de la opción respetaría su parte del contrato: de no cumplirse se veía forzado a demandar judicialmente al emisor, lo cual económicamente resultaba muy costoso.

La innovación más importante fue la creación en abril del 1973 de productos derivados sobre subyacentes financieros, que inicio ese mismo año con la operación de opciones sobre acciones en la Chicago Board of Options Exchange (CBOE), para operar con las acciones que cotizan en bolsa. En este año se publicó el artículo de Fischer Black y Myron S. Scholes en donde proponían un método de valuación de opciones que les valdría el premio Nóbel a Scholes y a Robert C. Merton en 1997, conocido ampliamente como el modelo Black-Scholes, y que sentó las bases de la teoría actual de derivados financieros. Con el surgimiento de este tipo de mercados se dio lugar a la creación de American Stock Exchange, el Philadelphia Stock Exchange que comenzaron a operar en 1975 y el Pacific Stock Exchange cuya operación inicia en 1976.

En los años ochenta, se desarrollan los mercados sobre opciones en divisas, opciones sobre índices bursátiles y opciones sobre contratos de futuros. El Philadelphia Stock Exchange es el principal mercado sobre opciones en divisas. El Chicago Board Exchange negocia opciones sobre índices bursátiles S&P 100 y S&P 500, el índice Nasdaq 100 (NDX) y el Dow Jones Industrial Average. El Chicago Board of Trade ofrece opciones sobre contratos de futuros sobre ganado, vino, etc. Hoy existen mercados de opciones organizados alrededor de todo el mundo uno de ellos es el Mexder, para el cual presento su reseña histórica.

1.2 El mercado de derivados en México.

La puesta en operaciones del Mercado Mexicano de Derivados constituye uno de los avances más significativos en el proceso de desarrollo e internacionalización del Sistema Financiero Mexicano. El esfuerzo constante de equipos multidisciplinarios integrados por profesionales de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV), la Asociación Mexicana de Intermediarios Bursátiles (AMIB) y la S.D. Indeval, permitió el desarrollo de la arquitectura operativa, legal y de sistemas

necesaria para el cumplimiento de los requisitos jurídicos, operativos, tecnológicos y prudenciales, establecidos de manera conjunta por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la Comisión Nacional Bancaria y de Valores y el Banco de México (las Autoridades Financieras).

La experiencia previa con productos financieros derivados en México demostró la existencia de una demanda real de estos instrumentos financieros, para controlar riesgos y administrar portafolios. También puso en evidencia la necesidad de contar con un mercado organizado, con mecanismos prudenciales consistentes y confiables, adecuada información, bases de equidad para todos los mercados y participantes, así como la utilización de mecanismos de enlace entre los distintos mercados.

La creación del Mercado de Derivados listados, inició en 1994 cuando la BMV y la S.D. Indeval asumieron el compromiso de crear este mercado. La BMV financió el proyecto de crear la bolsa de opciones y futuros que se denomina MexDer. Por su parte, Indeval tomó la responsabilidad de promover la creación de la cámara de compensación de derivados que se denomina Asigna, Compensación y Liquidación, S. A. de C.V., realizando las erogaciones correspondientes desde 1994 hasta las fechas de constitución de las empresas.

El 31 de diciembre de 1996 fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación las "Reglas a que habrán de sujetarse las sociedades y fideicomisos que participen en la constitución y operación de un mercado de productos derivados cotizados en Bolsa". Estas reglas definen la arquitectura del mercado, las bases corporativas para la constitución de la Bolsa y de su correspondiente Cámara de Compensación y Liquidación, así como las formas de operación de sus participantes.

En este contexto entre 1994 y 1997 se lograron significativos avances, tanto en aspectos estructurales y regulatorios, como en la generación de las bases que permitieran un mejor desenvolvimiento del mercado algunos de los logros preliminares fueron:

- Centralización de los procesos administrativos y de liquidación de todos los títulos negociados en el mercado de valores, incluyendo los títulos gubernamentales.
- Conexión a tiempo real entre la BMV y la S.D. Indeval.
- Valuación diaria de instrumentos de capital y de deuda.
- Simplificación del procedimiento legal para la ejecución de garantías.

- Fortalecimiento de los procesos de liquidación de operación, mediante la aplicación del sistema de Entrega contra Pago (DVP por sus siglas en inglés) a todas las operaciones con títulos inscritos en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios.
- Desarrollo del Sistema de Valores Prestables y Ventas en Corto.
- Promoción de la liquidez, por medio de reducciones de cuotas y comisiones, nuevas formas de "autoentrada" para los intermediarios, flexibilización de procedimientos de arbitraje y ejecución de operaciones internacionales.
- Incorporación de intermediarios internacionales en la BMV.
- Participación de bancos comerciales en el mercado de títulos de deuda de la BMV.
- Incorporación en la BMV del Sistema Internacional de Cotizaciones (SIC), para listar y negociar títulos emitidos en el extranjero.
- Actualización del Código de Ética Profesional de la Comunidad Bursátil Mexicana.
- Proyecto de constitución del MexDer, como la Bolsa de productos derivados y de Asigna, Compensación y Liquidación, como la correspondiente Cámara.
- Publicaciones de las Reglas Operativas y el Marco Prudencial emitidas por la Autoridades Financieras para la creación de las instituciones y figuras participantes en el mercado de productos derivados listados.

1.2.1 Objetivos del desarrollo financiero.

Entre los objetivos fundamentales que se plantean para la formación de un mercado de derivados se encuentran las siguientes condiciones y principios:

- Establecer condiciones para una mayor competitividad financiera internacional.
- Desestimular la migración de capitales mexicanos a otros mercados.
- Lograr un balance adecuado entre importación y exportación de servicios financieros.
- Diversificar y flexibilizar los instrumentos disponibles por el sector financiero mexicano.
- Atraer la participación de intermediarios e inversionistas extranjeros.
- Desarrollar y facilitar la aplicación de mecanismos de administración de riesgos.

- Generar instrumentos de cobertura para empresas no financieras.
- Crear condiciones de complementariedad con productos listados OTC.

1.2.2 Condiciones para la implementación.

La creación de un mercado estandarizado de futuros y opciones en México debía responder a la promoción, crecimiento del mercado de productos estructurados, listados en la Bolsa Mexicana de Valores. Así como también, crear un mercado de opciones y futuros listados, con toda la infraestructura necesaria para su adecuado funcionamiento, de acuerdo a los rigurosos estándares internacionales para los mercados de derivados.

1.2.3 Estándares internacionales.

La importancia de que países como México cuenten con productos derivados, cotizados en una bolsa, ha sido destacada por organismos financieros internacionales como el International Monetary Fund (IMF) y la International Finance Corporation (IFC), quienes han recomendado el establecimiento de mercados de productos derivados listados para promover esquemas de estabilidad macroeconómica y facilitar el control de riesgos en intermediarios financieros y entidades económicas.

El reto que se a enfrentado es el de crear este tipo de mercado en un país que emerge de una severa crisis financiera y que se ha visto afectado significativamente por las fluctuaciones en los mercados internacionales. Esto ha requerido por parte de las Autoridades Financieras Mexicanas, fortalecer la infraestructura regulatoria y prudencial aplicable, así como los sistemas de pagos, intermediarios y participantes.

Esta situación de cambio estructural en México ha exigido la imposición de requerimientos especiales que se adicionan a los recomendados internacionalmente (recomendaciones del Grupo de los 30 (G-30), la International Organization of Securities Commissions (IOSCO), la International Federation of Stock Exchanges (conocida como FIBV por sus siglas en francés), la Futures Industry Association (FIA), entre otras.

Dadas las necesidades de un mercado de derivados es necesario atender a los estándares de carácter internacional como son:

- Establecer una Cámara de Compensación centralizada.
- Modernizar el sistema bancario de pagos.

- Homologar los estándares internacionales de regulación, autorregulación y supervisión.
- Intermediación. Para establecer esquemas competitivos de intermediación y alcanzar niveles adecuados de capitalización y capacidad tecnológica de los participantes.
- Difundir y promover el conocimiento de los productos derivados entre intermediarios, empresarios e inversionistas y desarrollar principios de administración de riesgos.
- Utilizar los productos derivados de acuerdo con una política general de manejo de riesgo y capital; evaluando riesgos de mercado mediante análisis de probabilidad e indicadores de sensibilidad. Administrar riesgos de manera independiente. Realizar simulaciones para determinar el efecto de situaciones extremas de mercado y desarrollar condiciones de contingencia.
- Valuar diariamente a precio de mercado (marking to market) con base en postura media de compra y de venta.
- Establecer límites de acuerdo con recursos de capital, liquidez del mercado, utilidad esperada, experiencia del operador y estrategia general. Efectuar periódicamente proyecciones sobre necesidades de fondeo e inversión de acuerdo con posiciones en derivados (coberturas, colateral, efectivo).
- Certificar la calidad ética y técnica de los participantes en las actividades del mercado.
- Contar con sistemas tecnológicos adecuados para captura, procesamiento y divulgación de información, liquidación, medición de riesgos y administración de cuentas.

El esfuerzo realizado por incrementar la competitividad internacional del mercado bursátil mexicano permitió:

- Ampliar la gama de títulos accionarios y de deuda que pueden servir como subyacentes de productos derivados.
- Ampliar la lista de títulos accionarios y de deuda que pueden constituir valores.
- Disminuir los descuentos para la estimación del valor neto de colateralización de los valores.

Estos logros hicieron posible optimizar el uso del capital requerido para operar productos derivados.

CAPÍTULO II. CONCEPTOS GENERALES Y MODELOS TEÓRICOS SOBRE CONTRATOS DE OPCIONES.

El presente capítulo tiene la intención de presentar las bases teóricas para el desarrollo de los modelos para la predicción del precio de los contratos de opciones que se describen en el siguiente capítulo.

2.1 Riesgo.

El riesgo puede ser definido como la volatilidad de los flujos financieros no esperados, generalmente deriva del valor de los activos o los pasivos. Esto es, del rendimiento que se obtiene del activo mediante su valorización diaria. Las empresas están expuestas a tres tipos de riesgos:

a) Riesgos de negocios.

Son aquellos que la empresa está dispuesta a asumir para crear ventajas competitivas y agregar valor para los accionistas. Los riesgos de negocios, o riesgos operativos, tienen que ver con el mercado del producto en el cual opera la empresa y comprenden innovaciones tecnológicas, diseño del producto y mercadotecnia.

b) Riesgos estratégicos.

Son los resultantes de cambios fundamentales en la economía o en el entorno público. La expropiación y la nacionalización (o estatización) también son considerados riesgos estratégicos.

c) Riesgos financieros.

Están relacionados con los movimientos en las variables financieras, tales como las tasas de interés, los tipos de cambio y el precio de las acciones cotizadas en bolsa de valores, constituyen una fuente importante de riesgos, para la mayoría de las empresas. En contraste con las empresas industriales, la función principal de las instituciones financieras es administrar activamente los riesgos financieros. La administración del riesgo financiero se ha convertido en una herramienta para cualquier negocio.

Entender el riesgo financiero es difícil si no se comprende el vínculo entre las tasas de interés, los tipos de cambio, los precios de los productos físicos y los mercados accionarios. Dada la

creciente volatilidad de estas variables financieras. La administración del riesgo financiero proporciona una protección parcial contra posibles implicaciones generadas por esa incertidumbre, ya que la globalización del comercio fuerza a las empresas a reconocer la naturaleza internacional de la competencia. Como resultado, las empresas ya no pueden permitirse el seguir ignorando los riesgos financieros.

Los instrumentos derivados, como los contratos de opciones brindan un mecanismo a través del cual las instituciones pueden cubrirse eficientemente contra los riesgos financieros. La cobertura de los riesgos es similar a la adquisición de un seguro. Donde el riesgo del mercado de derivados implica cambios en los valores de mercado de los contratos, no en los valores nominales.

2.1.1 Tipos de riesgos financieros.

Generalmente, los riesgos financieros se clasifican principalmente en riesgo de mercado, riesgo crédito, riesgo de liquidez, riesgo operacional y riesgo legal.

a) Riesgo de mercado.

Este se deriva de cambios 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 puede asumir dos formas: el riesgo absoluto, medido por la pérdida potencial en términos de la moneda, y el riesgo relativo, relacionado con un índice base.

b) 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 reposición de flujos de efectivo si la otra parte incumple. También puede conducir a pérdidas cuando los deudores son clasificados duramente por las agencias crediticias, generando con ello una caída en el valor de mercado de sus obligaciones.

Este riesgo incluye al riesgo soberano. Este ocurre cuando existe la posibilidad de que un país decida el incumplimiento de su deuda pública.

c) Riesgo liquidez.

Los riesgos de liquidez asumen dos formas, liquidez mercado/producto y flujo de efectivo/financiamiento. El primer tipo de riesgo se presenta cuando una transacción no puede

ser conducida a los precios prevalecientes en el mercado debido a una baja operatividad en el mercado, puede administrarse en ciertos mercados o productos a través de la diversificación. El segundo tipo de riesgo se refiere a la incapacidad de conseguir obligaciones de flujos de efectivo necesarios. El riesgo de financiamiento (fondeo) puede ser controlado 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 y utilizando la diversificación

d) Riesgo operacional.

Incluye el riesgo de ejecución, que abarca situaciones donde se falla en la ejecución de las operaciones como son los fraudes, situaciones donde los operadores falsifican; el riesgo tecnológico, donde se hace necesario proteger los sistemas al acceso no autorizado y de la interferencia.

Este riesgo, abarca el riesgo de modelo que es el peligro existente de que el modelo que se utilice para valorar posiciones sea defectuoso. Los modelos deben estar sujetos a una evaluación independiente utilizando los precios del mercado, cuando estén disponibles, o evaluaciones objetivas ajenas a la muestra.

e) Riesgo legal.

El riesgo legal se presenta cuando una contraparte no tiene la autoridad legal o regulatoria para realizar una transacción.

Bajo este marco conceptual hay que resaltar para los objetivos de este trabajo las fuentes del riesgo financiero en su primer tipo, esto es, el riesgo de mercado enfocado a la volatilidad derivada de los activos subyacentes¹.

La teoría financiera lo define como la dispersión de resultados (flujos) inesperados debido a movimientos en las variables financieras, para medir formalmente el riesgo, hay que definir la variable de interés. Los riesgos financieros son creados por los efectos de los factores financieros sobre esta variable.

2.1.2 Obtención de la volatilidad

El riesgo financiero también llamado volatilidad se mide por el rendimiento proporcionado por las acciones en un año, que es la base de la desviación estándar del flujo de los rendimientos

multiplicados por la raíz de los días para los cuales se hace la estimación. Generalmente se toman periodos anuales de 250 o 252 -para este caso utilizo el periodo de 252 días por ser el de mayor exactitud- que son los laborados en los mercados accionarios de donde se obtiene el valor del activo subyacente.

El activo subyacente se encuentra constituido por la serie de acciones representativas del capital social de las empresas (en esta caso grupos tenedores y compañías) que a continuación se mencionan:

Acciones representativas del capital social		
Empresa	Abreviatura ²	Serie
Grupo Carso, S.A. de C.V.	GC	GCarso A1
América Móvil, S.A. de C.V.	AM	AMX L
Grupo Modelo, S.A. de C.V.	GM	Gmodelo C
Wal - Mart de México, S.A. de C.V.	WM	Walmex V
Teléfonos de México, S.A. de C.V.	TM	Telmex L

Así, a partir del siguiente desarrollo encontramos la volatilidad para cada una de las empresas para las cuales evaluaremos los contratos de opciones, tanto de compra como de venta. Este dato es fundamental para los modelos teóricos que posteriormente se desarrollaran.

En el contexto de la medición del riesgo de mercado, la variable aleatoria considerada es la tasa de rendimiento del activo subyacente. Una de las ventajas de la utilización de rendimientos geométricos es que permiten fácilmente extensiones a periodos múltiples. Considérese el rendimiento sobre un periodo de dos meses. El rendimiento geométrico puede ser descompuesto como:

$$u_{i,2} = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-2}}\right) = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right) + \ln\left(\frac{S_{i-1}}{S_{i-2}}\right) = u_{i-1} + u_i$$

Donde:

u_i = Rendimiento

S_i = Precio de las acciones al final del intervalo i ($i=0,1,\dots,n$)

Esto es particularmente útil, dado que el rendimiento geométrico de dos meses es simplemente la suma de los dos rendimientos mensuales dividido por el número de meses. Generalizamos la formulación para obtener el rendimiento de nuestro activo subyacente.

¹ Activo subyacente: Es aquel índice que se usa como referencia para celebrar un contrato de opciones. En este caso el activo subyacente es la serie histórica del precio de las acciones de cada compañía.

² Esta abreviatura es utilizada con el fin de distinguir a cada empresa en el desarrollo de este trabajo.

$$u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$$

De esta manera obtenemos el rendimiento y conocemos su promedio para cada serie de acciones por empresa, tomando intervalos de 30, 90, 180 y 360 días³

Rendimiento promedio					
Empresa	GC	AM	GM	WM	TM
Periodo	Valor				
30 días	0.002554	0.002874	0.000361	0.000653	0.000753
90 días	-0.000267	0.000385	-0.000052	0.000102	-0.000172
180 días	0.001879	0.002568	0.000421	0.000632	0.000432
360 días	0.001809	0.002806	0.000703	0.001181	0.000389

Con la estimación de u_i estimamos la desviación estándar a partir de la siguiente modelación:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2}$$

Donde:

$n-1$ = Número de observaciones

$\bar{u}$ = media de u_i

Bajo estos parámetros obtenemos los siguientes resultados en base al resultado obtenido por cada periodo de rendimiento.

Desviación estándar					
Empresa	GC	AM	GM	WM	TM
Periodo	Valor				
30 días	0.006545	0.016315	0.006797	0.008777	0.010382
90 días	0.016954	0.020645	0.010255	0.013672	0.011923
180 días	0.016510	0.018129	0.011079	0.013909	0.010908
360 días	0.014891	0.016867	0.011479	0.014044	0.011627

El último paso para obtener la volatilidad anual es multiplicar la desviación estándar por la raíz cuadrada de 252 días esto es, por 15.874508 lo cual nos da como resultado la volatilidad anual para cada periodo seleccionado, con la siguiente formula:

$$\sigma = s\sqrt{252}$$

³ Los datos obtenidos son al 25 de junio de 2004 omitiendo los días no laborales en la BMV.

De donde obtenemos los siguientes datos útiles para los desarrollos posteriores.

Empresa	Volatilidad anual				
	GC	AM	GM	WM	TM
Periodo	Valor				
30 días	0.103902	0.258995	0.107893	0.139325	0.164811
90 días	0.269142	0.327730	0.162800	0.217039	0.189266
180 días	0.262081	0.287784	0.175881	0.220801	0.173153
360 días	0.236390	0.267759	0.182221	0.222940	0.184573

Siendo este uno de los datos más importantes para estimar las pérdidas o ganancias bursátiles, las cuales puede ocurrir por la combinación de dos factores: la volatilidad en la variable financiera subyacente y la exposición que se tenga sobre la fuente de riesgo. El riesgo puede ser medido, como lo hicimos en este caso con mayor precisión a través de la volatilidad de corto plazo.

De esta manera podemos concluir acerca de la volatilidad, que, si los mercados de opciones son eficientes, la operación de opciones implica apostar sobre la volatilidad, ya que las opciones contienen información acerca del riesgo (volatilidad) del precio. Donde los datos históricos constituyen una alternativa de visión retrospectiva.

2.2 Arbitraje.

Una de las definiciones de la eficiencia de mercado es el arbitraje. El arbitraje significa descubrir dos bienes o activos con iguales características en su elaboración con un precio que difiere en distintos mercados. Las oportunidades de arbitraje de este tipo de activos que solo difieren en el precio consiste en comprar el subyacente en el mercado más barato y venderlo en el más caro, ello implica que en el mercado donde se ofrece a un precio menor el activo, dada la demanda, subirá de precio en un periodo de tiempo corto, de manera simultanea mente en aquel mercado donde el activo se ofrece más caro elevará su precio debido a principalmente al incremento en su oferta.

El arbitraje es el proceso de obtener ganancias sin riesgo aprovechando la valuación diferencial del mismo activo o valor material. En general, el arbitraje implica la venta de un valor a un precio relativamente alto y la compra simultánea del mismo valor a un precio relativamente bajo. El arbitraje es un elemento crítico de los modernos y eficientes mercados de valores. Puesto que por su naturaleza las ganancias de arbitraje no conllevan riesgos ni costos de operación elevados, todo inversionista o intermediario querrá aprovecharlo siempre que lo descubra.

En el supuesto de que un inversionista tiene la oportunidad de aumentar el rendimiento esperado de las carteras que maneja sin aumentar el riesgo de estas, lo hará. El mecanismo para hacerlo de esta manera implica el uso del arbitraje. Ya que no se requiere una inversión adicional de efectivo, no tiene riesgo de factores, e incluso tiene un rendimiento esperado positivo.

El arbitraje incluye posiciones de valores largas y cortas en los valores. Debe tener un rendimiento esperado positivo. Los inversionistas invertirán en las oportunidades de arbitraje, si existen, aumentando los precios de los valores poseídos en posiciones largas y bajando los precios de valores poseídos en posiciones cortas hasta que se hayan eliminado todas las posibilidades de arbitraje.

Para poder comprender de mejor forma en qué consiste el arbitraje dejemos un ejemplo. Considérese el hecho de que las acciones de América Móvil, S.A. de C.V., se negocian por igual en las casas de bolsa de Nueva York y de México⁴, de igual forma hay que considerar que no existen costos de operación por la eficiencia en la transferencia de información y de recursos de un país a otro. Ambas bolsas están abiertas durante parte del día y se dedican a la negociación del mismo título. En ambos países los corredores siguen la actividad de negociación en ambas bolsas.

Supongamos que la acción AMX L se está negociando de \$105.00 en Nueva York y en \$100.00 en México. En esta situación un corredor puede comprar en forma simultánea la acción en la bolsa de México y venderla en la bolsa de valores de Nueva York. Al hacer esto no tendría riesgo alguno y no se requeriría capital. La operación no tendría riesgos debido a que ambas operaciones se realizarán en forma simultánea y no se requerirá capital debido a que las dos operaciones quedarían liquidadas en el mismo momento. El resultado sería una utilidad de \$5.00 por acción⁵ en una operación que no tuvo riesgo y que no requiere de capital por parte del corredor.

⁴ Para este ejemplo hay que considerar que las acciones se cotizan en ambas bolsas en dólares y que el tipo de cambio se constantemente actualizado para, de esta forma evitar el arbitraje por disparidad en el tipo de cambio.

En el ejemplo que acabamos de mostrar, es fácil ver que un mercado que permita oportunidades de arbitraje está funcionando de forma muy pobre. La existencia de oportunidades de arbitraje significa que existen oportunidades de utilidad no exploradas en el mercado. A la vez que resulta el arbitraje como una inconsistencia de la fijación de precios de equilibrio en el mercado de valores internacional.

Por otro lado resulta interesante observar como el arbitraje es anulado, para ello continuamos con el ejemplo anterior. Ya que si se produce un exceso de demanda de la acción AMX L al precio de \$100.00 en la bolsa de valores de México, debido a que todos estarán tratando de vender la acción en \$105.00 en Nueva York, creando un exceso de oferta. Con el exceso de demanda en México, el precio tiende a subir; y con exceso de oferta en la bolsa de Nueva York, el precio tiende a bajar. De hecho cuando los dos precios sean iguales puede existir algún tipo de equilibrio.

En este sentido es necesario tener siempre en cuenta que los inversionistas o agentes financieros, están a favor de rendimientos esperados más altos. Si se presentan con frecuencia las oportunidades de arbitraje se tendría que reconocer que el mercado no es eficiente, ya que con mercados bien desarrollados es de esperarse que las oportunidades de arbitraje sean muy raras, si es que ocurren.

El arbitraje tiene sentido en los contratos de opciones en la medida en que estos se valúan bajo el principio de no arbitraje y es por ese mismo motivo que se impulsa su desarrollo en los mercados bursátiles.

2.3 Función y propiedades de los mercados de opciones.

Como lo indica su nombre una **opción** es el derecho de comprar o vender, en un tiempo determinado un bien o una serie de acciones. Para cada tipo de opción deben existir siempre dos agentes, un comprador y un vendedor. En el caso de una opción de compra el vendedor recibe un pago del comprador y le da a éste la opción de adquirir un determinado paquete accionario a un cierto precio. De igual forma, el vendedor de una opción de venta recibe un pago del comprador, quien adquiere el derecho de vender un bien al vendedor a un cierto precio durante un periodo específico.

⁵ Hay que tomar en cuenta, que, al menos para el caso de la Bolsa Mexicana de Valores el mínimo de acciones a negociar por paquete son 100, esto indica que la utilidad para este ejemplo sería de $5.00 \times 100 = \$500.00$

En cualquiera de los casos la propiedad de una opción incluye el derecho (pero no la obligación) de realizar la operación. Por ejemplo, el propietario de una opción de compra puede comprar un bien al precio contratado durante la vida de la opción, pero no tiene la obligación de hacerlo. La venta de una opción sí compromete al vendedor a obligaciones específicas.

El comprador de una opción en acciones tiene tres posibilidades. Ejercer la opción, venderla antes del vencimiento o dejar que venza sin ejercerla. Cuando se compra una opción se tiene el derecho a comprar o vender, el activo subyacente a un precio predeterminado. Cuando se decide a comprar o vender una acción al precio de ejercicio se dice que se está ejerciendo el derecho. Cuando se vende una opción se tiene la obligación de vender o comprar el activo subyacente. Esto es se ha asignado cuando se requiere que cumpla tal obligación de compra o de venta del activo subyacente.

2.3.1 Fijación del precio de los contratos de opciones.

La fijación del precio de las opciones hace posible demostrar uno de los resultados más interesantes de la investigación de las finanzas modernas. La prima o precio de una opción se negocia en función de la oferta y la demanda. Los precios de las opciones sobre acciones sin dividendos en efectivo dependen de cinco factores:

- Precio de la acción (S): Este es un dato público y conocido en el que no hay discrepancias.
- Precio de ejercicio (E): Se fija al momento de listar el contrato en la Bolsa y es conocido por el comprador y el vendedor, por tanto no hay discrepancias. Hay muchos precios de ejercicio que se pueden elegir para negociar.
- Tiempo hasta el vencimiento (T): Este dato es el número de días que quedan para el vencimiento de la opción. El paso del tiempo es un dato importante sobre todo en los últimos días antes del vencimiento.
- Volatilidad de la acción (σ). La volatilidad o variación que se asume que tendrá un activo desde el día de negociación hasta el día de vencimiento es el dato más importante para valorar opciones. Cuanto más volátil se espera que sea una acción, más cara será la prima y cuánto menos volátil más barata será la prima
- Tasa de interés libre de riesgo (R_f): La tasa de interés correspondiente al plazo entre el día de negociación y el día de vencimiento; es un dato fácil de estimar y se considera habitualmente la TIIE llevada al plazo correspondiente; es un dato público en el que no hay discrepancias y que en cualquier caso afecta muy poco al valor de la prima.

Resulta adecuado tomar en cuenta los efectos de los tres primeros factores únicamente.

2.3.2 Opciones de compra.

La propiedad de una opción de compra (call) le da a su dueño el derecho de comprar un bien en particular a un cierto precio, derecho que se mantiene hasta una fecha límite o bien se hace efectivo en una fecha límite. El vendedor de una opción de compra recibe un pago del comprador y a cambio de éste el vendedor de la opción de compra tiene que estar dispuesto a vender un determinado bien al dueño de la opción si éste a si lo desea.

En el caso de una opción de compra se puede expresar el precio de la opción como una función del precio de la acción, el precio de ejecución y el tiempo que falta hasta el vencimiento $C(S,E,T)$.

Por ejemplo, la ecuación $C(\$120, \$100, 0.25) = \$22.75$, afirma que una opción de compra sobre una acción que se negocia en \$120, con un precio de ejercicio de \$100 u faltando para el vencimiento una cuarta parte de un año, tiene un precio de \$22.75.

El término *al vencimiento*, hace referencia al momento justo antes del vencimiento, si la opción no se ejecuta en ese momento expirará de inmediato y la opción no tendrá valor. Por ejemplo se pone el caso de una opción de compra al vencimiento, donde $T=0$, en este caso sólo se pueden presentar dos posibilidades con referencia a la relación entre el precio de ejercicio (E) y el precio de la acción (S). Sea $S > E$ o $S \leq E$. Si el precio de la acción es menor que el precio de ejecución ($S \leq E$) o igual, la opción de compra no tendrá valor. La razón de esto se hace evidente al tomar el caso de una opción de compra con un precio de ejercicio de \$80 sobre una acción que se negocia en \$70. Puesto que la opción está a punto de vencer, su dueño sólo tiene dos alternativas: ejecutar la opción o dejarla vencer. Si se ejecuta la opción, el tenedor de la misma tiene que pagar el precio de ejecución de \$80 y recibe una acción que se negocia en el mercado en \$70. En esta situación no vale la pena ejecutar la opción y el dueño permitirá que venza y quede sin valor. Por tanto, esta opción no tiene valor y su precio en el mercado será cero. La notación de lo anterior es por tanto:

Si $S \leq E$, $C(S,E,0)=0$

Si una opción está próxima a su vencimiento y el precio de la acción es menor o igual al precio de ejecución, la opción de compra no tiene valor.

La segunda relación posible que se puede obtener entre el precio de la acción y el precio de ejercicio al vencimiento es que el precio de la acción exceda al precio de ejercicio ($S > E$). Esto es:

$$\text{Si } S > E, C(S, E, 0) = S - E$$

Si el precio de la opción tiene que tener un precio igual a la diferencia entre el precio de la acción y el precio de ejecución. Si no se mantuviera esta relación existirían oportunidades de arbitraje.

Esta situación en la cual el precio de la acción es menor o igual al precio de ejercicio y en la que el precio de la acción excede al precio de ejercicio, sirve para enunciar el primer principio básico de la fijación del precio de las opciones.

$$C(S, E, 0) = \max(0, S - E)$$

Al vencimiento, la opción de compra tiene que tener un valor que sea igual a cero o a la diferencia entre el precio de la acción y el precio de ejecución, el que sea mayor de los dos. Esta condición se tiene que mantener pues de lo contrario existirán oportunidades de arbitraje esperando ser explotadas.

El segundo principio de la fijación del precio de las opciones menciona el hecho de que una opción sobre un bien nunca puede valer más que el propio bien. Una opción de compra con un precio de ejercicio de cero y un tiempo infinito hasta el vencimiento tiene que venderse por el mismo precio de la acción, así:

$$C(S, 0, \infty) = S$$

2.3.3 Opciones de venta.

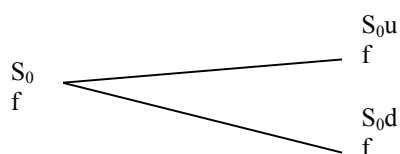
La propiedad de una opción de venta (put) le da a su tenedor el derecho de vender un bien a un precio específico cuyo derecho se encuentra vigente hasta una fecha límite o durante un periodo de tiempo determinado. El propietario de una opción de venta puede vender un bien en las condiciones del contrato de opción, pero no existe la obligación de hacerlo.

2.4 Método Binomial para más de dos periodos.

Un árbol representa diferentes trayectorias posibles que puede seguir el precio de del activo subyacente durante la vida de la opción. Donde el único supuesto es que no hay opciones de arbitraje, esto nos permite deducir el coste inicial de la cartera y por lo tanto el precio de la opción.

Generalizando, consideremos acciones cuyo precio es S_0 y una opción sobre las acciones cuyo precio actual es f , supongamos que la opción durase un tiempo T y que durante la vida de la opción el precio de las acciones pudiera moverse por encima de S_0 hasta su nuevo nivel S_0u o moverse hacia abajo a un nivel de S_0d ($u>1$; $d<1$). El incremento proporcional en el precio de las acciones cuando hay un movimiento hacia arriba es $u - 1$; el descenso proporcional en el precio de las acciones cuando hay un movimiento hacia abajo es $1 - d$. si el precio de las acciones sube hasta S_0u suponemos que el beneficio bruto de la opción es f_u , si el precio baja hasta S_0d el beneficio bruto de la opción será f_d

De esta manera llegamos a la siguiente ilustración:



Suponemos una cartera libre de riesgo Δ , donde el valor de la cartera al final de la vida de la opción es: $S_0u\Delta - f_u$. Cuando haya un movimiento a la baja en el precio de las acciones este será: $S_0d\Delta - f_d$.

Los dos valores de la cartera son iguales cuando

$$S_0u\Delta - f_u = S_0d\Delta - f_d$$

$$\Delta = \frac{f_u - f_d}{S_0u - S_0d}$$

En este caso la cartera es libre de riesgo y gana un interés libre de riesgo. Esto muestra que Δ es el cociente entre el incremento en el precio de la opción y la variación en el precio de las acciones cuando nos movemos de un punto a otro. Considerando el tipo de interés libre de riesgo r , el valor actual de la cartera debe ser:

$(S_0u\Delta - f_u)e^{-rT}$, donde el costo de la cartera es: $S_0\Delta - f$, igualando obtenemos:

$$S_0\Delta - f = (Su\Delta - f_u)e^{-rT}$$

o

$$f = S_0 - p(Su\Delta - f_u)e^{-rT}$$

Sustituyendo para Δ deducimos a f de la siguiente forma:

$$f = e^{-rT} [pf_u + (1-p)f_d]$$

Donde

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d}$$

Estas ecuaciones permiten valorar una opción utilizando un modelo binomial de un periodo. Para una generalización de los árboles binomiales suponemos un precio inicial de las acciones como S_0 , durante cada periodo de tiempo este precio se mueve tanto hacia arriba u veces su valor inicial o hacia abajo d veces (por ejemplo, después de dos movimientos el valor de la opción es f_{uu}). Suponemos que el tipo de interés libre de riesgo está dado y que la duración del periodo es δt años. De esta forma el modelo se determina de la siguiente forma:

$$f_u = e^{-r\delta t} [pf_{uu} + (1-p)f_{ud}]$$

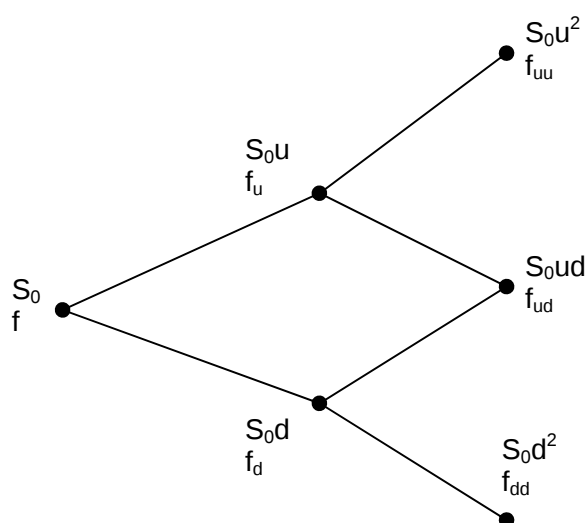
$$f_d = e^{-r\delta t} [pf_{ud} + (1-p)f_{dd}]$$

$$f = e^{-r\delta t} [pf_u + (1-p)f_d]$$

Sustituyendo las dos primeras ecuaciones en la tercera tenemos:

$$f = e^{-2r\delta t} [p^2 f_{uu} + 2p(1-p)f_{ud} + (1-p)^2 f_{dd}]$$

Donde las variables $p^2, 2p(1-p), (1-p)^2$, son las probabilidades de obtener los nodos alto, medio y bajo finales. El precio de la opción es igual a su beneficio bruto esperado en un entorno neutral al riesgo descontando al tipo de interés libre de riesgo.



En la práctica los árboles binomiales se suelen dividir en 30 o más periodos, donde los valores de u y d vienen determinados a partir de la volatilidad del precio de las acciones, σ , de esta forma la serie completa de ecuaciones que definen los árboles son:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\delta t}}$$

$$p = \frac{e^{r\delta t} - d}{u - d}$$

Estas ecuaciones son la base del modelo binomial.

2.5 Método Black-Scholes.

Los supuestos básicos del modelo Black-Scholes son:

1. μ : El rendimiento esperado de las acciones.
2. σ : La volatilidad del precio de las acciones.
3. No hay costos por transacción o impuestos.
4. No hay dividendos sobre las acciones durante la vida de la opción.
5. No hay oportunidades de arbitraje.
6. El tipo de interés libre de riesgo r , es constante.

La razón por la que se establece una cartera libre de riesgo es que el precio de las acciones y el precio de la opción están afectados por la misma fuente de incertidumbre: los movimientos del precio de las acciones. En cualquier período de tiempo corto, el precio de una opción de compra está positivamente correlacionado con el precio de las acciones subyacentes. Mientras que una opción de venta esta negativamente correlacionado.

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

$$c = S_0 N(d_1) - Xe^{-rT} N(d_2)$$

$$p = Xe^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/X) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0/X) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

La función $N(x)$ es la función de distribución de probabilidad para una variable normal estandarizada, esto es, la probabilidad de que una variable aleatoria con una distribución normal estándar sea menor que x . Las variables c y p son los precios de las opciones de compra y venta, S_0 es el precio de las acciones, X es el precio de ejercicio, r es el tipo de interés libre de riesgo, T es el tiempo hasta el vencimiento, y σ es la volatilidad del precio de las acciones.

Una de las ventajas de la utilización del modelo Black-Scholes es el uso de las formulas d_1 y d_2 para la determinación de los precios de los contratos de opciones de compra y venta, ya que con anterioridad a la utilización de este método, se generaban series extensas –con más de 20,000 valores- de números aleatorios para obtener una aproximación al precio de las opciones siendo menos exacta que la diseñada por Black-Scholes. El método Monte Carlo tiene por base esta generación de números aleatorios, que como veremos a continuación lo hace un proceso engorroso y con mayor grado de inexactitud para la determinación de los precios de los contratos.

2.6 Método Monte Carlo.

El modelo consta de dos pasos. Primero, se debe especificar un proceso estocástico para variables financieras, segundo, se simulan senderos de precios ficticios para todas las variables de interés esto es similar al método de simulación histórica. El método Monte Carlo aproxima el comportamiento de los precios de activos financieros, utilizando simulaciones computarizadas (series aleatorias de números) para generar caminatas aleatorias de precios. Es utilizado para simular una variedad de escenarios sobre el valor que podría tener el portafolio en una fecha objetivo. Como tal es el método analítico más completo para medir los riesgos financieros.

Sin embargo, una desventaja del modelo es que se fundamenta en un modelo estocástico específico para los factores de riesgo subyacente que están sujetos al riesgo de que los modelos estén equivocados.

2.6.1 Simulaciones con una variable aleatoria.

El concepto básico Monte Carlo es simular repetidamente un proceso aleatorio para la variable financiera de interés, las simulaciones recrean la distribución.

2.6.1.1 Simulación de una trayectoria de precios.

El primer paso y el más crucial en la simulación, consiste en la elección de un modelo estocástico particular para el comportamiento de los precios. Un modelo comúnmente utilizado

es el de movimiento geométrico browniano el cual esta implícito en la teoría de valuación de opciones. El modelo asume que las innovaciones o movimientos en le precio del activo no están correlacionadas en el tiempo y que los movimientos pequeños en los precios pueden describirse por:

$$dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dz_t$$

Donde:

dz = variable aleatoria distribuida normalmente con media cero y varianza dt . No depende de información pasada.

μ_t y σ_t = representan la tendencia instantánea y la volatilidad en el momento t .

2.6.2 Generación de números aleatorios.

Las simulaciones Monte Carlo se fundamentan en inferencias aleatorias para una variable con la distribución de probabilidad deseada. El análisis procede de dos pasos. El primer componente para un generador de números aleatorios es una distribución uniforme sobre el intervalo $\{0,1\}$, la cual procede de una serie aleatoria x . el siguiente paso es transformar el número aleatorio uniforme x en la distribución deseado, a través de la función de distribución de probabilidad acumulativa inversa (fdp) que, por definición la fdp acumulativa $N(y)$ esta definida entre 0 y 1 tal que $x = N(y)$ o $y = N^{-1}(x)$

CAPÍTULO III. EVALUACIÓN TEÓRICA DE LOS CONTRATOS DE OPCIONES. APLICACIÓN AL CASO DE MÉXICO.

En este capítulo aplicaremos los conceptos analizados en el capítulo anterior con el fin de obtener bajo los dos métodos más importantes para determinar el precio de las opciones para América Móvil, S.A. de C.V, dada la información que se encuentra en los medios que participan en este mercado para el caso mexicano. (Los datos que nos dan estos resultados se pueden consultar en el anexo A).

Acciones representativas del capital social		
Empresa	Abreviatura	Serie
América Móvil, S.A. de C.V.	AM	AMX L

América Móvil, S.A. de C.V.

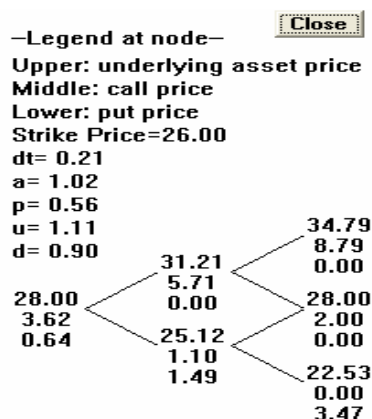
Riesgo = σ anual	250 días	252 días
30 días	0.2409	0.2418
90 días	0.2402	0.2411
180 días	0.2390	0.2399
360 días	0.2801	0.2812

3.1 Modelo Binomial

Para realizar el ejercicio binomial nos auxiliamos del software derivagem cuyos resultados mostramos a continuación. Es necesario hacer mención de que dicho programa se basa en los parámetros y formulas que señalamos en el capítulo anterior.

Close	Tree	—Tree Results—		—Analytical Results—	
Graph		Call	Put	Call	Put
Price:		3.624	0.639	3.532	0.547
Delta(per\$):		0.000	0.000	0.791	-0.209
Gamma(per\$ per\$):		0.000	0.000	0.067	0.067
Theta(per day):		-0.024	-0.004	-0.009	-0.002
Vega(per 1%):		0.052	0.052	0.051	0.051
Rho(per 1%):		0.072	-0.030	0.076	-0.026
Option Type:		Regular			
Exercise:		European			
Asset:		Stock			
Interest Rate(%):		9.420			
Volatility(%):		23.990			
Time to Maturity(yrs):		0.410			
Strike price:		26.000			
Spot price:		28.000			
# of Dividends:		0			

De los datos presentados obtenemos en la sección de análisis los precios de compra (call) y venta (put) para nuestro ejercicio en dos periodos de acciones de América Móvil, S.A. de C.V.



Este ejercicio nos muestra que en el periodo inicial el activo subyacente tiene un valor de \$28.00 con una opción de compra de \$3.62 y de venta por \$0.64. Siendo un activo libre de riesgo, esto es, que no paga dividendos durante la vida de la opción y con un interés libre de riesgo; de seguir durante un periodo más pueden presentarse los siguientes dos casos para el precio del activo subyacente que va a la alza en \$31.21 y a la baja en \$25.12. Cuando sube el precio a \$31.21 la opción de compra se anula (0.00) ya que el precio es superior al convenido en el contrato de opción.

3.2 Modelo Black-Sholes

A continuación presento los datos obtenidos a partir de los cálculos que se generan a partir de la información para cada variable aunada a su descripción con el fin de obtener el calculo exacto en el precio tanto de venta como de compra de opciones tipo americano:

3.2.1 Descripción.

S0: Precio de cierre de la acción al vencimiento de la opción.

X: Precio actual del activo subyacente.

r: Tasa de interés libre de riesgo (para este caso se toma la TIIE a 28 días).

σ : Volatilidad anual.

T: tiempo de vida de la opción (como relación tiempo de vida/total de días del año).

Raíz T: raíz cuadrada para el tiempo de vida de la opción.

Las variables: d1, d2, Nd1, Nd2, N(-d1) y N(-d2), son variables que se formularon en el apartado anterior y corresponden a la metodología del modelo.

Con esta información realizamos el ejercicio para este modelo cuyos resultados son los que se muestran en la siguiente tabla.

DATOS		
S0=	\$	28.00
X=	\$	26.00
r=		9.42%
σ =		23.99%
T=		0.41
raiz T		0.6403
d1=		0.8107
d2=		0.6571
Nd1=		0.7912
Nd2=		0.7444
N(-d1)=		0.2088
N(-d2)=		0.2556
c=	\$	3.5324
p=	\$	0.5473

3.2 Modelo Monte Carlo.

FECHA INICIAL	01/04/2005
FECHA VENCIMIENTO	15/09/2005
DIAS	167
So =	\$ 28.00
X =	\$ 26.00
r =	9.42%
σ =	23.99%
T =	0.41
$T^{(0.5)}$ =	0.64
Pc =	\$ 3.5333
Pv =	\$ 0.5459

Para llegar a estos resultados la metodología utilizada fue la siguiente:

Pasos:

1. Generación de 20001 números aleatorios. (Z^*)
2. Ordenar de forma ascendentes los números aleatorios generados. (Z)
3. Obtener la distribución normal estándar de los números ordenados. (Prob. acum..)
4. Restar la Prob. Acumulada del número anterior a la obtenida en el siguiente número aleatorio. (Prob. Aprox.)
5. Multiplicar el precio de la acción al cierre de la opción (S_0) por el exponente de la tasa de interés menos la volatilidad elevada al cuadrado, esta última dividida entre dos. El resultado de esta

operación multiplicado por el tiempo, más el número aleatorio multiplicado por la volatilidad y por la raíz del tiempo. (St)

6. Obtener el Max del intervalo que va desde 0 hasta St menos el precio de cierre del activo subyacente. (VI-O.C.)
7. Multiplicar la probabilidad aproximada por (V.I. – O.C.). (VI*(PROB. APROX))
8. Obtener el Max del intervalo que va desde 0 hasta el precio de cierre del activo subyacente menos St. (VI-O.V.)
9. Multiplicar prob. Aprox. por (VI-O.V.)

Para obtener el precio de compra Pc y el Pv nos basamos en la formulación para el modelo Monte Carlo a partir de los resultados obtenidos, cuyos resultados son:

$$E(VI) \cdot (e^{-rt}) = Pc = \$3.53$$

$$E(VI) \cdot (e^{-rt}) = Pv = \$0.55$$

Los cuales son los precios de los contratos de opciones tanto de venta (Pv) como de compra (Pc)

Z*	Z	PROB. ACUM.	PROB. APROX	St	VI - O.C.	VI*(PROB. APROX)	VI - O.V.	VI*(PROB. APROX)
		$\Sigma=PROB.=1=$	0.999878126		$\Sigma=E(VI)=$	\$3.67	$\Sigma=E(VI)=$	\$0.57
					$E(VI) \cdot (e^{-rt}) = Pc =$	\$3.53	$E(VI) \cdot (e^{-rt}) = Pv =$	\$0.55

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.

Como vimos a lo largo de este trabajo, los contratos de opciones tienen como una de sus principales funciones cubrir del riesgo a los operadores bursátiles, es por ello que su estudio requiere del conocimiento y operación de modelos como Black-Scholes y Monte Carlo donde se denota claramente que el manejo de estos instrumentos financieros son cubrir de la incertidumbre ante movimientos bruscos en los precios de los activos subyacentes.

A partir de la metodología aplicada para el caso de Black-Scholes y Monte Carlo, tenemos los resultados más aproximados a la evaluación realizada por el mercado de Valores en México. Así el precio de venta y de compra evaluado para acciones de América Móvil cuya fecha de apertura es el 01 de Abril de 2005 y fecha de terminación de vida de la opción es el 29 de Septiembre de 2005, para acciones que no pagan dividendos durante el lapso de tiempo considerado, que tienen una tasa de interés al 9.42% (anual) y con una volatilidad a 360 de 26.78% y cuyo precio inicial es de \$28.00 y cuyo precio final se espera que termine en \$26.00, son:

Pc =	\$	3.5333
Pv =	\$	0.5459

Que contrastan con los estimados por el Mercado de Opciones los cuales son:

Pc =	\$	4.68
Pv =	\$	0.55

Estos resultados varían a razón de \$1.1467 (24.5%) para el Precio de la opción de compra y de \$0.0001 para el precio de la opción de venta. Lo que significa que a mayor volatilidad del activo subyacente los operadores de contratos de opciones tenderán a cubrirse del riesgo financiero que deriva de la operación en el mercado abierto de acciones. Estos incrementos y descensos en los precios obedecen principalmente a la cobertura que hacen los agentes ante cambios inesperados en la dirección de las empresas, en un cambio en las expectativas de crecimiento de las industrias que afectan directamente el rendimiento de sus acciones en bolsa o bien en casos extremos las crisis macroeconómicas que surgen a partir del pesado e ineficientes sistemas financieros, políticos y sociales de los mercados emergentes.

APÉNDICE.

A. Estructura y operación del Mercado de Derivados Mexicano.

El sistema de derivados en México tiene la siguiente estructura con el fin de satisfacer las demandas del mercado y tener competitividad a nivel internacional, en el cual una estructura bien definida y una operación que se establece en tiempo real para las operación entre los agentes toma un importante papel en la medida en que puede mostrar de la eficiencia del sistema financiero. De ahí su importancia.

■ Participantes.

- a) Bolsa de Derivados (Mexder).
- b) Cámara de Compensación (Asigna).
 - Constitución del fideicomiso.
 - Estructura.
 - 1.Comité Técnico.
 - 2.Comités.
 - Funciones y obligaciones de la Cámara de Compensación.
 - Integración del Fondo de Aportaciones y del Fondo de Compensación.
 - La Cámara de Compensación como órgano autorregulado del mercado.
- c) Socios Liquidadores.
- d) Socios Operadores.

■ Autoridades Regulatorias:

- a) Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- b) Banco de México.
- c) Comisión Nacional Bancaria y de Valores.

A.1 Estructura.

La estructura y funciones de la Bolsa de Derivados (MexDer), su Cámara de Compensación (Asigna), los Socios Liquidadores y Operadores que participan en la negociación de contratos de futuros están definidas en las Reglas y en las Disposiciones emitidas por las autoridades financieras para regular la organización y actividades de los participantes en el Mercado de Derivados.

A.2 Instituciones.

La Bolsa de Derivados, constituida por MexDer y Asigna, Compensación y Liquidación, que es un fideicomiso de administración y pago. Estas son las principales instituciones que componen en mercado de operación

MexDer y Asigna, son instituciones que cuentan con facultades autorregulatorias para establecer normas supervisables y sancionables por sí mismas, brindando transparencia y desarrollo ordenado del mercado y seguridad a sus participantes.

Los Socios Liquidadores, Operadores y el personal acreditado deben cumplir la normatividad autorregulatoria y los principios fundamentales de actuación propuestos por el Código de Ética Profesional de la Comunidad Bursátil Mexicana.

La autorregulación para la prevención de riesgos se aplica, principalmente, mediante:

- Requisitos de admisión a los Socios Liquidadores y Operadores.
- Auditorias.
- Certificación del personal de los Socios Liquidadores y Operadores.
- Disposición y validación de sistemas.
- Requisitos contractuales.
- Aplicación del Código de Ética Profesional de la Comunidad Bursátil Mexicana.
- Contralor normativo.
- Supervisión y vigilancia del cumplimiento de las normas operativas.
- Aplicación de medidas preventivas y de emergencia.
- Aplicación de medidas disciplinarias a Socios Liquidadores, Operadores y a su personal que incumplan el marco normativo y reglamentario.

A.3 Factores de competitividad de MexDer y Asigna.

La competitividad en los mercados financieros de una economía como la mexicana es de suma importancia, dadas las características estructurales de esta última, ya que implica una mayor eficiencia de los recursos con que cuenta para el desarrollo de mercados dentro de los cuales

se encuentran inmersas las instituciones financieras como el MexDer y Asigna. De ello derivamos la importancia de los factores que influyen en el mejoramiento de su competitividad. Entre los cuales destacan los siguientes:

- Sistema de Compensación y Liquidación.
- Actualización de posiciones en tiempo real y capacidad de consulta continua.
- Liquidación mismo día.
- Aportaciones en efectivo y valores.
- Administración de valores en aportaciones.
- Actualización diaria del fondo de compensación.
- Evaluación de riesgo en tiempo real.
- Seguimiento de posiciones límite.
- Identificación operativa de participantes, a través del sistema de cuenta única de mercado.

A.4 Principales obligaciones.

Es necesario tener en cuenta que dada la naturaleza de los activos que se manejan en los mercados como el MexDer (principalmente monetarios), estos deben responder necesariamente a un mínimo de obligaciones las cuales garanticen un adecuado funcionamiento y por ello lograr los resultados pertinentes para los cuales fueron creados, tomemos en cuenta que se tratan de negociaciones en un mercado con un alto grado de volatilidad en el cual las más pequeñas fluctuaciones a lo largo del periodo pueden tener como consecuencia pérdidas que lleven al fracaso a los clientes los cuales si recurren a los mercados de derivados lo hacen con el fin de cubrirse del riesgo que conlleva las actividades que realicen. Por esto y otras características coyunturales para los participantes tomemos en cuenta las obligaciones a las que debe de responder el MexDer y Asigna:

- Ofrecer la infraestructura tecnológica y procedimientos para celebrar Contratos de Futuros y Contratos de Opciones.
- Crear los comités necesarios para su funcionamiento.

- Conciliar y decidir a través de los comités establecidos las diferencias que, en su caso, surjan por las operaciones celebradas.
- Mantener programas permanentes de auditoria a los Operadores y Socios Liquidadores.
- Vigilar la transparencia, corrección e integridad de los procesos de formación de precios, así como la estricta observancia de la normativa aplicable en la contratación de las operaciones.
- Establecer los procedimientos disciplinarios destinados a sancionar aquellas infracciones cometidas por los Socios Liquidadores y Operadores, y garantizar que las operaciones se efectúen en un marco de transparencia y confidencialidad.
- Diseñar e incorporar los Contratos de Futuros y Opciones que serán negociados, entre otras.

A.5 Estructura corporativa.

Para tener una visión más amplia del mercado donde operan los contratos de opciones mencionamos la estructura corporativa como el esquema donde se toman las decisiones que pueden afectar los intereses de los participantes, claro esta, que raras veces la toma de alguna medida en particular afecta el desempeño del mercado o de sus integrantes.

a) Asamblea de accionistas.

Es el principal órgano de la sociedad y sus resoluciones legalmente adoptadas son obligatorias para todos los accionistas.

b) Consejo de administración.

Es el órgano encargado de la administración de MexDer y está integrado por consejeros propietarios y sus respectivos suplentes. Entre sus principales funciones se encuentran las siguientes:

- Aprobar la naturaleza de los servicios que preste la sociedad.
- Resolver sobre las solicitudes de admisión de nuevos participantes.
- Constituir e integrar los comités que estime necesarios o convenientes para el desahogo y resolución de asuntos, así como expedir sus reglas de integración y funcionamiento.

- Autorizar o suspender la inscripción de Operadores y Socios Liquidadores.
- Adoptar las medidas necesarias para atender cualquier contingencia que altere o interrumpa la negociación.
- Aprobar las condiciones generales de contratación de nuevos productos.
- Establecer lineamientos para la operación de la Cámara de Compensación, entre otros.

c) Comités.

El Consejo de Administración es apoyado por diversos comités para el desahogo y solución de asuntos de naturaleza específica, previstos en las Reglas y Disposiciones de carácter prudencial emitidas por las Autoridades Financieras, así como en los Estatutos y el Reglamento Interior de MexDer.

d) Comité ejecutivo.

Integrado por el presidente del Consejo, Socios Liquidadores y Operadores que designe el propio Consejo, tiene como funciones elaborar los planes para implementar las estrategias de desarrollo del mercado, su promoción y difusión; revisar y proponer modificaciones al presupuesto de ingresos, egresos e inversión institucional; así como presentar propuestas en cuanto a servicios, comisiones, derechos y tarifas.

e) Comité de admisión y nuevos productos

Es el órgano colegiado de MexDer encargado de auxiliar al Consejo en sus facultades técnicas, de admisión de Socios Liquidadores y Operadores, de autorización de miembros y de acreditación del personal de los mismos.

f) Comité normativo y de ética.

Órgano colegiado encargado de auxiliar al Consejo en sus facultades normativas. Está compuesto por expertos en asuntos regulatorios.

g) Comité de auditoría.

Integrado por expertos en su área, ha tenido a su cargo definir los esquemas de auditoría operativa para los Socios Liquidadores y Operadores del mercado. Establece los programas de auditoría interna a los Socios Liquidadores, Operadores y a la Cámara de Compensación.

h) Comité disciplinario y arbitral.

Es el órgano de MexDer encargado de auxiliar al Consejo en sus facultades disciplinarias. Entre sus principales funciones se encuentran vigilar, resolver y sancionar las infracciones a la normativa vigente.

i) Comité de certificación.

Este comité cumple la responsabilidad de implementar los lineamientos y supervisar el proceso de certificación del personal de los Socios Operadores y Liquidadores, de acuerdo a las disposiciones contenidas en el Reglamento Interior y el Manual de Políticas y Procedimientos de MexDer.

j) Comité de la Cámara de compensación.

Es aquel encargado de vigilar la prestación de servicios contratados entre MexDer y Asigna, así como las comisiones y tarifas cobradas por los mismos, entre otras funciones.

k) Comité de promoción

Es un órgano auxiliar encargado de establecer los lineamientos para promover el mercado de derivados, así como la estrategia de comunicación.

l) Operadores de MexDer.

Los participantes en MexDer pueden ser operadores, socios liquidadores, formadores de mercado, según las siguientes definiciones. .

- Operadores. Los operadores son personas morales facultadas para operar contratos en el Sistema Electrónico de Negociación de MexDer, en calidad de comisionistas de uno o más Socios Liquidadores.
- Socios Liquidadores. Los socios liquidadores son fideicomisos que participan como accionistas de MexDer y aportan el patrimonio de Asigna; teniendo como finalidad liquidar y, en su caso, celebrar por cuenta de clientes, contratos de futuros y opciones operados en MexDer. Para lo cual requieren cubrir los requisitos financieros, crediticios y operativos que establece la normatividad aplicable al mercado de derivados. Los socios liquidadores tienen capitalización independiente, son especialistas en evaluación de riesgos contraparte, segmentan garantías y evitan conflictos de intereses al diferenciar las operaciones de cuenta propia y de terceros.

- **Formadores de Mercado.** Son operadores que han obtenido la aprobación por parte de MexDer, para actuar con tal carácter y que deberán mantener en forma permanente y por cuenta propia, cotizaciones de compra o venta de Contratos de Futuros y Opciones, respecto de la clase en que se encuentran registrados, con el fin de promover su negociación.

A.6 Esquema de Operación.

Actualmente la operación es electrónica, concentrándose en el Sistema Electrónico de Negociación, Registro y Asignación "Sentra-Derivados".

Los Formadores de Mercado cuentan con un sistema de atención telefónica que les permite ser asistidos personalmente por personal del área de Operaciones de MexDer.

Al inicio de este mercado y hasta el 8 de mayo de 2000, la negociación era de "Viva voz" en el Piso de Remates de MexDer. Bajo la siguiente estructura de operación:



Los operadores ingresan sus posturas y el sistema "encripta"⁶ el nombre del intermediario al no revelar su identidad. Esto hace que sea un mercado anónimo, lo que permite igualdad de oportunidad para todos los participantes.

Una vez pactada la operación, MexDer envía a Asigna los datos de la misma, convirtiéndose en el comprador del vendedor y el vendedor del comprador, asumiendo el riesgo de crédito contraparte. Asigna cuenta con calificación AAAmex (Fitch Ratings). Que puede ser ejemplificado en el siguiente esquema



⁶ El encriptamiento se refiere a ocultar los datos mediante una serie de claves.

A.7 Principios básicos de funcionamiento.

La negociación electrónica de contratos de futuros y opciones, a través de sentra-derivados, se efectúa de acuerdo a los siguientes principios básicos:

a) Seguridad.

Las operaciones son efectuadas por los Operadores y Socios Liquidadores autorizados para cada Clase, a través del servicio telefónico y del sistema de "ruteo" y asignación de órdenes. Una vez efectuada y registrada la operación en el sentra derivados, la mesa de control del intermediario puede confirmar o detectar errores, antes de proceder a la asignación y transmisión al sistema de compensación y liquidación.

b) Control de riesgos.

Antes de enviar una orden al control operativo de MexDer, el operador de mesa verifica que el cliente cuente con la capacidad crediticia y tolerancia al riesgo correspondiente a la orden solicitada. Por otra parte, verifica que no rebase su posición límite. El control operativo, a su vez, comprueba que no existan instrucciones para limitar operaciones o cerrar posiciones abiertas. Una vez enviada la operación al sistema de compensación y liquidación, Asigna comprueba que la operación esté debidamente requisitada y dentro de los parámetros de aceptación en cuanto a administración de riesgo, tanto por parte del cliente como del socio liquidador o el operador.

c) Equidad.

El sistema de ruteo y asignación de órdenes asegura el cumplimiento del principio "primero en tiempo, primero en derecho", ya que las órdenes enviadas por los operadores se registran en estricto orden cronológico. Por otra parte, la separación de operaciones por cuenta propia y por cuenta de terceros evita que se presenten conflictos de interés.

d) Autorregulación.

Las diferentes fases del proceso de operación, asignación, compensación y liquidación están claramente definidas en los Reglamentos Interiores y en los Manuales Operativos de MexDer y Asigna. Mantienen permanente supervisión, vigilancia y monitoreo sobre las operaciones, además del control que ejerce el contralor normativo. Cualquier anomalía o controversia que surja durante la sesión de remate, es resuelta, en primera instancia, por el oficial de negociación, auxiliado por el comité de operación, integrado por operadores de productos derivados.

e) Transparencia.

Las posturas y hechos registrados en el sentra derivados se actualizan permanentemente en tiempo real. Asimismo la información de cotizaciones, cierres, asignaciones y precio de liquidación diaria se transmite en tiempo real a las terminales ubicadas en las oficinas de los socios liquidadores y operadores.

Así, hemos visto a lo largo de este capítulo los antecedentes que marcan el surgimiento de los mercados de derivados y opciones donde las estructuras reguladas desempeñan un papel importante, al asegurar óptimos resultados en términos de eficiencia en las operaciones.

Por otro lado, no cabe duda de que para la economía mexicana y principalmente para el sistema financiero de este último marca un importante adelanto la conformación de instituciones como MexDer y Asigna ya que denota el interés de la sociedad en su conjunto por tener una mayor presencia en los mercados internacionales de captación de capital para la obtención de beneficios y mejores instrumentos bursátiles donde la operación jerarquizada y la toma de decisiones en cada nivel operativo es un importante avance en el marco de una mejor competitividad financiera.

ANEXOS.

ANEXO 1. Serie del precio de las acciones para determinar el modelo Black-Scholes.

360 días		
Fecha	Cierre	Rendimiento
22/01/2003	7.523716	
23/01/2003	7.553493	0.003950
24/01/2003	7.474088	-0.010568
27/01/2003	7.503865	0.003976
28/01/2003	7.533642	0.003960
29/01/2003	7.642825	0.014389
30/01/2003	7.622973	-0.002601
31/01/2003	7.642825	0.002601
03/02/2003	7.722231	0.010336
04/02/2003	7.662676	-0.007742
06/02/2003	7.533642	-0.016983
07/02/2003	7.484013	-0.006609
10/02/2003	7.493939	0.001325
11/02/2003	7.225944	-0.036417
12/02/2003	6.948023	-0.039221
13/02/2003	6.987726	0.005698
14/02/2003	6.938097	-0.007128
17/02/2003	7.057206	0.017022
18/02/2003	7.186240	0.018119
19/02/2003	7.275572	0.012354
20/02/2003	7.315275	0.005442
21/02/2003	7.384756	0.009453
24/02/2003	7.384756	0.000000
25/02/2003	7.335127	-0.006743
26/02/2003	7.345053	0.001352
27/02/2003	7.315275	-0.004062
28/02/2003	7.573345	0.034670
03/03/2003	7.603122	0.003924
04/03/2003	7.543568	-0.007864
05/03/2003	7.513791	-0.003955
06/03/2003	7.642825	0.017027
07/03/2003	7.702380	0.007762
10/03/2003	7.553493	-0.019519
11/03/2003	7.513791	-0.005270
12/03/2003	7.394681	-0.015979
13/03/2003	7.454236	0.008022
14/03/2003	7.563419	0.014541
17/03/2003	7.543568	-0.002628

360 días		
Fecha	Cierre	Rendimiento
18/03/2003	7.573345	0.003940
19/03/2003	7.533642	-0.005256
20/03/2003	7.444310	-0.011929
24/03/2003	7.245795	-0.027029
25/03/2003	7.266671	0.002877
26/03/2003	7.316374	0.006817
27/03/2003	7.296493	-0.002721
28/03/2003	7.266671	-0.004096
31/03/2003	7.226908	-0.005487
01/04/2003	7.246789	0.002747
02/04/2003	7.395900	0.020367
03/04/2003	7.505248	0.014677
04/04/2003	7.723944	0.028723
07/04/2003	7.882996	0.020383
08/04/2003	7.982403	0.012531
09/04/2003	7.942640	-0.004994
10/04/2003	7.793529	-0.018952
11/04/2003	7.882996	0.011414
14/04/2003	7.942640	0.007538
15/04/2003	8.061928	0.014907
16/04/2003	8.012226	-0.006184
21/04/2003	8.121573	0.013555
22/04/2003	8.280625	0.019395
23/04/2003	8.290566	0.001200
24/04/2003	8.618610	0.038806
25/04/2003	8.638490	0.002304
28/04/2003	8.618610	-0.002304
29/04/2003	8.678253	0.006896
30/04/2003	8.598728	-0.009206
02/05/2003	8.906891	0.035211
05/05/2003	9.046061	0.015504
06/05/2003	8.906891	-0.015504
07/05/2003	8.946653	0.004454
08/05/2003	8.618610	-0.037356
09/05/2003	8.936712	0.036244
12/05/2003	8.986416	0.005546
13/05/2003	8.936712	-0.005546
14/05/2003	9.205113	0.029591

360 días		
Fecha	Cierre	Rendimiento
15/05/2003	9.354223	0.016069
16/05/2003	9.085824	-0.029113
19/05/2003	8.857187	-0.025486
20/05/2003	8.807483	-0.005628
21/05/2003	8.827365	0.002255
22/05/2003	9.016238	0.021171
23/05/2003	9.165350	0.016403
26/05/2003	9.125587	-0.004348
27/05/2003	9.324401	0.021553
28/05/2003	9.185231	-0.015038
29/05/2003	9.234934	0.005397
30/05/2003	9.393986	0.017076
02/06/2003	9.543097	0.015748
03/06/2003	9.582860	0.004158
04/06/2003	9.751853	0.017481
05/06/2003	9.364164	-0.040567
06/06/2003	9.334342	-0.003190
09/06/2003	9.314460	-0.002132
10/06/2003	9.423808	0.011671
11/06/2003	9.403927	-0.002112
12/06/2003	9.533156	0.013648
13/06/2003	9.453631	-0.008377
16/06/2003	9.632563	0.018750
17/06/2003	9.702149	0.007198
18/06/2003	9.751853	0.005110
19/06/2003	9.612682	-0.014374
20/06/2003	9.582860	-0.003107
23/06/2003	9.463572	-0.012526
24/06/2003	9.717460	0.026474
25/06/2003	9.627852	-0.009264
26/06/2003	9.797111	0.017427
27/06/2003	9.757286	-0.004073
30/06/2003	9.767242	0.001020
01/07/2003	10.016150	0.025165
02/07/2003	10.095800	0.007921
03/07/2003	9.946457	-0.014903
04/07/2003	9.966370	0.002000
07/07/2003	10.205320	0.023693
08/07/2003	10.175450	-0.002931
09/07/2003	10.055970	-0.011811
10/07/2003	9.996239	-0.005958
11/07/2003	9.976327	-0.001994
14/07/2003	10.215280	0.023670
15/07/2003	10.284970	0.006799
16/07/2003	10.324800	0.003865
17/07/2003	10.195360	-0.012616

360 días		
Fecha	Cierre	Rendimiento
18/07/2003	10.304880	0.010685
21/07/2003	10.404450	0.009616
22/07/2003	11.101400	0.064838
23/07/2003	11.479740	0.033513
24/07/2003	11.449870	-0.002605
25/07/2003	11.838170	0.033351
28/07/2003	11.828210	-0.000842
29/07/2003	11.489700	-0.029036
30/07/2003	11.479740	-0.000867
31/07/2003	11.728650	0.021451
01/08/2003	11.609170	-0.010239
04/08/2003	11.439910	-0.014687
05/08/2003	11.240790	-0.017559
06/08/2003	11.250740	0.000885
07/08/2003	11.509610	0.022748
08/08/2003	11.808300	0.025620
11/08/2003	11.858080	0.004207
12/08/2003	11.838170	-0.001680
13/08/2003	12.077130	0.019985
14/08/2003	12.226470	0.012290
15/08/2003	12.306120	0.006493
18/08/2003	12.405690	0.008059
19/08/2003	12.475380	0.005602
20/08/2003	12.246380	-0.018527
21/08/2003	12.405690	0.012925
22/08/2003	12.355900	-0.004022
25/08/2003	12.226470	-0.010530
26/08/2003	12.186650	-0.003262
27/08/2003	12.266300	0.006515
28/08/2003	12.555030	0.023266
29/08/2003	12.734250	0.014174
01/09/2003	12.843770	0.008564
02/09/2003	12.933380	0.006953
03/09/2003	12.764120	-0.013173
04/09/2003	12.903510	0.010861
05/09/2003	12.923420	0.001542
08/09/2003	12.823860	-0.007734
09/09/2003	12.584900	-0.018810
10/09/2003	12.624730	0.003160
11/09/2003	12.634680	0.000788
12/09/2003	12.644640	0.000788
15/09/2003	12.584900	-0.004736
17/09/2003	12.634680	0.003948
18/09/2003	12.863680	0.017962
19/09/2003	12.803940	-0.004655
22/09/2003	12.694420	-0.008590

360 días		
Fecha	Cierre	Rendimiento
23/09/2003	12.779150	0.006652
24/09/2003	12.689440	-0.007045
25/09/2003	12.719340	0.002354
26/09/2003	12.719340	0.000000
29/09/2003	12.828990	0.008584
30/09/2003	12.669500	-0.012510
01/10/2003	12.789120	0.009397
02/10/2003	12.360490	-0.034090
03/10/2003	12.529950	0.013617
06/10/2003	12.519980	-0.000796
07/10/2003	12.789120	0.021269
08/10/2003	12.958580	0.013163
09/10/2003	13.008420	0.003839
10/10/2003	13.088160	0.006111
13/10/2003	13.128040	0.003042
14/10/2003	12.958580	-0.012992
15/10/2003	12.828990	-0.010051
16/10/2003	12.809060	-0.001555
17/10/2003	12.888800	0.006206
20/10/2003	12.838960	-0.003874
21/10/2003	13.088160	0.019224
22/10/2003	12.779150	-0.023893
23/10/2003	12.739280	-0.003125
24/10/2003	12.749250	0.000782
27/10/2003	12.868870	0.009339
28/10/2003	12.918710	0.003865
29/10/2003	12.809060	-0.008524
30/10/2003	13.018390	0.016210
31/10/2003	13.108100	0.006867
03/11/2003	13.646380	0.040244
04/11/2003	13.716160	0.005100
05/11/2003	13.686250	-0.002183
06/11/2003	13.835780	0.010866
07/11/2003	14.204600	0.026308
10/11/2003	13.905550	-0.021278
11/11/2003	13.945420	0.002863
12/11/2003	14.244470	0.021218
13/11/2003	14.563450	0.022146
14/11/2003	14.553480	-0.000685
17/11/2003	14.334180	-0.015183
18/11/2003	14.503640	0.011753
19/11/2003	13.905550	-0.042112
21/11/2003	14.055070	0.010695
24/11/2003	13.875650	-0.012848
25/11/2003	13.995270	0.008584
26/11/2003	14.174690	0.012739

360 días		
Fecha	Cierre	Rendimiento
27/11/2003	14.314250	0.009798
28/11/2003	14.762810	0.030856
01/12/2003	14.892400	0.008740
02/12/2003	15.301090	0.027073
03/12/2003	15.201410	-0.006536
04/12/2003	15.161540	-0.002626
05/12/2003	15.141600	-0.001316
08/12/2003	15.021980	-0.007931
09/12/2003	14.593350	-0.028949
10/12/2003	14.503640	-0.006166
11/12/2003	14.653160	0.010256
15/12/2003	14.643190	-0.000681
16/12/2003	14.543510	-0.006831
17/12/2003	14.593350	0.003421
18/12/2003	14.792720	0.013569
19/12/2003	14.952210	0.010724
22/12/2003	15.076930	0.008307
23/12/2003	14.967170	-0.007307
24/12/2003	15.176710	0.013903
26/12/2003	15.166740	-0.000657
29/12/2003	15.216630	0.003284
30/12/2003	15.316410	0.006536
31/12/2003	15.426170	0.007141
02/01/2004	15.685600	0.016678
05/01/2004	16.563680	0.054469
06/01/2004	16.294270	-0.016399
07/01/2004	16.384070	0.005496
08/01/2004	16.683410	0.018105
09/01/2004	17.032650	0.020717
12/01/2004	17.092520	0.003509
13/01/2004	17.162360	0.004078
14/01/2004	16.942850	-0.012873
15/01/2004	16.932870	-0.000589
16/01/2004	17.062580	0.007631
19/01/2004	17.192300	0.007574
20/01/2004	17.671250	0.027477
21/01/2004	17.800960	0.007313
22/01/2004	17.840880	0.002240
23/01/2004	18.020480	0.010016
26/01/2004	18.190110	0.009369
27/01/2004	18.170150	-0.001098
28/01/2004	17.621360	-0.030668
29/01/2004	17.431770	-0.010817
30/01/2004	17.451730	0.001144
02/02/2004	17.810940	0.020374
03/02/2004	17.850850	0.002238

360 días		
Fecha	Cierre	Rendimiento
04/02/2004	17.990550	0.007795
06/02/2004	18.130240	0.007735
09/02/2004	18.579260	0.024465
10/02/2004	18.369720	-0.011342
11/02/2004	18.469500	0.005417
12/02/2004	19.138030	0.035557
13/02/2004	19.497240	0.018595
16/02/2004	19.567090	0.003576
17/02/2004	19.986170	0.021191
18/02/2004	20.046040	0.002991
19/02/2004	19.906350	-0.006993
20/02/2004	19.357550	-0.027956
23/02/2004	19.247790	-0.005686
24/02/2004	19.567090	0.016453
25/02/2004	19.467310	-0.005112
26/02/2004	19.597030	0.006641
27/02/2004	19.646920	0.002543
01/03/2004	20.285520	0.031987
02/03/2004	20.036060	-0.012374
03/03/2004	19.976190	-0.002993
04/03/2004	20.744510	0.037741
05/03/2004	20.624770	-0.005789
08/03/2004	20.225650	-0.019541
09/03/2004	20.205690	-0.000987
10/03/2004	20.125870	-0.003958
11/03/2004	19.597030	-0.026628
12/03/2004	19.527180	-0.003571
15/03/2004	19.417420	-0.005637
16/03/2004	19.387490	-0.001543
17/03/2004	19.537160	0.007690
18/03/2004	19.686830	0.007632
19/03/2004	20.724550	0.051369
22/03/2004	20.095930	-0.030802
23/03/2004	20.530300	0.021385
24/03/2004	20.630160	0.004852
25/03/2004	21.349120	0.034256
26/03/2004	21.309180	-0.001873
29/03/2004	21.798470	0.022702
30/03/2004	21.818440	0.000916
31/03/2004	21.548830	-0.012434
01/04/2004	21.858380	0.014263
02/04/2004	22.078060	0.010000
05/04/2004	21.898320	-0.008174
06/04/2004	21.678640	-0.010082
07/04/2004	21.778500	0.004596
12/04/2004	22.247820	0.021321

360 días		
Fecha	Cierre	Rendimiento
13/04/2004	21.938270	-0.014011
14/04/2004	21.508890	-0.019766
15/04/2004	21.159390	-0.016383
16/04/2004	21.079510	-0.003782
19/04/2004	21.149410	0.003311
20/04/2004	21.399050	0.011735
21/04/2004	21.219310	-0.008435
22/04/2004	21.359100	0.006566
23/04/2004	21.498900	0.006524
26/04/2004	21.309180	-0.008864
27/04/2004	21.668660	0.016729
28/04/2004	20.650130	-0.048145
29/04/2004	19.601650	-0.052108
30/04/2004	19.272120	-0.016954
03/05/2004	20.080950	0.041112
04/05/2004	20.630160	0.026982
05/05/2004	20.060980	-0.027977
06/05/2004	19.391950	-0.033919
07/05/2004	19.172270	-0.011393
10/05/2004	18.263580	-0.048556
11/05/2004	19.312070	0.055821
12/05/2004	19.471830	0.008239
13/05/2004	19.591660	0.006135
14/05/2004	19.551720	-0.002041
17/05/2004	18.952590	-0.031123
18/05/2004	19.411920	0.023947
19/05/2004	19.711490	0.015314
20/05/2004	19.731460	0.001013
21/05/2004	19.651570	-0.004057
24/05/2004	19.861270	0.010614
25/05/2004	20.120900	0.012987
26/05/2004	20.280660	0.007909
27/05/2004	20.380520	0.004912
28/05/2004	19.991080	-0.019293
31/05/2004	20.031030	0.001996
01/06/2004	19.991080	-0.001996
02/06/2004	19.781390	-0.010545
03/06/2004	19.571690	-0.010657
04/06/2004	20.330590	0.038043
07/06/2004	21.269230	0.045135
08/06/2004	21.309180	0.001877
09/06/2004	20.859830	-0.021313
10/06/2004	20.969670	0.005252
11/06/2004	20.989640	0.000952
14/06/2004	20.360550	-0.030430
15/06/2004	20.700060	0.016537

Felipe N. Islas I.
(E.T.C.O.)

360 días		
Fecha	Cierre	Rendimiento
16/06/2004	20.550270	-0.007263
17/06/2004	20.650130	0.004848
18/06/2004	20.999620	0.016783
21/06/2004	20.740000	-0.012440
22/06/2004	20.540000	-0.009690

Fecha	Cierre	Rendimiento
23/06/2004	20.410000	-0.006349
24/06/2004	20.590000	0.008781
25/06/2004	20.600000	0.000486
Rendi. Prom.		0.002806
$\sigma=$		0.016867
V. total=		0.26775904

BIBLIOGRAFÍA.

- Kolb, Robert W.; *Inversiones*; Ed. Noriega Limusa; 2001; 746 pp.
- MexDer, Mercado Mexicano de Derivados, S.A. de C.V.; *Las 30 preguntas más frecuentes sobre Opciones.*; 2004; 16 pp.
- Jorion, Philippe; *Valor en riesgo*; Ed. Noriega Limusa, MexDer; 2002; 357 pp.
- Hull, John C; *Introducción a los mercados de futuros y opciones*; 4ed; Ed. Prentice Hall; 2002 576 pp.
- Strong, Robert: *Derivatives an introduction*; Ed. South-Western Thomson Learning; 2002, 444 pp.
- Alexander, Sharpe, Bailey; *Fundamentos de inversiones teoría y práctica*; Ed. Pearson Educación, 3ª ed., 781 pp.
- Las imágenes que se presentan han sido tomadas de las páginas de Internet: www.mexder.com y www.asigna.com. Derechos. Reservados.
- DerivaGem (Versión 2.3) A-J Financial Systems Inc. Copyright © 1996-1997