



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ANÁLISIS DE LA VALUACIÓN DE OPCIONES SOBRE
FUTUROS PARA REALIZAR UN SISTEMA DE
APLICACIÓN COMPUTACIONAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

A C T U A R I A

P R E S E N T A:

SANDRA ALICIA SIRAHÍ BERRUECO ALVARADO

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN I. JOSÉ ANTONIO CLIMENT HERNÁNDEZ



**FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM**

2005



**FACULTAD DE CIENCIAS
SECCIÓN ESCOLAR**

0349966



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo reespecial.

NOMBRE: Sandra Alicia Sirahi Berrueco Alvarado

FECHA: 21/Noviembre/05

FIRMA: [Firma]

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "Análisis de la Valuación de Opciones sobre Futuros para realizar un Sistema de aplicación Computacional."

realizado por Berrueco Alvarado Sandra Alicia Sirahi.

con número de cuenta 09720246-6 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Actuaría

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario M. en I. José Antonio Climent Hernández

[Firma]

Propietario M. en A. P. María del Pilar Alonso Reyes

[Firma]

Propietario Act. Miguel Santa Rosa Sierra

[Firma]

Suplente Act. Enrique Maturano Rodríguez

[Firma]

Suplente Act. Jorge Luis Silva Haro

[Firma]

Consejo Departamental de Matemáticas



[Firma]

Act. Jaime Vázquez Alamilla

FACULTAD DE CIENCIAS
CONSEJO DEPARTAMENTAL
DE
MATEMÁTICAS

Para:

Ma. Antonia y Sergio Ignacio

(mis padres)

Faby y Sergio

(mis hermanos)

Fernanda

(mi pequeña sobrina)

Í N D I C E

Resumen.....	1
--------------	---

Introducción.....	3
-------------------	---

Capítulo 1

Objetivos.....	5
1.1 Precedentes históricos del mercado de futuros y opciones.....	6
1.1.1 Antecedentes del mercado de futuros.....	6
1.1.2 Antecedentes del mercado de opciones.....	10
1.1.3 Antecedentes del Mercado Mexicano de Derivados.....	14
1.2 Definición general de mercado.....	20
1.2.1 Definición de mercado.....	20
1.2.2 Concepto de mercado organizado.....	20
1.2.3 Definición de mercado extrabursátil.....	21
1.2.4 Definición de mercado financiero.....	21
1.3 Estructura organizacional del Mercado Mexicano de Derivados (MexDer).....	22
1.3.1 Participantes en el Mercado Mexicano de Derivados.....	22
1.4 Riesgo del mercado de productos derivados.....	28
1.4.1 Definición de riesgo.....	28
1.4.2 Clasificación de los riesgos financieros.....	28
1.4.3 Administración de riesgos.....	30
1.4.4 El proceso de administración de riesgos.....	32
Conclusiones.....	35

Capítulo 2

Objetivos.....	37
2.1 Información general de los contratos de futuros	38
2.1.1 ¿Qué es un contrato de futuros?.....	38
2.1.2 Innovaciones de los contratos de futuros.....	40
2.1.3 Ventajas de los contratos de futuros.....	41
2.1.4 Desventajas de los contratos de futuros.....	42
2.2 Funcionamiento del mercado de futuros.....	42
2.2.1 Diseño de los contratos.....	42
2.2.2 Procedimientos comerciales.....	46
2.2.3 Cámara de compensación.....	49
2.3 Estructura del precio de futuros.....	51
2.3.1 Supuestos y definición de variables.....	51
2.3.2 Relación entre precios spot y precios de futuros.....	52
2.3.3 Determinación de precios.....	54
2.3.4 La base.....	55
Conclusiones.....	59

CAPÍTULO 3

	Objetivos.....	61
3.1	Información general de las opciones sobre contratos de futuros.....	62
	3.1.1 ¿Qué es un contrato de opciones?.....	62
	3.1.2 Definición de opciones sobre contratos de futuros.....	63
	3.1.3 Ventajas de las opciones sobre los contratos de futuros.....	63
3.2	Funcionamiento del mercado de opciones sobre contratos de futuros.....	64
	3.2.1 Las opciones sobre contratos de futuros.....	64
	3.2.2 Característica de las opciones sobre contratos de futuros.....	66
	3.2.3 La opción de compra sobre contratos de futuros.....	66
	3.2.4 La opción de venta sobre contratos de futuros.....	69
	3.2.5 Opciones europeas vs. opciones americanas.....	71
	3.2.6 Ejercicio en efectivo.....	72
	3.2.7 Ejercicio en especie.....	72
	3.2.8 Emisión cubierta y descubierta de una opción de compra.....	72
	3.2.9 Emisión cubierta y descubierta de una opción de venta.....	73
	3.2.10 Posición larga.....	73
	3.2.11 Posición corta.....	75
3.3	Cámara de compensación.....	77
	3.3.1 Depósito de garantía.....	78
3.4	Factores que influyen sobre el valor de la prima.....	80
	3.4.1 Factores exógenos.....	80
	3.4.2 Factores endógenos.....	84
	Conclusiones.....	86

Capítulo 4

	Objetivos.....	87
4.1	Estructura del precio de las opciones sobre los contratos de futuros.....	88
	4.1.1 Supuestos y definición de variables.....	88
	4.1.2 Valor intrínseco.....	89
	4.1.3 Valor extrínseco.....	90
	4.1.4 Límites del valor de una opción sobre contratos de futuros.....	92
4.2	Algunas relaciones entre opciones europeas y opciones americanas.....	97
	4.2.1 Opción de compra.....	97
	4.2.2 Opción de venta.....	98
	4.2.3 Paridad de compra venta para opciones europeas.....	98
	4.2.4 Paridad de compra venta para opciones americanas.....	100
4.3	Métodos de valuación de opciones sobre contratos de futuros.....	102
	4.3.1 Árboles binomiales.....	102
	4.3.2 Árboles binomiales de un periodo.....	102
	4.3.3 Árboles binomiales de dos o más periodos.....	107
	4.3.4 Árboles binomiales para opciones americanas.....	113
	4.3.5 Movimiento browniano.....	114
	4.3.6 Lema de Itô.....	116
	4.3.7 Distribución lognormal.....	118
	4.3.8 Modelos Black-Scholes.....	120
	4.3.9 Concepto de griegas para el modelo Black-Scholes.....	124
	Conclusiones.....	134

Capítulo 5

	Objetivos.....	135
5.1	Diseño del Sistema.....	136
	5.1.1 Origen del sistema.....	136
	5.1.2 Requerimientos de software.....	137
5.2	Manual de usuario.....	138
	5.2.1 Presentación.....	138
	5.2.2 Menú principal.....	139
	5.2.3 Módulo para valuar futuros.....	140
	5.2.4 Módulo para valuar opciones de compra.....	144
	5.2.5 Módulo para valuar opciones de venta.....	148
	5.2.6 Ligas.....	151
	5.2.7 Salir del sistema.....	152
	Conclusiones.....	153
	Conclusiones.....	155
	Bibliografía.....	157

AGRADECIMIENTOS

Más que agradecer quiero hablar con el corazón y es por ello que han vuelto a mi mente un sin fin de recuerdos que con el pasar del tiempo fueron forjando lo que hasta el día de hoy puedo nombrar como mi mayor logro. Sin embargo, estoy consiente que hay personas que llevo dentro de mi corazón y que han sido muy importantes en el camino recorrido.

Papás, a ustedes que desde mi llegada iluminaron mi camino, para que en todo momento caminara con paso firme, a ustedes que velaron mis sueños, a ustedes que disfrutaron mis triunfos y lloraron mis fracasos; gracias a ustedes hoy puedo ver hecho realidad mi sueño.

Papá: Ahora veras el fruto de tus semillas, ahora sabrás que todo sacrificio ha valido la pena, ten por seguro que la batalla ha sido superada y que hemos salido vencedores; tu y yo sabemos todos los sacrificios por los que tuvimos que pasar para que este sueño se hiciera realidad y créeme estoy muy orgullosa de ti; gracias por mostrarme día tras día tu espíritu de lucha, gracias por ser mi padre.

Mamá: Antes que nada quiero darte las gracias por darme la oportunidad de venir a un mundo en el cual me he llenado de alegrías, triunfos, pero sobre todo donde ustedes como padres me han hecho sumamente feliz. Gracias mamá por haber velado todas mis pesadillas, gracias por mostrarme que en la vida para ser un triunfador solo debo de hacer las cosas con el corazón y con el alma, gracias por entregarte a mi en todo momento; estoy muy contenta de contar con una madre y una amiga como tu, que ha estado conmigo, tanto en las buenas como en las malas, se que para ti fue difícil salir adelante cuando te encontraste sola con tus tres hijos, sin embargo tu valor nos saco triunfantes y eso tengo que admirarlo; Estoy muy orgullosa de ti y este logro lo dedico a todas tus desmañadas y desvelos, gracias mamá por ser mi compañera fiel.

Fabis y Sergio: Con ustedes disfrute juegos, risas, momentos inolvidables e imborrables, con ustedes descubrí nuevos horizontes, con ustedes conocí la vida, con ustedes aprendí a decir mis primeras palabras, con ustedes di mis primeros pasos y ahora con ustedes he llegado al final del camino. Con ustedes he recorrido gran parte de mi vida; por no decir que toda, gracias por enseñarme lo que significa hermandad, gracias por tenderme la mano cuando mas los he necesitado, gracias por llorar mis penas, gracias por disfrutar mis victorias y sobre todo gracias por ser mis hermanos, créanme que me siento muy orgullosa de los dos y quiero que nunca olviden que todos los días aprendí algo de ambos y es por ello que hoy me encuentro aquí, sinceramente les agradezco por ser mis compañeros fieles, mis mejores amigos los quiero y a ustedes dedico esta alegría, gracias.

Fernanda: Fer gracias por llenar mi vida con una pequeña sonrisa, gracias por mostrarme que nunca debemos darnos por vencidos, sino todo lo contrario, debemos sonreír en todo momento solo así vamos a salir adelante, gracias por iluminar mi camino con tu inocencia, ternura, cariño, alegría, en fin gracias por haber llegado a mi vida y llenarla de alegrías inolvidables gracias.

A Carlos Álvarez que desde que llegó a mi vida ha estado pendiente de mis logros apoyándome en todo momento, que con un abrazo y una sonrisa en momentos difíciles me ha levantando de los tropiezos, gracias por demostrarme que con una sola palabra de aliento el mundo se ve diferente, gracias por estar en este momento tan importante en mi vida.

Abuelita Lupita: A ti abue que con tus historias llenaste de moralejas mi vida, a ti que con tus recuerdos llenaste de esperanza mi camino, a ti que te desvelaste conmigo en un sin fin de ocasiones, a ti dedico este gran logro, por ser una gran mujer y sobre todo una excelente abuelita gracias.

A mis tíos y primos les agradezco su cariño y apoyo, especialmente a mi tía Alejandra Alvarado quien no sólo ha mostrado interés en mi vida personal, sino en mi desarrollo académico y quién siempre confió en que alcanzaría este sueño.

A mis compañeros Héctor Barajas y Gerardo Galindo con quienes compartí todo tipo de momentos, con los que poco a poco me enfrente a un mundo nuevo, con quienes disfrute infinidad de triunfos, con quienes experimente hambres y con los que también llene mi alma de frutos que hoy en día han madurado.

Agradezco de igual manera al Arq. Manuel Alvarez y a la Sra. Mara por brindarme su confianza, su amistad, su apoyo y sobre todo por haberme abierto las puertas de sus corazones, gracias por todos sus ánimos y buenos deseos.

A José A. Climent quién dirigió este trabajo, me respaldo y fue en todo momento el apoyo más importante para que mi tesis tuviera información de calidad. Asimismo agradezco a la maestra María del Pilar y el act. Miguel Santa Rosa quienes se tomaron el tiempo de revisar con paciencia este trabajo.

Finalmente y no por ello es menos importante, quiero agradecer a mi segundo hogar; a la máxima casa de estudios de México la “*Universidad Nacional Autónoma de México*”, de la cual me siento muy orgullosa por su coraje y espíritu, que me hacen llevarla en el corazón. Nunca olvidaré que me abrió las puertas a un futuro mejor, que me mostró todas las caras de la vida y que me ha dado las armas para labrar un futuro exitoso.

RESUMEN

Analizar los modelos *Cox, Ross & Rubinstein* y *Black & Scholes* para la valuación de opciones sobre contratos de futuros, para desarrollar un sistema de aplicación de los modelos estudiados, el sistema permite calcular el precio de las opciones americanas y opciones europeas de compra y venta sobre futuros, así como las griegas para el modelo *Black & Scholes*.

INTRODUCCIÓN

Los participantes en cualquier mercado financiero tienen distintas necesidades de inversión, que dependen entre otras cosas de la posición de riesgo-rendimiento que requieren y de sus perspectivas sobre estos mercados. Como resultado de esto se han diseñado e implementado instrumentos financieros que permiten administrar el riesgo, lo cual se ha logrado con éxito gracias a la innovadora existencia de los productos financieros derivados.

Dentro de los instrumentos derivados se encuentran los *Forwards*, *Futuros*, *Swaps* y *Opciones*, estos productos permiten participar en los mercados de manera más flexible, ya que con ellos se puede invertir a partir de una expectativa de mercado, invertir sin tener idea clara del sentido de los movimientos adversos, aprovechar más fácilmente posibles discrepancias de precios entre productos similares, y muchas otras estrategias.

Por esta razón, el enfoque que tiene la presente tesis es el de la comprensión de los contratos de opciones, con especial atención a los contratos de opciones sobre futuros que es el tema central, pues en años recientes, al igual que todos los demás productos derivados han tenido una gran aceptación e impacto en la comunidad empresarial y financiera de los EUA y de otros países desarrollados, con el propósito que sirva de base para investigaciones más avanzadas que puedan implementarse en el mercado mexicano, lo cual permita un creciente desarrollo realizando contratos de opciones sobre futuros en el mercado mexicano.

Con la intención de tener un mejor panorama de los capítulos centrales, se tiene la intención la mostrar los antecedentes históricos tanto del mercado de futuros como del mercado de opciones, así como algunas definiciones que se utilizarán a lo largo de la tesis. Además se hace referencia a la organización del mercado mexicano y se analiza el papel que juega la administración de riesgos en los productos derivados.

Continuando con el desarrollo de la tesis se estudia de manera muy general las características del mercado de futuros, su funcionamiento y la estructura de los precios de los futuros, permitiendo llegar al tema principal de este trabajo, es decir las opciones sobre contratos de futuros.

Dentro del conjunto de opciones se adentra a la definición de opciones sobre futuros y las variables que la afectan. Se da una descripción detallada del contrato y sus características, esto es: tipo de contrato compra o venta; estilo del contrato americano o europeo; liquidación de ejercicio en efectivo y ejercicio en especie; emisión cubierta o descubierta. Con lo cual se identifican los factores que influyen en el valor de la prima.

La historia y el conocimiento de las características de los contratos de opciones, al igual que la definición de los factores de influencia en el precio de las opciones sobre futuros, introducen a la necesidad de contar con modelos numéricos y analíticos, que se analizan y desarrollan en esta tesis, donde se observa que su aplicación depende del estilo de los contratos, característica que anexa restricciones en el método de valuación. Cabe resaltar que el análisis teórico de los modelos de valuación está basado en el valor intrínseco, valor extrínseco, paridad de compra venta, distribución *Bernoulli*, distribución Binomial, proceso estocástico, distribución Lognormal y la derivación de la ecuación diferencial de Black & Scholes como resultado de emplear el teorema del límite central para inferir que la suma de variables independientes e idénticamente distribuidas converge a la variables con distribución Normal. Para las opciones de estilo americano, se crea el árbol Binomial y por medio del principio de inducción hacia atrás se resuelve el problema de maximizar el flujo de efectivo en valor presente, de acuerdo a las restricciones del contrato.

Finalmente, se muestra de manera sintetizada las características del sistema que permite valuar futuros y contratos de opciones sobre futuros. El sistema se codifica en **Linux** de *Red Hat* que provee el servidor **WEB Apache** que ejecuta las aplicaciones **PHP**, interactúa con **PostgreSQL** y administra las rutinas de control de memoria mediante **HTTP**. También se ejemplifica la manera de usar el sistema utilizando ejercicios para observar el despliegue de las pantallas con los resultados obtenidos de acuerdo a la información proporcionada.

CAPÍTULO 1

OBJETIVOS

Conocer la evolución y desarrollo del mercado de futuros y opciones así como la influencia que ha generado alrededor del mercado organizado en México.

Conocer a los participantes del mercado mexicano de derivados e identificar a la entidad financiera que se encarga de coordinar el cumplimiento de los derechos y obligaciones de los inversionistas.

Definir y clasificar los tipos de riesgos a los que están expuestos los inversionistas.

Identificar a la administración de riesgos como una herramienta que ayuda en el proceso de toma de decisiones a los inversionistas.

1.1 PRECEDENTES HISTÓRICOS DEL MERCADO DE FUTUROS Y OPCIONES

1.1.1 ANTECEDENTES DEL MERCADO DE FUTUROS

Los contratos de futuros son los instrumentos de administración de riesgos más antiguos y mejor conocidos, ya que sus orígenes podrían situarse a partir de la edad media. El primer caso acreditado de futuros organizado fue en Japón hacia 1600, el cual debió su desarrollo a un clásico problema de desajuste de activo y pasivo entre las rentas y los gastos de los señores feudales japoneses, con muchas de las características que tienen hoy en día las empresas.

Los señores feudales percibían rentas de sus propiedades en forma de una fracción de la cosecha, estas rentas estaban sujetas a fluctuaciones irregulares en función de la estación del año y de factores como el clima, los desastres naturales, así como del precio de mercado y del arroz, mientras que las necesidades de la vida en la corte imperial obligaban a los señores a tener dinero líquido disponible en todo momento. Durante este periodo se hizo frecuente en las ciudades enviar a los almacenes el arroz sobrante de las cosechas, que quedaba así disponible para satisfacer necesidades de liquidez a corto plazo. El siguiente adelanto consistió en emitir recibos contra arroz depositado tanto en almacenes rurales como en las ciudades, dando más liquidez a las reservas de arroz. Estos recibos se podían comprar y vender, motivo por el cual ganaron aceptación como otra forma de divisas.

Sin embargo, fue hasta 1730 que se presenta el primer mercado de futuros que ya mostraba tales características, bajo el *shogunato* de *Tokugawa*, así los señores feudales japoneses comerciaban el arroz que cosecharían en meses posteriores en un mercado llamado oficialmente *Chi-Ai-Mai*, o "mercado de arroz a plazos" en este mercado se estipulaban contratos que los protegían en caso de mal tiempo o guerra, el cual tenía las siguientes características:

1. Contratos de duración limitada.
2. Todos los contratos de cierta duración especificaban la calidad, la cantidad y la entrega de producto.
3. La cantidad de arroz permisible en cada periodo era acordada de antemano.
4. No estaba permitido acarrear una posición hasta el contrato del periodo siguiente.

5. Todas las transacciones debían liquidarse a través de una institución plenamente identificada.
6. Todos los participantes en el mercado estaban obligados a establecer líneas de crédito con la institución de su elección.

La posibilidad de la entrega en especie estableció la conexión esencial entre el mercado físico y de futuros eliminando el principal origen de las irregularidades del mercado que habían consistido en espectaculares fluctuaciones entre el precio del arroz "físico" y el precio del mercado de futuros.

Actualmente se afirma que el primer mercado de futuros nació en Chicago, que durante la segunda mitad del siglo XIX, se convirtió en el centro del comercio de granos de los EUA. Conforme los colonizadores se abrieron paso por las vastas llanuras del medio oeste de los EUA y, en la medida en que crecieron las redes ferroviarias, comenzó la compra y venta de grano en mercados organizados en Chicago.

Los agricultores y procesadores de grano se enfrentaban al enorme riesgo de variaciones inesperadas en los precios. A menudo, los agricultores cosechaban su producto y lo enviaban por ferrocarril a Chicago, para después descubrir que la oferta en el mercado era de tal magnitud que no podía venderlo al precio necesario para cubrir los costos. De hecho, cuando la oferta superaba ampliamente a la demanda, el grano era arrojado al lago Michigan. Por otra parte, los compradores de grano descubrían con frecuencia que los precios estaban muy por encima de lo que esperaban pagar.

Por lo anterior, ante la necesidad de contar con un mercado organizado que disminuyera los riesgos de precios y liquidación de operaciones al contado y a futuro sobre el grano de referencia, se estableció el *Chicago Board of Trade* (CBOT) fundado en 1848, cuya tarea principal fue en su inicio, la de manejar las transacciones al contado y vigilar la calidad de los cereales que se comercializaban, asimismo al cabo de pocos años generaría el primer tipo de contrato de futuro, llamado contrato *to arrive*¹. Al cabo de unos años es creado el *Chicago Produce Exchange* fundado en 1874 con características similares al CBOT –hoy conocido como *Chicago Mercantile Exchange* (CME)- que a diferencia del CBOT proporcionaba un mercado para productos perecederos.

Desafortunadamente, estas operaciones dieron lugar a ciertos problemas:

¹ To-arrive: al arribo o para el futuro.

- a) Si los precios subían durante la época de cosecha, los agricultores se enfrentaban a la enorme tentación de incumplir su contrato al arribo (to-arrive).
- b) Además, cuando el alza de precios se debía a sequías o plagas, muchos agricultores no tenían la mercancía que se habían comprometido a entregar, no obstante que estuvieran dispuestos a apegarse a las condiciones del contrato.
- c) Asimismo, cuando los precios caían, a menudo los compradores no cumplían con el contrato al arribo (to-arrive) pues preferían adquirir el grano a precios más bajos en el mercado de contado.

Debido a lo anterior se tuvo la necesidad de encontrar una forma que permitiera estandarizar y hacer valer estos contratos adelantados. Para lograrlo establecieron bolsas de grano y una institución conocida como la *Cámara de Compensación*². Destacando que a partir de su establecimiento en todas las bolsas de futuros en el mundo, ningún participante ha perdido dinero en su posición de futuros por incumplimiento en los contratos.

El hecho de que los contratos a futuros fueran altamente bursátiles provocó que estos instrumentos fueran muy atractivos para especuladores y administradores de riesgos, sin embargo, fue la introducción de futuros sobre soya lo que preparó el camino para el éxito y la permanencia de los mercados de futuros. Antes de los treinta la soya se cultivaba principalmente en el Oriente. Sin embargo a principio de la década de los treinta, EUA se convirtió en el principal consumidor y productor de soya debido al embargo comercial que interrumpió el abasto de soya desde China y al reconocimiento en Occidente de la soya como alimento humano y animal. En 1936, la cosecha de soya norteamericana alcanzó tal volumen que el CBOT introdujo los futuros sobre soya.

Durante la década de 1960, las bolsas de futuros estadounidenses se expandieron, al introducir contratos a futuros de una gran variedad de mercancías, tales como panza de puerco, puercos vivos, concentrado de jugo de naranja congelado, café, madera y plata.

Debido a que los tipos de cambio y tasas de interés son simplemente precios, muchos consideraron posible comerciar contratos de futuros sobre divisas y sobre tasas de interés de la misma manera en que se operaban los otros contratos. Sin

² La función principal de esta institución es fungir como contraparte legal de todo comprador y de todo vendedor, estableciendo para ello un marco prudencial conformado por un sistema de garantías o márgenes y un mecanismo de liquidación diaria de pérdidas y ganancias. El propósito fundamental de dicho marco, es evitar una acumulación excesiva de minusvalía por variaciones en el precio del futuro con respecto al precio pactado en el futuro sobre el grano.

embargo, durante los quince años que siguieron a la Segunda Guerra Mundial, los mercados financieros dominados por el dólar se mantuvieron tan estables que las oportunidades de ganancias especulativas y la necesidad de instrumentos de cobertura para los tipos de cambio y las tasas de interés fueron reducidas. No obstante, en 1969, Mark J. Powers, comenzó a desarrollar un plan para la introducción de futuros financieros. En 1972, ante el colapso del sistema Bretton Woods de tipos de cambios fijos y el inicio de la época caracterizada por una volatilidad extrema, Powers pudo diseñar e instrumentar los primeros contratos de futuros sobre divisas.

El primer contrato de futuros sobre tasas de interés fue el contrato de *Ginnie Maes* (U. S. Government Guaranteed Mortgage Pass-Through Certificates, GNMAS), certificados hipotecarios garantizados por el gobierno de Estados Unidos. Se introdujo en 1975, en el CBOT, contando con una amplia aceptación, aunque otros contratos de futuros sobre tasas de interés lo desplazaron poco después. Tal es el caso del futuro sobre Bonos de la Tesorería de los Estados Unidos (T-Bonds³), introducido también por el CBOT en 1977 siendo el contrato de futuros con la mayor y más espectacular aceptación. Al segundo año de su introducción, el futuro sobre T-Bonds desplazó al contrato de *Ginnie Maes* en volumen y, a partir de entonces, se convirtió en el mercado de contratos a futuro de mayor éxito y bursatilidad en el mundo. Su volumen de comercialización aumentó de 32,101 contratos operados en 1977 a un monto increíble de 76 millones de contratos en 1990. Cabe mencionar que en 1975, el CME introdujo los primeros futuros sobre Treasury Bills (T- Bills⁴).

Otra nueva área del comercio de futuros inaugurada a principios de 1978 con la introducción de un contrato, fue sobre petróleo. Otros contratos sobre productos del petróleo fueron introducidos a principios de los años ochenta, y algunos han llegado a ser muy comerciados.

De este modo la década de los ochenta se caracterizó por la proliferación de nuevos contratos, por la apertura de nuevas bolsas de futuros y, en general, por la mayor difusión del uso de instrumentos de administración de riesgos sofisticados. En diciembre de 1981, el CME introdujo el primer contrato de futuros sobre depósitos en eurodólares, el cual funciona como un futuro sobre la tasa LIBID⁵. Posteriormente, en 1982, el *Kansas City Board of Trade* introdujo el Índice Accionario *Value Line*, el primer contrato a futuro sobre acciones. Tan sólo dos

³ Instrumentos manejados en los Estado Unidos, los cuales reflejan las tasa de interés a largo plazo.

⁴ Éstos son futuros sobre la tasa de interés que el gobierno federal estadounidense paga sobre su deuda a corto plazo, la cual es la tasa de referencia del mercado de dinero en los Estados Unidos.

⁵ LIBID, London Interbank Offer Rate: El tipo de interés ofrecido por bancos para depósitos en eurodivisas, es decir, el tipo al cual un banco está dispuesto a pedir prestado a otros bancos.

meses después, el CME empezó a operar un contrato a futuro sobre el Índice Accionario *Standard & Poor's 500*.

En la actualidad existen varios mercados organizados de futuros, aparte de los muy antiguos mercados agropecuarios y de metales de Chicago (*Chicago Board Options Exchange*), como son los de Nueva York (*New York Mercantile Exchange*), de Inglaterra (*London International Financial Futures Exchange*), en Suecia (*Stockholm Option Market*), de Brasil (*Bolsa de Sao Paulo*), de Chile (*Bolsa de Comercio de Santiago de Chile*), de Singapur (*Singapore Internacional Monetary Exchange y el Kuala Lumpur Commodity Exchange*). Merecen mencionarse tres bolsas de operación reciente: el *Maerché à Terme des Instruments Financiers (MATIF)* en París, cuyas operaciones se iniciaron en 1986, así como el *Deutsche Terminborse (DTB)* en Frankfurt, inaugurado en 1990 y finalmente surge en México el *Mercado de Derivados Mexicanos (MEXDER)* fundado en 1994.

Como resultado de la vigorosa competencia entre las distintas bolsas de futuros, éstas se han convertido en los innovadores con mayor impacto en lo que se refiere a instrumentos comerciados en bolsa. Por ejemplo, en 1989, el CME y *Reuters* anunciaron el *Globex*, un proyecto conjunto que permite operaciones mediante computadora fuera del horario de operación de los pisos de remate.

El dinámico desarrollo de los mercados de futuros no da muestras de desacelerarse en la década presente. Se espera que, conforme más gente en más países conozca y maneje de manera más sofisticada los contratos de futuros, aumente el número de participantes y contratos nuevos y bolsas nuevas para satisfacer las necesidades de los participantes en mercados competitivos.

1.1.2 ANTECEDENTES DEL MERCADO DE OPCIONES

Las opciones como instrumentos financieros, son considerados como los instrumentos más sencillos, aunque también los más flexibles y sofisticados para administrar riesgos.

Sus orígenes pueden situarse a partir de la época de los fenicios, los griegos y los romanos que ya practicaban negocios de contratos con cláusulas de opción, de hecho, nacen de la necesidad de cubrirse contra posibles contingencias en la agricultura, apareciendo los primeros contratos formales en Holanda a mediados del siglo XVII, realizándose opciones sobre Tulipanes, aunque la primera referencia escrita que se tiene es en español. En 1688 el judío español José de la Vega, asentado en Ámsterdam, en su libro "*Confusión de confusiones*", describe las costumbres y prácticas de la bolsa de Ámsterdam. En esta obra de José de la Vega,

se describe de manera detallada el funcionamiento del mercado de forwards⁶ sobre acciones en una compañía muy importante de aquel entonces, llamada Compañía de Indias y de Holanda, asimismo presenta por primera vez en forma escrita el uso de las opciones sobre acciones donde proporciona la etimología de la palabra opción:

“Llamárosle los flamencos *opsie*, derivado del verbo latino *optio, optionis*, que significa elección, por quedar a elección de quien le da el poder pedir o entregar la partida al que lo recibe, pues desea el que desembolsa el premio elegir lo que más le convenga, y en falta siempre puede dejar de elegir lo que desea.”

Por más que José de la Vega trató de influenciar a la población española a dar mayor auge a las opciones, sus esfuerzos fueron inútiles, ya que por esas fechas se desarrolló un sistema financiero moderno en países como Inglaterra, Holanda y posteriormente Estados Unidos con tendencias mucho más mercantilistas.

Aún cuando se negociaban tanto opciones de compra como de venta de manera informal en siglos pasados es hasta 1968, cuando el *Chicago Board of Trade* (CBOT), mejor conocido por sus contratos de futuros, comisionó un estudio para explorar la posibilidad de ofrecer contratos de futuros sobre acciones de bolsa, en donde el resultado no fue satisfactorio, ya que el estudio no recomendó contratos a futuro, sino opciones sobre acciones. Así surgió el *Chicago Board Options Exchange* (CBOE) en 1972 que, en abril del siguiente año, comenzó a comercializar opciones sobre acciones de bolsa, iniciando con 16 opciones de compra (call options) que figuran en el índice del *New York Stock Exchange* (NYSE). En sus primeros cinco años de existencia, este mercado de opciones tuvo un crecimiento espectacular negociándose aproximadamente para ese entonces un volumen de diez millones de opciones sobre acciones. Con esto, las primas quedaban determinadas por la interacción de la oferta y la demanda en un mercado secundario abierto, competitivo y eficiente.

Como se puede observar el mercado de opciones comerciadas en bolsa tuvo un éxito espectacular. Razón por la que en 1975, se adhirieron otras cuatro importantes bolsas de valores del país: *Amex Stock Exchange*, *Philadelphia Stock Exchange*, *Pacific Stock Exchange* y *MidWest Stock Exchange*.

En 1977, surgen las primeras opciones de venta (put options) sobre acciones.

⁶ Un “forward” (a plazo), es un acuerdo formal y privado entre dos partes para comprar o vender un activo subyacente con un plazo determinado, en el que la parte vendedora del contrato se obliga, en una fecha futura conocida, a entregar una determinada cantidad de activos contra el pago de los mismos a un precio unitario acordado previamente por las partes. Por su lado, la parte compradora se obliga a pagar en dicha fecha futura, dicha cantidad de activos al precio unitario previamente acordado.

La creación de un mercado secundario líquido permitió que floreciera la flexibilidad de estrategias de especulación y cobertura, una de las características más atractivas de las opciones. Los participantes en el mercado de opciones pueden tomar o cuadrar posiciones fácilmente, registrando utilidades o pérdidas sin tener que ejercer la opción o esperar necesariamente su vencimiento. A su vez, la clave del desarrollo de este mercado fue la estandarización de los contratos y la existencia de la cámara de compensación (al igual que en los mercados de futuros).

Durante los años setenta, época del desarrollo espectacular de las opciones sobre acciones cotizadas en bolsa, los mercados financieros internacionales se enfrentaban a violentas fluctuaciones en tipos de cambio y tasas de interés. Esto hizo patente la necesidad de instrumentos para especular, como para protegerse de tales movimientos. Para este propósito, una de las principales innovaciones fue el mercado de contratos a futuro sobre instrumentos financieros y, en la medida que estos contratos (sobre divisas, T-Bonds y otras tasas de interés) tuvieron éxito, varias bolsas comenzaron a explorar la posibilidad de negociar opciones sobre contratos de futuros. Parecía obvio que las opciones podían aplicarse a estos instrumentos financieros internacionales considerando su enorme demanda en el mercado (tanto para cubrirse como para especular).

En la década de los ochentas se desarrolla el mercado de mostrador de opciones sobre tasas de interés y divisas paralelamente a los mercados de opciones bursátiles. Este mercado se caracteriza por:

- a) Ser un mercado interbancario en donde participan grandes inversionistas.
- b) Por tener un elevado riesgo crediticio.
- c) Por contar con opciones hechas a la medida de los requerimientos de las partes.

A pesar de la menor liquidez que tiene el mercado extrabursátil⁷ con respecto al bursátil, también tuvo durante esta década un crecimiento espectacular en volúmenes operados.

Así en octubre de 1982, el CBOT comenzó a negociar opciones sobre contratos de futuros de T-Bond. Estas primeras opciones sobre futuros resultó un éxito debido a que los participantes las utilizaron para especular, aunque también para cubrir sus posiciones en el mercado de futuros sobre T-Bonds y otras exposiciones al riesgo de tasa de interés en dólares.

⁷ Son mercados financieros en los cuales los contratos son negociados bilateralmente, ya que el riesgo de incumplimiento o riesgo crediticio es asumido por ambas partes.

Meses más tarde se comercian en bolsa opciones sobre las cinco divisas más negociadas en el mercado interbancario: Yen, marco alemán, libra esterlina, franco suizo y el franco francés. Sin embargo no lo hicieron en los innovadores mercados de futuros de Chicago, sino en el *Philadelphia Stock Exchange* (PHLX). Los participantes más activos en las opciones sobre divisas son especuladores, bancos y todo tipo de empresas con exposición a riesgos cambiarios. Cabe destacar que el PHLX ha tenido tanto éxito con sus opciones sobre divisas que en 1989 amplió su horario de bolsa, para permitir un cómodo acceso al mercado a clientes de Europa y del Lejano Oriente. En consecuencia sus pisos de remates de opciones de divisas están abiertos 18 y media horas al día.

En 1984, el *Chicago Mercantile Exchange* (CME) introduce la operación del primer contrato de opción sobre un futuro de divisas. El contrato de opción sobre el futuro del marco alemán.

En mayo de 1985, el *Index and Options División del Chicago Mercantile Exchange* introdujo su contrato de opciones sobre futuros en depósitos de eurodólares, los cuales son muy atractivas para los bancos y empresas grandes, para manejar su exposición a fluctuaciones en la tasa LIBOR, ya sean deudores o acreedores.

El mercado extrabursátil de opciones sobre tasas de interés y sobre divisas se desarrolló en la década de los ochenta, paralelamente a los mercados de opciones bursátiles⁸. A pesar de que las opciones del mercado extrabursátil constituyen riesgos crediticios y no son tan líquidas como las que se comercian en la bolsa, por lo general tienen plazos al vencimiento mayores y están hechas a la medida de las necesidades del cliente, en cuanto a cantidad, precios de ejercicio y fecha de vencimiento.

Durante la década de los ochenta, diversos bancos de inversión norteamericanos empezaron a ofrecer productos para la cobertura de tasas de interés y tipos de cambio tales como los llamados techos⁹ (ceilings), pisos¹⁰ (floors) y collares¹¹ (collars). Hacia mediados de los ochenta, los bancos norteamericanos también

⁸ Son contratos que no están estandarizados y por esta razón proporcionan una cobertura más adecuada.

⁹ Es un instrumento de gestión de riesgo a mediano y largo plazo, que permite a los inversionistas protegerse **contra alzas** en tasas de interés flotante y tipos de cambio.

¹⁰ Es un instrumento de gestión de riesgo a mediano y largo plazo, que permite a los inversionistas protegerse **contra bajas** en las tasas de interés flotante y tipos de cambio.

¹¹ Es un instrumento de gestión de riesgo a mediano y largo plazo, que permite a los inversionistas protegerse **contra alzas y bajas** en tasas de interés flotantes y tipos de cambio, mediante la compra de un techo y la venta de un piso, los cual permite reducir las primas.

comenzaron a ofrecer swapciones¹², los cuales son swaps¹³ con características de opción.

Los mercados extrabursátiles de opciones sobre divisas y sobre instrumentos de deuda no han competido tanto con los mercados de opciones bursátiles; de hecho se han complementado. Las opciones bursátiles, al igual que cualquier otro instrumento que se comercia en bolsa, son estandarizadas y están diseñadas con objeto de tener liquidez, mientras que los productos del mercado extrabursátil por lo general se ofrecen para cantidades mayores, plazos al vencimiento más largos, no necesitan estandarizarse y, como resultado, son usualmente menos líquidos.

1.1.3 ANTECEDENTES DEL MERCADO MEXICANO DE DERIVADOS

Como ya se ha señalado, las transacciones adelantadas han existido desde hace varios siglos, y nacen debido a la necesidad de cubrirse contra posibles contingencias en la agricultura.

Aún cuando se cree que los primeros derivados en México tienen sus orígenes durante la época precolombina, es a principios de la década de los setenta, específicamente en 1973 cuando en el *Chicago Board Option Exchange* (CBOE), se negocia uno de los primeros contratos de divisas, el futuro sobre el peso mexicano, e inclusive su desempeño en sus primeros años fue realmente sobresaliente. En efecto entre 1973 y 1976, el futuro sobre el peso mexicano iba a la vanguardia en cuanto al volumen negociado, en 1973 ocupaba el segundo lugar sólo detrás del yen japonés y en 1974 iba a la cabeza convirtiéndose en el futuro con mayor volumen de contratos negociados.

Sin embargo en México, la importancia de los productos financieros derivados se hizo evidente, en 1977 con la negociación de instrumentos como los Petrobonos, cuya primera emisión fue de \$2,000 millones de pesos. Cabe mencionar, que este instrumento se había anunciado como una medida para restaurar la confianza de los mexicanos después de la crisis financiera devaluatoria del último año del sexenio anterior. Sus características fueron el tener una cantidad fija de barriles de petróleo como respaldo de cada bono, un plazo de tres años, un rendimiento mínimo garantizado pagadero trimestralmente y un valor de liquidación basado en

¹² Es una transacción financiera en la que un participante, previo el pago de una prima, compra el derecho para hacer o no una operación swap.

¹³ Es un contrato que involucra un intercambio de rendimientos de inversión, es decir, es un contrato por el cual dos partes se comprometen a intercambiar una serie de flujos de dinero (cash flows) en una fecha futura. Los flujos en cuestión pueden, en principio, ser una función de casi cualquier cosa, ya sea de las tasas de interés a corto plazo como el valor de un índice bursátil o cualquier otra variable.

el precio de exportación del petróleo mexicano en la fecha de amortización, convertido al tipo de cambio peso-dólar vigente en esa misma fecha. Este instrumento permitiría al inversionista protegerse contra los cambios en la paridad del peso, sin importar el nivel de precios del petróleo.

Es importante destacar que la historia de los productos derivados mexicanos se encuentra dividida en mercados nacionales y extranjeros debido a que la mayoría de los productos derivados sobre los valores subyacentes mexicanos, surgen y comienzan a negociarse fuera de los mercados nacionales. Dentro de esta clasificación se puede subdividir dicha historia, en la historia de los mercados organizados (Bolsas) y la historia de los mercados extrabursátiles o de mostrador (OTC¹⁴).

De esta forma de 1980 a 1981, las operaciones con futuros sobre el peso disminuyeron considerablemente en EUA, y fue descontinuado el 5 de noviembre de 1985 por algún tiempo. La razón del comportamiento del futuro sobre el peso, fue su utilización como un medio de manejo fiscal, al realizar altos volúmenes de contratos combinados con el peso mexicano, que permitía evadir impuestos. Además se violaban las disposiciones de la Comisión Regulatoria de Futuros de EUA.: *Commodities Futures Trading Cimision* (CFTC), respecto a los límites máximos de adquisición de contratos de futuros. En una revisión, la CFTC, demostró que una pareja de individuos llegaron a poseer hasta el 98% del volumen de futuros sobre el peso mexicano.

En México en 1983 se negocian por primera vez en la *Bolsa Mexicana de Valores* (BMV) los futuros sobre acciones, dichas operaciones tienen mayor auge logrando en 1985 operaciones por \$30,000 millones de pesos, constituyéndose de esta forma como el primer derivado operado en un mercado organizado mexicano. En este mismo año, se constituye un fondo de contingencias a favor de los inversionistas, utilizado antes principalmente para el Mercado de Capitales.

En 1985 la *Asociación Mexicana de Intermediarios Bursátiles* (AMIB) y la Bolsa elaboran el primer proyecto para un mercado de opciones.

Debido a la inestabilidad que se vivía en el país y a la preocupación de que hubiera una salida masiva de capitales por devaluaciones en la moneda, aparece en 1986 el Pagafe, instrumento cuya finalidad era ofrecer al ahorrador mexicano una inversión en dólares controlados, la cual daría una tasa de interés mayor que instrumentos similares en EUA, para así controlar la fuga de capitales.

En este mismo año, se anunció un mercado de cobertura cambiaria a corto plazo. Con la negociación de estos instrumentos se pretendía principalmente la protección de importadores y exportadores contra riesgos cambiarios. Estas negociaciones

¹⁴ OTC: Son las siglas en inglés de Over the Counter.

todavía son utilizadas y se efectúan fuera de Bolsa, pueden participar empresas privadas o paraestatales, se llevan a cabo con respecto al tipo de cambio y se liquidan en pesos. Se puede decir que con la operación de estos instrumentos se daba inicio al mercado forward.

En 1990, se subastaron derechos de conversión de deuda pública externa por capital, llamados "swaps", por un monto de US\$3,500 millones. Posteriormente, aparecen las cláusulas de recompra de Bonos Brady, la cual era una opción ligada al precio promedio del petróleo Istmo.

En 1991, coincidiendo con el "boom" de colocaciones internacionales de papel mexicano, comenzaron a emitirse títulos opcionales mejor conocidos como Warrants¹⁵, y opciones sobre ADR's¹⁶ y bonos, estos Warrants se colocaron a través del mercado extrabursátil fuera del país. Además, la banca de desarrollo contaba ya con la aprobación de emitir y negociar Warrants con valores subyacentes de emisores mexicanos en los mercados internacionales.

Un ejemplo de lo anterior, es la emisión de *Nacional Financiera* (NAFIN) de los denominados bonos MILES (*Mexican Index Linked Euro Securities*), en diciembre de 1991, que combina dos diferentes instrumentos en un sólo título: un bono con cupón de 6% anual y un Warrant cuyo valor está relacionado con el índice de la BMV. Asimismo, NAFIN realizó una emisión con bonos Warrant por US\$100 millones con un cupón de 0.875% y un Warrant que permitía al tenedor adquirir ADR's de TELEvisa¹⁷.

Como consecuencia de lo anterior, los instrumentos nacionales y los organismos de regulación empezaron a entrever la posibilidad de crear un mercado de productos derivados en México.

Después de varios meses de análisis y evaluación, tanto las autoridades bursátiles como los intermediarios, decidieron iniciar la negociación de derivados con la emisión de Warrants sobre acciones, índices accionarios y canastas accionarias. Una vez definido el producto inicial, se procedió a la formación del Comité de Productos Derivados, quien se avocaría a instrumentar los Warrants en México.

¹⁵ Es un instrumento mediante el cual el emisor (Casa de Bolsa, Banco o Empresa), otorga o da al comprador contra el pago de una prima el derecho de comprar o vender al propio emisor un cierto número de títulos denominados valores de referencia (son acciones, canasta de acciones, índices), dentro de un periodo de vigencia y a un precio que se ha preestablecido, el Banco de México reglamentó este aspecto para las personas que puedan tener cierto interés.

¹⁶ Son acciones de emisoras mexicanas que cotizan en EUA llamadas en inglés American Depository Receipts.

¹⁷ Fuente: "El Mercado de Valores en México, Estructura y Funcionamiento", Efraín Caro R. / Fco. J. Vega R. / J. Javier Robles F. / Gerardo J. Gamboa O. México 1995. Pag 311.

Dicho comité inició sus gestiones en 1992 y estaba integrado por la *Comisión Nacional Bancaria y de Valores* (CNBV), la **BMV**, la **AMIB** y la **S. D. INDEVAL**¹⁸.

El 22 de octubre de 1992, se realizó la primera emisión de Warrants en el mercado mexicano, siendo TELMEX el activo subyacente. El volumen permaneció con muy poca operatividad en sus inicios, sin embargo fue repuntando poco a poco, incrementándose el mínimo de emisores en diferentes acciones, canastas e índices.

De un importe emitido en 2 millones de pesos para diciembre de 1992, se habían realizado 1,264 operaciones por un monto de emisión de 260 millones de pesos a diciembre de 1993 y para agosto de 1994, se habían negociado 12,600 operaciones por un importe de 1,690 millones de pesos.

De lo más reciente sobre instrumentos nacionales se tienen los futuros sobre el peso y opciones sobre futuros sobre el IPC¹⁹ reanudándose así las operaciones en el *Chicago Mercantile Exchange* (CME), además de opciones sobre el IPC en el CBOE. Lo anterior demuestra el potencial de crecimiento que tiene el Mercado de Productos Derivados en México, así como el interés mostrado en los mercados extranjeros.

El éxito del mercado de Warrants, motivó al Consejo de Administración de la BMV a autorizar en 1994 un presupuesto para desarrollar el mercado de futuros y opciones. A partir de ese año se trabajó en el diseño de un nuevo mercado seguro, confiable y competitivo. Para ello se delinearon esquemas que promovieran la profundidad y la liquidez del mercado, así como la calidad en la formación de precios. De igual forma, se buscaron esquemas que permitieran aprovechar la interrelación entre los mercados de derivados y los de contado, y aumentar la competitividad conjunta de ambos.

El *Mercado Mexicano de Derivados* (MexDer) surge en 1996 como un proceso natural dentro del desarrollo del Sistema Financiero de México. El diseño contempló la creación de una nueva bolsa (MexDer) y de una *Cámara de Compensación y Liquidación* (Asigna²⁰) funcionales y la contratación de sistemas con tecnología de punta que soportaran las operaciones adecuadamente. Asimismo se incorpora la figura del formador de mercado, la del controlador normativo y la adopción de estándares internacionales para la emisión de normas.

¹⁸ Es el Instituto para el Depósito de Valores y es quien presta los servicios de administración, compensación, transferencia y liquidación de los valores negociados en Bolsa.

¹⁹ El IPC es el principal índice de la BMV, creado en octubre de 1978, es un promedio ponderado compuesto por 35 acciones representativas de los distintos sectores de la economía.

²⁰ Es un Fideicomiso de administración y pago constituido en 1998 en BBVA Bancomer, con el objeto de compensar y liquidar las operaciones de productos derivados realizadas en MexDer. Sus fideicomitentes son los principales Grupos Financieros del país; Banamex Citigroup, BBVA Bancomer, Scotiabank Inverlat, Santander-Serfin, así como el Instituto para el Depósito de Valores S.D. Indeval.

El 31 de diciembre de 1996, las autoridades del sector financiero publicaron de manera conjunta en el Diario Oficial las reglas a las que habrán de sujetarse las sociedades y fideicomisos que participen en la constitución y operación de un mercado de derivados listados en bolsa. Dichas reglas permitieron a la constitución formal de MexDer y Asigna normar las actividades de los participantes en el mercado. Las reglas se complementan por un Marco de Regulación Prudencial que la CNBV emitió el 16 de mayo de 1997. Dicho marco define, en lo particular los esquemas operativos, de control de riesgos, de supervisión y vigilancia que norman las actividades del nuevo mercado. La institución que supervisa las operaciones de las sociedades y los fideicomisos es la propia CNBV.

Asimismo en 1997 en el CME se inicia por primera vez fuera de México, operaciones sobre futuros sobre CETES²¹ y TIIE²², en ese mismo año pero el 15 de diciembre, el MexDer inicia operaciones con cuatro Socios Liquidadores²³ por cuenta propia operando el contrato de futuros sobre el dólar de EUA, con 4 series, marzo, junio, septiembre y diciembre de 1999.

El 15 de abril de ese mismo año, inicia la cotización de futuros sobre el IPC junto con el inicio de funciones de los Socios Operadores²⁴. Los contratos de Futuros sobre Cete a 91 días y TIIE a 28 día se listan el 26 de mayo de 1998 y el 29 de julio los contratos sobre acciones: Banacci O, Cemex CPO, Femsa UBD, GCarso A1, GFB O y Telmex L.

El día lunes 8 de mayo del 2000, MexDer inició operación electrónica, con **SENTRA DERIVADOS**. Sistema desarrollado específicamente para la ejecución de operaciones de futuros.

Finalmente en febrero del 2004 se inaugura oficialmente el Mercado de Opciones listando así Opciones sobre Índices Accionarios (IPC) y Opciones sobre Acciones Individuales (América Móvil S.A. de C.V.).

Por el desarrollo que se ha analizado, se puede decir que el mercado de derivados ha llegado a constituir un instrumento fundamental para el apoyo a la inversión y a los objetivos del crecimiento económico.

²¹ Su nombre es la abreviatura de Certificados de Tesorería de la Federación, cuyo agente colocador es el Banco de México, los martes, en el piso de remates de la BMV, en mercado primario, para ser revendidos en mercado secundario, en bancos y casas de bolsa.

²² La Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio, iniciada en Marzo de 1995, a una tasa del 89.48% anual, se fijó por la necesidad de tener una referencia diaria de Tasa base de financiamiento.

²³ 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.

²⁴ Los Socios Operadores son personas morales facultadas para operar Contratos en el Sistema Electrónico de Negociación de Méxder, en calidad de comisionistas de uno o más Socios Liquidadores.

A continuación se presentan dos cuadros en donde se muestra cada uno de los contratos de Futuros y Opciones listados en el MexDer:

<p>DIVISAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dólar de los Estados Unidos de América (DEUA). <p>ACCIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • América Móvil L • Cemex CPO • Femsa UBD • GCarso A1 • Temex L 	<p>ÍNDICES BURSÁTILES</p> <ul style="list-style-type: none"> • IPC. <p>TASAS DE INTERÉS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cetes a 91 días (CE91) • TIIE a 28 días (TE28) • Bono a 3 años (M3) • Bono a 10 años (M10) • UDI
---	---

FUTUROS FINANCIEROS

Actualmente se trabaja con el listado de otros contratos de futuros sobre acciones como el de América Móvil, Grupo Modelo, Naftrac, Televisa y Walmex.

De igual forma, pensando en la creciente necesidad del mercado, MexDer ha listado opciones de compra y venta a partir del 2004 como se observa en el cuadro siguiente:

<p>ÍNDICES ACCIONARIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • IPC. <p>Tipo de opción: Europea Liquidación: En efectivo</p>	<p>ACCIONES INDIVIDUALES</p> <ul style="list-style-type: none"> • América Móvil L. • Naftrac. <p>ETF'S²⁵</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nasdaq 100_Index Traking Stock QQQ • "iShares S &P500 Index" IVV <p>Tipo de opción: Americana Liquidación: En especie</p>
--	--

OPCIONES FINANCIERAS

²⁵ Exchange Traded Fonds

1.2 DEFINICIÓN GENERAL DE MERCADO

1.2.1 DEFINICIÓN DE MERCADO

Un mercado, es un aparato organizacional donde concurren oferentes y demandantes de bienes o servicios para realizar sus negociaciones e intercambio.

Existen mercados generalizados y especializados. Cuando se habla de mercados especializados no es necesario entender por ello un "lugar", sino que es posible que con la sola presencia de las transacciones ya se considere como un mercado.

1.2.2 CONCEPTO DE MERCADO ORGANIZADO

Un mercado organizado para que sea considerado como tal tiene que cumplir con las características siguientes:

1. Tiene un lugar físico donde acuden los intermediarios para realizar operaciones de compra-venta para los inversionistas nacionales y extranjeros.
2. Existen intermediarios autorizados, las cuales son las casas de bolsa que a su vez están autorizadas por la misma Bolsa, así como por una Comisión de Valores.
3. Existen reglas para la inscripción inicial y para la fijación de los precios del bien que se comercia en operaciones de compra-venta.
4. Existen autoridades, las cuales se encargan de vigilar el cumplimiento de las reglas del mercado.
5. Internacionalmente estos mercados son llamados Exchanges, donde existe una entidad que asume los riesgos entre las partes participantes (cámara de compensación), por lo que los contratos de derivados son estandarizados en términos de vencimiento, volumen, precio y tipo de contrato.

1.2.3 DEFINICIÓN DE MERCADO EXTRABURSÁTIL

A diferencia del mercado organizado, el mercado extrabursátil es un mercado financiero en el cual los contratos son negociados bilateralmente, ya que el riesgo de incumplimiento o riesgo crediticio es asumido por ambas partes.

Esto significa que los productos derivados extrabursátiles son básicamente acordados mediante un compromiso entre las partes interesadas, ya que no son contratos estandarizados, lo que proporciona una mayor cobertura. Cabe señalar que a este tipo de mercados se les llama *Over the Counter Markets*.

1.2.4 DEFINICIÓN DE MERCADO FINANCIERO

Un mercado financiero es aquel que proporciona a los inversionistas un medio a través del cual pueden modificar sus patrones de consumo e inversiones en activos reales o bienes de consumo directo, canalizar en forma eficiente y a menor costo, fondos provenientes de inversionistas o ahorradores para empresas que requieren financiamiento.

Los mercados financieros se encuentran compuestos por unidades económicas que son unidades que interactúan entre sí, ya sea para obtener algún bien, rendimiento o ganancia, para su beneficio o inversión, estas unidades económicas son:

- a) Unidades económicas deficitarias o demandantes: son entidades que requieren financiamiento y no tienen un ahorro suficiente para satisfacer necesidades de consumo para inversión en activos reales.
- b) Unidades económicas superavitarias en ahorro: son entidades que tienen sobrantes de recursos, que son invertidos para obtener una ganancia.

Los elementos de estas unidades económicas son:

Unidades Económicas Deficitarias	Unidades Económicas Superavitarias
Personas Físicas Personas Morales Empresas o Instituciones Financieras	Empresas o Instituciones Financieras Gobierno Federal Gobiernos Locales

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL MERCADO MEXICANO DE DERIVADOS (MexDer)

1.3.1 PARTICIPANTES EN EL MERCADO MEXICANO DE DERIVADOS

Tanto los mercados de futuros como los mercados de opciones han tenido un notable éxito. Uno de los motivos para ello es que atraen a operadores muy diversos y mantienen un elevado grado de liquidez. En consecuencia un mercado de futuros y opciones normalmente está constituido fundamentalmente por los siguientes organismos:

1. Una Cámara de Compensación.
2. Una Bolsa.
3. Socios Liquidadores.
4. Operadores.

Adicionalmente a estos organismos que conforman el mercado de futuros y opciones en México, se tiene además a los clientes y a las autoridades como parte fundamental de este mercado.

LA CÁMARA DE COMPENSACIÓN

Una negociación mercantil establecida en una fiduciaria y con cargo al patrimonio de un fideicomiso de administración y pago, cuyas funciones principales son las de compensar y liquidar los contratos de futuros y de opciones que se celebren en MexDer y la de actuar como contraparte legal de tanto comprador y de todo vendedor de contratos de futuros y opciones que en la misma se celebren.

En esencia, la cámara de compensación rompe el vínculo entre compradores y vendedores, al actuar como comprador legal de cada vendedor y a la inversa, como vendedor legal de cada comprador. Así, los compradores y vendedores de contratos no tienen que preocuparse sobre el riesgo crediticio de su contraparte, ya que, legalmente, la parte contraria es siempre la cámara de compensación. El hecho de que el vínculo entre comprador y vendedor se rompa es crucial para la bursatilidad de los contratos de opciones y los contratos de futuros.

Para cumplir con su objetivo, Asigna cuenta con una organización interna integrada por los siguientes órganos: Comité Técnico, Subcomité de Admisión y Administración de Riesgos, Subcomité de Administración, Subcomité de Auditoría, Subcomité Disciplinario y Arbitral, y Subcomité Normativo y de Ética.

Es importante señalar que Asigna, cuenta con un fondo de compensación que podrá ser utilizado en contingencias del mercado. El fondo se integra a partir de un porcentaje de las aportaciones de los socios liquidadores a Asigna y se actualizará periódicamente con base en los riesgos y posiciones del mercado. Dicho fondo está constituido con recursos en efectivo y/o valores gubernamentales con vencimientos menores a 90 días.

Las aportaciones, en general, que los socios liquidadores entreguen a Asigna cubrirán en todo momento hasta el 99% de las pérdidas potenciales. No obstante, Asigna cuenta con una Red de Seguridad, que siempre garantizará niveles mínimos de solidez, pudiendo utilizarse para cubrir pérdidas probabilísticas superiores al 99%²⁶.

LA BOLSA

Es una sociedad anónima de capital fijo o variable, autorizada por la *Secretaría de Hacienda y Crédito Público* (SHCP), cuyo objeto principal es proveer las instalaciones y demás servicios necesarios para la cotización y negociación de contratos de futuros y de opciones.

Es una entidad autorregulada con respecto a las actividades realizadas en la misma y en la cámara de compensación, con el fin de fomentar la eficiencia y competitividad, así como el orden, la transparencia y la seguridad del mercado.

De esta forma el MexDer tiene como principales objetivos:

- a) Ofrecer la infraestructura física para la cotización, negociación y difusión de contratos de futuros y de opciones.
- b) Establecer el marco reglamentario para la cotización, negociación y difusión de información de contratos de futuros y de opciones.
- c) Llevar programas permanentes de auditoría a sus miembros.
- d) Vigilar la transparencia, corrección e integridad de los procesos de formación de los precios, así como la estricta observancia de la normativa aplicable en la contratación de las operaciones.

²⁶ Fuente: Estatus Generales del MexDer y Asigna.

- e) Establecer los procedimientos disciplinarios para sancionar aquellas infracciones cometidas por los miembros, así como garantizar que las operaciones se lleven a cabo en un marco de transparencia y confidencialidad absoluta.

Con esto MexDer fortalece la actividad económica de México, mediante el listado de productos derivados que permitan a sus miembros y a sus clientes la cobertura de riesgos en la administración de carteras y ofrece la oportunidad de invertir en nuevos instrumentos que darán mayor seguridad en las operaciones propias de cada empresa.

SOCIO LIQUIDADOR

Es un fideicomiso que participa como accionista de MexDer, cuya función es conformar el patrimonio de la cámara de compensación, teniendo como finalidad celebrar y liquidar los contratos de futuros y de opciones operados en MexDer. Para lo cual requieren cubrir los requisitos financieros, crediticios y operativos que establecen la normatividad aplicable al mercado de derivados.

Hay dos tipos de socios liquidadores:

1. *Socios Liquidadores por Cuenta Propia*. Es aquel socio liquidador que no permite una vez constituido la adhesión de terceros y que se caracteriza por compensar y liquidar contratos de futuros y de opciones exclusivamente por cuenta de sus propios fideicomitentes institución de banca múltiple, casa de bolsa y demás entidades financieras que formen parte del mismo grupo financiero, o del operador en cuyo capital participen cualquiera de las instituciones antes mencionadas.
2. *Socio Liquidador por Cuenta de Terceros*. Es aquel socio liquidador que permite una vez constituido la adhesión de terceros tanto con el carácter de fideicomitentes como de fideicomisarios y que se caracteriza por compensar y liquidar contratos de futuros y de opciones por cuenta de personas distintas a la institución de banca múltiple o casa de bolsa que actúe con el carácter de fideicomitente y fiduciaria del fideicomiso.

SOCIO OPERADOR

Tiene la función de actuar como comisionista de uno o más socios liquidadores y tiene acceso a las instalaciones de la Bolsa para la celebración de dichos contratos. Cuando los socios operadores celebren contratos por cuenta propia actuarán como clientes.

Para poder obtener la calidad de miembro de la Bolsa, ya sea como socio operador o socio liquidador, los solicitantes deben adquirir al menos una acción representativa del Capital Social de MexDer, cumplir los requisitos de admisión establecidos en el Reglamento Interior y el Manual Operativo, y no ser vetados por la SHCP, en el caso de aspirantes a socios liquidadores.

Podrán presentar solicitud para ser miembro del Mexder las siguientes personas:

- a) Las Casas de Bolsa.
- b) Las Instituciones de Crédito.
- c) Las Casas de Cambio Autorizadas.
- d) Otras personas morales no Financieras.

Las instituciones de banca múltiple y las casas de bolsa que realicen actividades fiduciarias, pueden solicitar autorización para actuar como socio liquidador. Las personas morales pueden solicitar autorización para actuar como socios operadores.

Para poder tener la categoría de miembro del MexDer, la Bolsa certificará los conocimientos técnicos en materia de operación con contratos de futuros y de opciones, administración de riesgos, administración de cuentas, promoción de productos derivados y responsabilidad de la operación. Además los miembros pueden acreditar a un operador de contratos de futuros y de opciones, por cada acción de la Bolsa de que sean titulares, pudiendo acreditar a un mismo operador de piso para dos o más clases, ya sea por cuenta propia o por cuenta de terceros, pero deben de acreditar a un operador para que realice exclusivamente operaciones para la cuenta del formador de mercado.

Por su parte el *Formador de Mercado* es aquel facultado para tener en forma permanente de y por cuenta propia cotizaciones de compra y de venta respecto de contratos de futuros y de opciones en que se encuentre registrado, con el propósito de generar liquidez, garantizar una eficiente formación de precios, estabilizar precios y reforzar la transparencia en el proceso de negociación.

EL CLIENTE

Se entenderá por cliente a cualquier persona que celebre contratos de futuros y de opciones en Bolsa a través de un intermediario financiero autorizado para celebrar operaciones en Bolsa por cuenta de terceros.

Así el cliente es la fuente de origen de las operaciones celebradas en Bolsas con futuros y opciones que no sean por cuenta propia de los operadores y socios liquidadores. Pueden ser clientes cualquier persona física o moral siempre que para estas últimas las operaciones con contratos de futuros y de opciones se encuentran contempladas dentro de su objeto social.

De acuerdo al objetivo de las operaciones, los clientes se pueden clasificar en:

- a) Especuladores.
- b) Administradores de riesgos (Hedgers).
- c) Intermediarios.
- d) Arbitrajistas.

A los cuales se les puede dar la interpretación siguiente:

1. *Especulador*. Institución que realiza operaciones de especulación.
2. *Especulación*. Tomar ciertas posiciones, donde no se desea cubrir riesgos, pero se compran y se venden contratos (de opciones o futuros) con el propósito de obtener utilidades anticipando el movimiento del mercado o realizando arbitrajes.
3. *Administradores de riesgo* (Hedgers). Institución que realiza operaciones de cobertura.
4. *Cobertura*. Es aquel que toma una posición en el mercado de derivados como sustituto temporal de la compra venta de una mercadería física que efectuará posteriormente, con el propósito de protegerse contra fluctuaciones adversas de los precios.
5. Es el receptor del riesgo que no quiere el *administrador de riesgo*, generando gran liquidez en el mercado.
6. *Intermediarios*. Es un corredor de contratos de futuros o contratos de opciones comerciadas en un Mercado Organizado o un Mercado Extrabursátil.
7. *Intermediación*. Se considera intermediación a la realización habitual de:
 - a) Operación de correduría, de comisión u otros intereses a poner en contacto la oferta y la demanda de instrumentos.

b) Operaciones por cuenta propia, con instrumentos emitidos o garantizados por terceros, respecto a los cuales se haga oferta pública.

c) Administración y manejo de carteras de inversión propiedad de valores.

8. *Arbitrajista*. Persona o institución que efectúa operaciones de arbitraje.

9. *Arbitraje*. Es la compra y venta simultánea de bienes subyacentes para clientes diferentes, lo cual permite experimentar ganancias sin riesgos debido a la diferencia de los precios.

LAS AUTORIDADES

Se definen Autoridades conjunta o indistintamente a la *SHCP*, a la *Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV)* y al *Banco de México*.

La SHCP es la dependencia del gobierno Federal que representa la máxima autoridad dentro de la estructura del sistema financiero, que conforme a lo establecido en Ley Orgánica de la Administración Pública, Artículo 31, le corresponde entre otras, las funciones de:

a) Planear, coordinar, evaluar y vigilar el sistema bancario del país, que comprenden al *Banco Central* a la *Banca Nacional de Desarrollo* y las demás instituciones encargadas de prestar el servicio público de Banca y Crédito.

b) Ejercer las atribuciones que le señalen las leyes en materia de seguros, fianzas, valores y de organizaciones y actividades auxiliares de crédito.

El Banco de México es la persona de derecho público y con carácter autónomo que ejerce la función de Banco Central y cuyo objetivo es promover el sano desarrollo del sistema financiero y propiciar el buen funcionamiento de los sistemas de pagos.

La CNBV es el órgano desconcentrado de la SHCP cuyo objeto es supervisar y regular, en el ámbito de su competencia, a las entidades financieras, a fin de procurar su estabilidad y correcto funcionamiento, así como mantener y fomentar el sano y equilibrado desarrollo del sistema financiero en su conjunto en protección de los intereses del público.

1.4 RIESGO DEL MERCADO DE PRODUCTOS DERIVADOS

1.4.1 DEFINICIÓN DE RIESGO

El acontecimiento por azar de un evento cuya ocurrencia puede producir una necesidad o pérdida económica.

La palabra riesgo proviene del latín *risicare*, que significa atreverse o transitar por un sendero peligroso. En realidad tiene un significado negativo, relacionado con peligro, daño, siniestro o pérdida. Sin embargo, el riesgo es parte inevitable de los procesos de toma de decisiones en general y de los procesos de inversión en particular. El beneficio que se pueda obtener por cualquier decisión o acción que se adopte, debe asociarse necesariamente con el riesgo inherente a dicha decisión o acción. En finanzas, el concepto de riesgo se relaciona con las pérdidas potenciales que se pueden sufrir en alguna cartera de inversión.

La medición efectiva y cuantitativa del riesgo se asocia con la probabilidad de una pérdida en el futuro. Los seres humanos deben conocer y responder de manera intuitiva o cuantitativa a las probabilidades que confrontan en cada decisión. La esencia de la administración de riesgos consiste en medir esas probabilidades en contextos de incertidumbre.

1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS FINANCIEROS

Existen diferentes naturalezas de riesgos, las cuales se clasifican en las categorías siguientes:

1. Se entiende como *riesgo de mercado o de capital*, la pérdida que puede sufrir un inversionista debido a la diferencia en los precios (cambio del valor de activos, pasivos o volatilidades) que se registran en el mercado o en movimientos de los llamados factores de riesgo (tasa de interés, tipos de cambio, sobre tasa, curva de rendimiento, riesgo de inflación, etc.) También se pueden definir más formalmente como la posibilidad de que el valor presente neto de una cartera se mueva adversamente ante cambios en las variables macroeconómicas que determinan el precio de los instrumentos que componen una cartera de valores.

El riesgo de mercado puede asumir dos formas:

- a) *Riesgo absoluto*. Medido por la pérdida potencial en términos de dólares. Se concentran en la volatilidad de las ganancias totales.
 - b) *Riesgo relativo*. Relacionado con un índice base. Mide el riesgo en términos de la desviación respecto al índice.
2. El *riesgo de crédito* es el más antiguo y probablemente el más importante que enfrentan las instituciones financieras. Se define como la pérdida potencial causada por el incumplimiento de las condiciones de contrato por parte de un vendedor de opciones en el mercado extrabursátil (en un mercado organizado no existe este riesgo porque se cuenta con la protección de la cámara de compensación). Su efecto se mide por el costo de la reposición de flujos de efectivo si la otra parte incumple.
3. El *riesgo de liquidez* se refiere a las pérdidas que puede sufrir una institución al requerir una mayor cantidad de recursos para financiar sus activos a un costo posiblemente inaceptable. Este riesgo se presenta en situaciones de crisis, cuando en los mercados hay únicamente vendedores.

En el caso de los instrumentos financieros y derivados, el riesgo de liquidez tiene varias formas:

- a) El riesgo de que la bursatilidad de los instrumentos disminuya.
 - b) El riesgo de que las instituciones no cuenten con los recursos líquidos suficientes para incrementarlos.
4. El *riesgo operativo* es un concepto muy amplio y se asocia con fallas en los sistemas, procedimientos, en los modelos o en las personas que manejan dichos sistemas. Esto incluye *riesgo de ejecución*, que abarca situaciones donde se falla en la ejecución de las operaciones, algunas veces conduciendo a retrasos o penalizaciones costosas.
- Incluye fraudes, situaciones donde los operadores falsifican intencionalmente información, y el riesgo tecnológico que se refiere a la necesidad de proteger los sistemas del acceso no autorizado y de la inferencia.
5. El *riesgo legal* se refiere a la pérdida que se sufre en caso de que exista incumplimiento de una contraparte y no se pueda exigir, por la vía jurídica, cumplir con los compromisos de pago. Se refiere a operaciones que tengan algún error de interpretación jurídica o alguna omisión en la documentación.

Este riesgo también incluye el *riesgo regulatorio*, el cual hace referencia a actividades que podrían quebrantar regulaciones gubernamentales, tales como la manipulación de mercado, la operación con información privilegiada y restricciones de convencionalidad.

6. El *riesgo de reputación* es el relativo a las pérdidas que podrían resultar como consecuencia de no concretar oportunidades de negocio atribuibles al desprestigio de alguna institución por falta de capacitación del personal clave, fraude o errores en la ejecución de alguna operación.

1.4.3 ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

La administración de riesgos es un tema que interesa a todos los dueños de cualquier tipo de industria con una actividad económica, ya que permite identificar los riesgos a los que se enfrentan, tanto en los países desarrollados, como en los que, como México, están en proceso de industrialización debido a la rápida transformación de su presente. Cabe destacar que lo que puede ser riesgo para alguna institución, no necesariamente sea riesgo para otra.

En cualquier tipo de industrias se observa cada día la necesidad de tener mayor control y seguridad de las operaciones que en conjunto hacen posible el funcionamiento de éstas. Este control tiene como objetivo primordial el minimizar la aparición de los diferentes tipos de riesgos, que pudieran entorpecer la operación o integridad financiera de la empresa.

Los derivados presentan un legítimo avance científico y tecnológico que permite a los usuarios finales administrar eficientemente y crear controles a la medida, para manejar sus riesgos en los negocios que la empresa esté dispuesta a tomar.

La parte inesperada de rendimiento constituye el verdadero riesgo de cualquier inversión, después de todo siempre se recibe exactamente lo que se espera, la inversión es totalmente predecible y por definición libre de riesgo, lo que en realidad genera el riesgo de invertir en algún activo proviene de las sorpresas o eventos desfavorables.

En el pasado las instituciones financieras desagregaban sus riesgos y los consideraban a cada uno de manera individual, sin embargo hoy en día este acercamiento es limitado debido al incremento en:

- a) La complejidad de los productos.

- b) La interrelación entre los diferentes mercados.
- c) La importancia de la valuación de los productos de una cartera.

El riesgo es multidimensional por lo que la autoridad de un negocio para tomar un riesgo debe basarse principalmente en la capacidad del equipo administrativo para medir y manejar las múltiples dimensiones del riesgo.

Las herramientas utilizadas para la administración de riesgos se basan en acercamientos estadísticos para monitorear los riesgos, tales como la varianza desviación estándar o volatilidad (tema que se estudiará más adelante) y correlaciones entre los activos de un portafolio.

- I. *Varianza*. Mide las desviaciones de las observaciones con respecto de sus medias elevadas al cuadrado y divididas entre el tamaño la población o muestra. Matemáticamente se expresa de la forma siguiente:

$$Var(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

- II. *Desviación estándar o volatilidad*²⁷. Es la raíz cuadrada de la varianza de los rendimientos de estos activos. Es la medida mas importante ya que sus unidades ya no están al cuadrado, por tanto ésta mide la dispersión de las operaciones con respecto a su media y es positiva, además su incremento no es lineal. Describe los movimientos potenciales en tasas y/o precios con una probabilidad dada. Dado que la volatilidad varía a través del tiempo, se puede pronosticar bajo algunos supuestos. Donde su interpretación matemática está dada por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}}$$

- III. *Correlaciones*. Describen las interdependencias entre los diferentes factores de riesgo del portafolio, tales como tasas y precios. La correlación se encuentra entre -1 y +1 y se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Corr(x_i, y_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x) \sum_{i=1}^n (y_i - \mu_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \mu_y)^2}}$$

²⁷ En el capítulo 3 se analizará con mayor detalle el comportamiento de la volatilidad.

El signo positivo en el coeficiente de correlación significa que las dos variables se mueven en la misma dirección, mientras más cercano a la unidad, mayor será el grado de dependencia mutua. El signo negativo indica que las dos variables se mueven en sentidos opuestos. Asimismo, mientras más cercano a cero sea el coeficiente de correlación, mayor será el grado de independencia de las variables.

1.4.4 EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

El objetivo de la administración de riesgos puede expresarse en dos sentidos:

1. Asegurarse que una institución o inversionista no sufra pérdidas económicas inaceptables.
2. Mejorar el desempeño financiero de dicho agente económico, tomando en cuenta el rendimiento ajustado por riesgo.

El proceso de la administración de riesgos implica, en primer lugar, la identificación de riesgos, en segundo su cuantificación y control mediante el establecimiento de límites de tolerancia al riesgo y, finalmente, la modificación o nulificación de dichos riesgos a través de disminuir la exposición al riesgo o de instrumentar una cobertura. A continuación se muestra esquemáticamente este proceso:



Para lograr una efectiva identificación de riesgos es necesario considerar las diferentes naturalezas de riesgos que se presentan en una transacción:

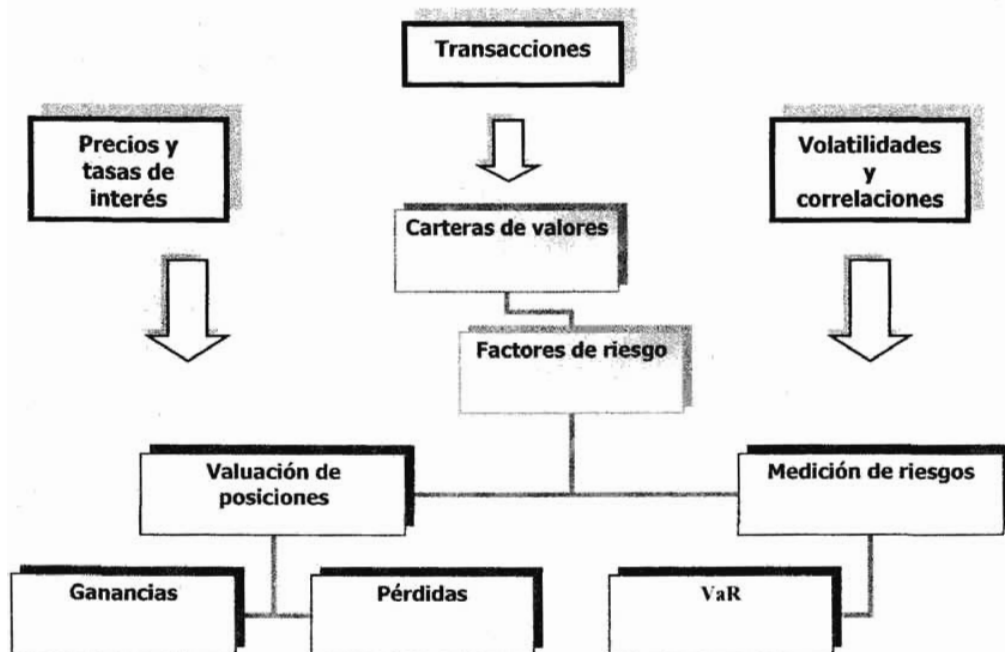
1. Los riesgos de mercado se asocian a la volatilidad, liquidez, correlaciones y prepago, pero éstos no pueden estar separados de otros, como: Riesgos operativos y riesgos de crédito.
2. Riesgos operativos (riesgos de modelo, fallas humanas, problemas legales, errores de sistemas, riesgos de tecnología y fallas de auditoría).

3. Riesgos de crédito (incumplimiento de contrapartes, riesgo en la custodia de valores, en la liquidación, en el degradamiento de la calificación crediticia de algún instrumento, problemas con el colateral o garantías).

Por ejemplo, comprar una opción en el mercado de derivados fuera de Bolsa (OTC) implica un riesgo de mercado, de crédito y operacional al mismo tiempo.

El siguiente paso en el proceso de la administración de riesgos se refiere a la **cuantificación**. Existen una serie de conceptos que cuantifican el riesgo de mercado, entre ellos: valor en riesgo²⁸, duración, convexidad, peor escenario, análisis de sensibilidad²⁹, beta, delta, etc.

En el siguiente diagrama se muestra la función de cuantificación del riesgo de mercado: por una parte debe contar con los precios y tasas de interés de mercado para la valuación de los instrumentos y, por otra, cuantificar las volatilidades y correlaciones que permitan obtener el valor en riesgo por instrumento, por grupo de instrumentos y la exposición del riesgo global.



²⁸ Es un estimado de la máxima pérdida esperada que puede sufrir una cartera durante un periodo de tiempo específico y con un nivel de confianza o probabilidad definido.

²⁹ Los cuales se analizarán en el capítulo 4.

En conclusión, las instituciones financieras están expuestas por naturaleza a ciertos riesgos. En este contexto, aquellas que tienen una cultura de riesgos crean una ventaja competitiva frente a las demás. Asumen riesgos más concientemente, se anticipan a los cambios adversos, se protegen o cubren sus posiciones de eventos inesperados y logran experiencia en el manejo de riesgos. Por el contrario, las instituciones que no tienen cultura de riesgo, posiblemente ganen más dinero en el corto plazo pero en el largo plazo convertirán sus riesgos en pérdidas importantes que pueden significar, inclusive la bancarrota. Ésta es la razón por la cual el actuario tiene un papel importante en el proceso de administración de riesgos.

CONCLUSIONES

Los mercados de futuros y de opciones han sufrido cambios a través de los siglos, sin embargo es hasta finales del siglo pasado donde se marca la evolución más significativa de estos productos derivados mediante la estandarización de modelos que permiten su valuación y la creación de instituciones encargadas de garantizar los derechos de los participantes involucrados. Gracias a que estos productos derivados pueden ser usados como instrumentos para la formación eficiente de precios en el mercado de los diversos activos y como medio de cobertura contra riesgos de especulación y/o de inversión, los inversionistas se encuentran más seguros negociando contratos de opciones o futuros.

Cabe destacar que el mercado de futuros ha sido la base fundamental para la creación del mercado de opciones, debido a un estudio que se inició para negociar futuros sobre acciones, resultando más satisfactorio negociar opciones sobre acciones, dándose así el surgimiento de las opciones en un mercado organizado.

Como se ha podido observar, las innovaciones de los productos derivados en el caso particular de los futuros y las opciones han estado dirigidas a transferir riesgos y aumentar la liquidez de los inversionistas garantizando el precio de compra o venta sobre algunos bienes subyacentes. Ya que una de las principales preocupaciones de los participantes del mercado de futuros y opciones, son las distintas posiciones de riesgos que pueden tomar, debido a que se manejan instrumentos con un alto grado de apalancamiento financiero.

Por otra parte, la globalización de los mercados, la sofisticación de la economía mexicana y el apoyo generado hacia la investigación sobre productos derivados ha permitido el desarrollo del mercado de derivados en México, con lo que el 15 de diciembre de 1998, **MexDer** inicia operaciones, negociando en un principio contratos de futuros, para que posteriormente en febrero del 2004 se inaugurara oficialmente el mercado de opciones listando así opciones sobre índices accionarios y opciones sobre acciones individuales, actualmente se negocian también opciones sobre ETF's.

Con lo anterior se observa que el mercado mexicano se sigue preparando para la creación de nuevos productos que permitan el crecimiento económico, lo cual depende directamente de la tecnología con que se trabaja y la sofisticación de los mercados financieros, por lo que en los años siguientes se podrá observar el crecimiento de los mercados de derivados, que permitirán canalizar en forma efectiva las expectativas de los diversos agentes del mercado.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

Definir los contratos de futuros y conocer sus características más importantes.

Identificar los aspectos principales que intervienen en el funcionamiento del mercado de futuros.

Definir las variables de influencia sobre el precio de los futuros.

Conocer la relación que hay entre el precio spot y el precio futuro.

2.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LOS CONTRATOS DE FUTUROS

2.1.1 ¿QUÉ ES UN CONTRATO DE FUTUROS?

Es un contrato entre dos partes para comprar o vender un bien denominado subyacente en una fecha futura especificada y a un precio previamente acordado. Es decir, la operación de comprar o vender se pacta en el presente, pero la liquidación (entrega del bien subyacente y del dinero en efectivo) ocurre en el futuro.

En este sentido, dentro de los mercados organizados de futuros, los contratos pueden ser invertidos antes de la fecha de vencimiento para tomar una posición opuesta a lo firmado, pero de igual magnitud en el mismo contrato de futuro. Dichas posiciones se clasifican en el mercado de futuros como:

- a) Posición Larga.
- b) Posición Corta.

Esto significa que alguien que compra futuros toma una *posición larga*, así el agente que mantiene esta posición acumula ganancias conforme el precio del activo subyacente¹ sube, ya que él pacto comprar el activo a un determinado precio y en el mercado spot dicho subyacente es cada vez más caro. Al vencimiento del contrato, sus ganancias serán la diferencia entre el precio existente en el mercado menos el precio pactado en el futuro. Similarmente, si el valor del subyacente baja en el mercado spot, el inversionista con una posición larga, estaría acumulando pérdidas debido a que su posición estaría perdiendo valor. En resumen se puede decir que el inversionista que compra contratos de futuros toma una posición larga y obtiene ganancias ilimitadas siempre que el precio final del futuro esté por arriba del precio inicial F_0 del contrato del futuro, tal como se traza en la figura 2.1a.

En el caso del agente que mantiene una *posición corta*, es decir, alguien que vende futuros, su patrón de ganancias es el contrario de la posición larga, esto es, conforme el precio del activo subyacente sube, el valor de la posición corta se reduce lo que se convierte en pérdida para el inversionista. Por el contrario, si el precio del subyacente baja, la posición corta se revalúa ya que el inversionista va a vender el activo a un precio mayor que el que se presenta en el mercado.

¹ Es el Instrumento que se toma como referencia para negociar un producto derivado.

En resumen se puede decir que el inversionista que compra contratos de futuros toma una posición larga y obtiene ganancias ilimitadas siempre que el precio final del futuro esté por arriba del precio inicial F_0 del contrato del futuro, tal como se traza en la figura 2.1a. Y el inversionista que vende los contratos de futuros toma una posición corta y obtiene ganancias limitadas si el precio final del futuro está debajo del precio inicial F_0 del contrato del futuro, lo cual se muestra en la figura 2.1b.

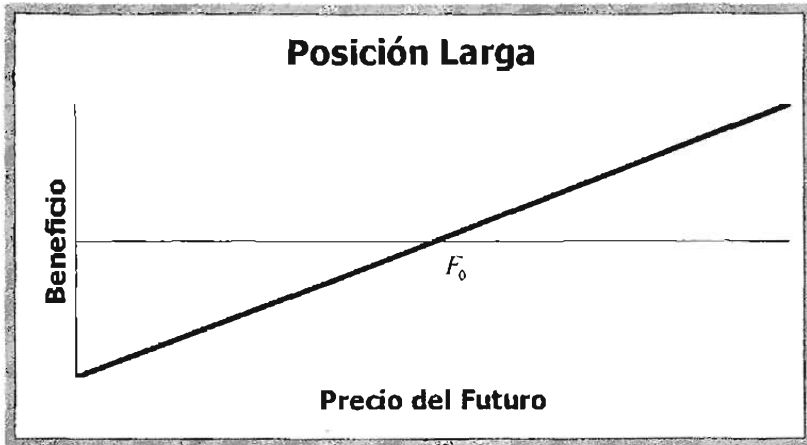


Figura 2.1a

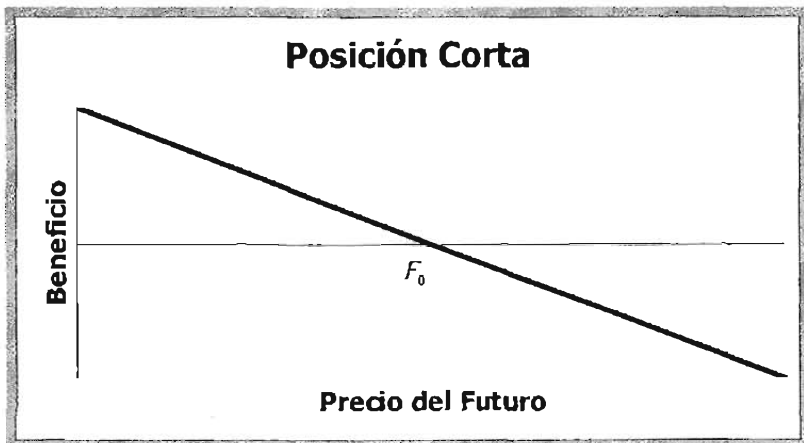


Figura 2.1b

Cabe señalar que los contratos de futuros son un medio para reducir o asumir riesgos con la esperanza de obtener ganancia, no es tanto un medio para tener el activo subyacente. De este modo todos los contratos de futuros tienen dos posiciones: Una siendo comprador y otra siendo vendedor. Si una de las partes del contrato obtiene ganancias, la otra puede obtener pérdidas, ya que la mayoría de los futuros se venden antes de madurar, por lo que los participantes del mercado de futuros ni pueden ganar ni pueden perder todos juntos al mismo tiempo, dado que la operación con futuros es un juego de suma de ceros.

Actualmente se dividen a los futuros existentes en dos grupos:

a) Futuros Financieros

- Futuros sobre índices bursátiles.
- Futuros sobre tasas de interés.
- Futuros sobre divisas.
- Futuros sobre acciones.

b) Futuros sobre mercancías

- Futuros sobre granos y oleaginosas.
- Futuros sobre ganado y carne.
- Futuros sobre alimentos y fibras.
- Futuros sobre metales y petróleo.
- Futuros sobre madera.

2.1.2 INNOVACIONES DE LOS CONTRATOS DE FUTUROS

En los contratos de futuros es importante considerar las características siguientes:

1. La estandarización, la cual implica que todos estos contratos corresponden a la misma cantidad, calidad y la entrega del producto, así como la vigencia del contrato.
2. Los contratos de futuros se deben cotizar en una bolsa organizada².

² Algunas de las principales bolsas de futuros en el mundo son: el *Chicago Board of Trade*, (CBOT), el *Chicago Mercantile Exchange* (CME), el *Internacional Monetary Market* adscrito al CME, el *Commodity Exchange*, el *New York Mercantile Exchange*, el *Tokio Internacional Financial Futures Exchange* (TIFFE), el *Korean Futures Exchange* (KOFEX), y en México, el *Mercado Mexicano de Derivados* (MexDer).

3. La existencia de una cámara de compensación, dicha institución tiene como función principal realizar la contabilidad central de los depósitos de todos y cada uno de los participantes del mercado, así como cubrir las posiciones de compra o venta, convirtiéndose como comprador para el vendedor y como vendedor para el comprador.
4. El sistema prudencial³ basado en márgenes, con lo cual se reduce el riesgo de incumplimiento, esto es, en caso de que los movimientos en los precios sean adversos al participante en el mercado y el margen depositado originalmente no sea suficiente, la cámara de compensación emitirá una "llamada de margen" que consiste en solicitar al tenedor del futuro un depósito adicional que cubre los montos mínimos establecidos por la propia cámara.

Es necesario tomar en cuenta que en los mercados de futuros, en ningún momento desaparece el riesgo inherente a la fluctuación de precios, sino que éste se trasfiere de los agentes económicos que buscan la cobertura a los inversionistas o especuladores⁴ que desean generar ganancias extraordinarias en función al riesgo que estén asumiendo.

2.1.3 VENTAJAS DE LOS CONTRATOS DE FUTUROS

De las características antes señaladas se mencionan las siguientes ventajas de los futuros.

1. En el sistema en el cual operan los futuros, es decir, en el sistema prudencial, los márgenes están diseñados para garantizar el cumplimiento de los compromisos adquiridos con la compra o venta de futuros. En el caso de que llegase a ser insuficiente, la cámara de compensación tiene diseñados mecanismos mediante los cuales cubre faltantes a la parte afectada.
2. Debido a que existe una estandarización en los contratos es posible la existencia de una liquidez mayor, con lo que los participantes en el mercado pueden cancelar su posición, en caso de que los movimientos en los precios le sean adversos, solamente con entrar a una posición compensatoria, es decir comprando el mismo número de contratos que originalmente había vendido, o vendiéndolos en caso de que su transacción original hubiera sido de compra.

³ Un sistema prudencial se entiende como un sistema utilizado para eliminar riesgos de incumplimiento de los compromisos adquiridos en la negociación de productos derivados.

⁴ Utilizan los futuros para apostar acerca de la dirección del mercado.

3. Los precios que se forman en el mercado de futuros son muy competitivos, ya que resultan de un conjunto de posturas tanto de compra como de venta entre un grupo grande de inversionistas.

2.1.4 DESVENTAJAS DE LOS CONTRATOS DE FUTUROS

Basándose nuevamente en las características de los contratos de futuros se pueden mencionar las desventajas siguientes:

1. Los inversionistas posiblemente no puedan cubrir perfectamente la posición sobre la cual requieran constituir una cobertura, es decir al cien por ciento, debido a que la estandarización de los contratos, ya que es posible que no obtengan el volumen o el plazo deseado.
2. El coste de organización del mercado de futuros es muy alto, debido al sistema de cálculo de márgenes, y de la gestión de depósitos.

2.2 FUNCIONAMIENTO DEL MERCADO DE FUTUROS

2.2.1 DISEÑO DE CONTRATOS

Como ya se señaló, los contratos de futuros son aquellos que permiten negociar activos financieros o mercancías a una fecha establecida, sólo el precio y el número de contratos es negociado en el momento de la transacción. Por esta razón la mayoría de los contratos futuros tienen las características siguientes:

- (a) Fecha de Vencimiento o Liquidación.
- (b) Tamaño del Contrato.
- (c) Método de Establecimiento del Contrato a la Liquidez.
- (d) La Calidad del Activo Entregable.
- (e) Lugar de Entrega.

(f) Tiempo de Pago a la Liquidez.

(g) Precio de Liquidación.

FECHA DE VENCIMIENTO

Un contrato de futuros debe estar referido a una fecha de entrega, por lo que el mercado debe especificar el período preciso del mes en el cual puede llevarse a cabo la liquidación, aunque para muchos contratos de futuros el periodo de entrega puede ser de todo el mes de referencia.

Cabe destacar que demasiados meses de madurez reducen la profundidad y liquidez del contrato, mientras que pocos meses de madurez reduce la utilidad de los contratos. Como esto resulta un conflicto es importante hacer un balance equilibrado que dependa del activo subyacente. Por ejemplo, los contratos de futuros sobre trigo negociado en el *Chicago Board of Trade* (CBOT), se consideran cinco meses de madurez (marzo, mayo, julio, septiembre, diciembre) que son comerciados en cualquier momento, reflejando la cosecha y ciclos de comercio para el trigo.

TAMAÑO DEL CONTRATO

El tamaño del contrato especifica la cantidad del activo que se debe entregar con un único contrato, dicho tamaño varía considerablemente y es seleccionado para cumplir las necesidades de los clientes.

Por ejemplo, en muchos de los contratos de futuros sobre granos, el tamaño estándar del contrato es 5,000 bushels⁵. Así, el volumen del contrato es considerablemente más grande en algunos de los futuros financieros, tal es el caso de los futuros sobre Treasury-Bills y eurodólares, que tienen tamaño de contrato de \$1 millón de dólares. Sin embargo, se puede notar que existe una relación muy estrecha entre el volumen del contrato y el número de inversionistas que se interesan en realizar coberturas con estos contratos, ya que si el tamaño del contrato es muy grande muchos inversionistas no podrían realizar operaciones financieras en el mercado organizado, por otro lado si el volumen del contrato es demasiado pequeño, la negociación puede ser muy cara, por tanto el tamaño correcto para el contrato depende de quienes son los usuario más probables, cabe destacar que el tamaño del contrato no es negociable entre las partes, éste es estandarizado para todos los contratos sobre el mismo activo y mismo plazo.

⁵ El bushel es una antigua medida agrícola sólo utilizada en los Estados Unidos; 36.74 bushels = 1 tonelada métrica.

MÉTODO DE ESTABLECIMIENTO DEL CONTRATO A LA LIQUIDACIÓN

La mayoría de los contratos de futuros establecen una fecha para la entrega del subyacente, además un contrato puede ser llevado al mes de entrega, donde ciertas reglas y procedimientos regulan la entrega.

Con los contratos de futuros, una *posición corta* puede entregar el activo subyacente durante cierto periodo en el mes de vencimiento especificado por la regulación del intercambio. La entrega de activos tangibles puede hacerse en cualquier momento durante un periodo extendido, (por ejemplo dos semanas) y normalmente son guardados en un almacén dando derecho al activo, lo que provoca un incremento de la demanda de estos activos. La entrega de activos financieros normalmente se define más estrictamente, con entregas que tienen lugar a través de un banco aprobado por el mercado de futuros. Una *posición larga* de futuros está obligada a recibir el subyacente si es llamado para hacerlo, dado lo anterior la asignación de avisos entregados para el intercambio toma varias formas.

En algunos mercados, el contrato largo más viejo es asignado al aviso de entrega, en otros mercados, el aviso de entrega es asignado al azar. Sin embargo muchos contratos de futuros difieren de lo anterior debido a la flexibilidad que tiene el comprador después de recibir un aviso de la entrega, ya que en algunos casos (usualmente sobre los subyacentes tangibles) el comprador del futuro tiene la oportunidad de pasar el aviso a alguien más y liquidar el contrato del futuro. Aunado a que un vendedor de futuros normalmente tiene mayor flexibilidad porque ellos pueden escoger la calidad del activo subyacente que se entregará así como el periodo exacto de entrega.

Ciertos contratos de futuros de compra requieren del pago en efectivo en lugar de la entrega al vencimiento. Por ejemplo, si se negocia un contrato de futuros sobre el IPC, no se contempla la posibilidad de realizar la entrega física del activo ya que un índice como valor físico no existe, solamente es un valor de referencia. Por esta razón el comprador de un contrato de futuros que obtiene dinero en efectivo, por lo general defiende su posición hasta la expiración, recibiendo la diferencia entre el último precio del pago de contrato del futuro y el precio al que el contrato fue comprado.

LA CALIDAD DEL ACTIVO SUBYACENTE

Cuando el activo subyacente tiene diferentes características, el contrato de futuro especifica la calidad estándar de la entrega del activo, así como las diferentes calidades que pueden ser entregadas. Por ejemplo el CBOT en sus contratos de trigo llaman para la entrega del No. 2 trigo rojo suave, sin embargo otras

calidades también son entregadas. Otro ejemplo es también en el CBOT con sus futuros de T-bonos. Normalmente, el contrato es llamado para la entrega de un 8% de bonos cuponados con vencimiento menor a cinco años, sin embargo, los T-bonos con otros cupones y vencimientos mayores a cinco años son también aceptables para la entrega.

La alternativa para una calidad particular de un activo subyacente que es entregado en un contrato de futuro es permitir la comparación de características al vendedor del contrato, donde por supuesto éste escoge el "más barato de entregar". Por ejemplo, si el trigo rojo suave y el trigo rojo duro de invierno son entregados frente al contrato de futuros de trigo, pero el trigo rojo duro de invierno se está vendiendo en el mercado a un precio menor que el trigo rojo suave, las personas con posición corta cambiarán la entrega por el trigo rojo duro de invierno porque es más barata su entrega.

La entrega más barata del activo puede cambiar durante la vida del contrato de futuros, debido a que el cambio específico del precio es una relación entre la calidad de entrega antes de la salida del contrato.

LUGAR DE ENTREGA

Un importante rasgo de los contratos de futuros en activos tangibles está en el número y la localización de los lugares de entrega, ya que la transportación de los activos tangibles puede ser costosa dependiendo del lugar de entrega. Como resultado de lo anterior, un incremento en el número de lugares de entrega beneficia a la posición corta quien está obligado a entregar. De hecho la Cámara de Compensación se encarga de establecer o fijar los puntos (almacenes) en donde son entregados los activos

TIEMPO DE PAGO AL VENCIMIENTO

La mayoría los contratos de futuros sobre activos tangibles y ciertos futuros financieros permiten un periodo de tiempo en el mes de liquidación durante el cual puede hacerse la entrega. En el caso de futuros de trigo, por ejemplo, la entrega puede hacerse en cualquier momento en el mes de vencimiento. Asimismo en el caso de futuros sobre activos tangibles, el vendedor usualmente tiene la opción de cuándo entregar, qué calidad entregar, y dónde entregar dicho activo, estos rasgos proporcionan protección para el vendedor contra el peligro que alguien puede acaparar el suministro disponible del activo subyacente, el cual puede ser entregado. Cuando la entrega es fácil y el peligro acaparado del suministro del subyacente entregable es pequeño, como en muchos instrumentos financieros, el

tiempo de entrega y otros rasgos, tal como la calidad y ubicación, está más estrechamente prescrito.

PRECIO DE LIQUIDACIÓN

El precio de liquidación es el precio de referencia del activo subyacente correspondiente a la fecha de vencimiento y con base en el cual se lleva a cabo la liquidación de un futuro en la fecha de vencimiento del mismo.

PROCEDIMIENTOS COMERCIALES

Los clientes públicos que desean negociar futuros deben abrir una cuenta con una empresa de corretaje. En la industria de futuros en Estados Unidos, una empresa de corretaje es nombrada a veces como una "*Futures Commission Merchant*" (FCM). Debido a que los contratos de futuros y contratos de opción sobre futuros son comerciadas en una cuenta del activo, la cual se encuentra sujeta a la "*Commodity Futures Trading Commission*" (CFTC) establecida en 1974. Ya que esta organización está encargada de autorizar mercados de futuros y aprobar contratos.

En 1982 se fundó la "*National Futures Association*" (NFA), razón por la cual algunas responsabilidades de CFTC fueron trasladadas hacia la industria de futuros. Para dicha asociación se reconocen entre sus objetivos principales el de prevenir el fraude y asegurar que el mercado opere según los mejores intereses del público general. La NFA está autorizada para vigilar las operaciones y llevar a cabo acciones de disciplina. No obstante, la responsabilidad básica tanto de los futuros como de las opciones sobre futuros recae en la CFTC.

TIPOS DE ÓRDENES

En el comercio de futuros, como con otras garantías (securities), los inversionistas pueden asentar una variedad de órdenes, las cuales aparecen a continuación de acuerdo a su nivel de simplicidad y usos más comunes.

1. Una *orden del mercado* (market order) instruye al corredor para comerciar inmediatamente al mejor precio actualmente disponible.
2. Una *orden del límite* (limit order) instruye al corredor para comprar o vender a un precio específico. Naturalmente, el precio dado con respecto a una orden límite para comprar está debajo del precio actual del mercado, y el precio dado para una orden límite para vender está por encima el precio

del mercado actual, ya que la orden sólo puede ejecutarse a un precio favorable para el inversionista.

3. Una *orden con límite de pérdidas* (stop-loss order) es una orden para vender debajo del mercado o comprar sobre el mercado. Es decir, la orden se ejecuta al mejor precio disponible una vez que se haya establecido una postura de oferta o demanda a ese precio o a un precio menos favorable. Básicamente el propósito de una orden con límite de pérdidas, es cerrar una posición cuando hay expectativas desfavorables de los precios, además como su nombre lo dice limita las pérdidas que se pueden producir al negociar un contrato.
4. Una *orden de límite y parada* (stop-and-limit order), es la combinación de una orden límite y una orden con límite de pérdidas. La orden se convierte en una orden límite en cuanto hay una demanda o una oferta al precio igual o menos favorable que el precio de la orden con límite de pérdidas. Por las características que se analizan de esta orden de límite y parada se deben entonces especificar dos precios: el precio de la orden con límite y el precio de la orden con límite de precios.
5. Una *market-if-touched-order*, se ejecuta al mejor precio disponible después que haya una transacción a un precio específico o a un precio favorable que éste, en realidad un market-if-touched-order se convierte en una orden de mercado una vez que el precio específico ha sido acordado. En conclusión una market-if-touched-order es una posición contraria a una orden con límite de pérdidas.
6. Una *orden discrecional* (discretionary order), se considera como una orden de mercado, sólo que el corredor puede retener su ejecución a razón de poder obtener mejor precio.
7. Una *orden cubierta* (spread order) instruye al corredor para comprar un contrato y vender un contrato relacionado. En el vencimiento, por ejemplo, el comerciante compra un contrato en un mes de liquidación y vende un contrato sobre el mismo activo durante un mes de liquidación diferente.
8. En una *cobertura de interactivos* (intercommodity spread), el comerciante compra un contrato sobre un activo y vende un contrato sobre un activo diferente. Una serie ilimitada de transacciones de cobertura está disponible en los futuros. Un punto importante a recordar es que el comerciante en una transacción de cobertura está interesado en los cambios favorables en el precio y el diferencial del precio entre dos contratos.

Algunas órdenes especifican condiciones de tiempo, a menos que se especifique algún periodo diferente; por lo general se tienen órdenes para un día, esto es que expiran al finalizar el día de negociación.

TIPOS DE OPERADORES

Los operadores de piso en futuros pueden ser divididos en dos clasificaciones generales:

- a) **Corredores de Piso.** Son agentes que ejecutan las transacciones para los clientes públicos a cambio de una comisión, como los procesadores de activos tangibles o gerentes de cartera de instrumentos financieros.
- b) **Operadores Profesionales.** Compran y venden por su propia cuenta. Los operadores son a veces llamados *especuladores*, *coberturistas* (hedgers) y *arbitrajistas*.
 - Se dice que son *especuladores*, porque asumen cantidades variantes de riesgo en busca de una utilidad financiera al aprovechar la volatilidad de los precios, sin tener algún interés en los bienes subyacentes de los contratos de futuros.
 - Asimismo se les denomina *coberturistas*, porque los agentes toman una posición en el mercado de futuros como sustitutos temporales de la compra o venta de algún activo subyacente que efectuarán posteriormente con el propósito de protegerse contra fluctuaciones adversas a los precios.
 - Finalmente son llamados *arbitrajistas* debido a que toman posiciones compensadoras en dos o más instrumentos, asegurándose un beneficio libre de riesgo en dos o más mercados.

Por otro lado los especuladores pueden clasificarse en *scalpers*, *operadores de un día* (day traders) y *operadores de posición* (position traders). Los *scalpers* tienen horizontes muy cortos de tiempo (normalmente son minutos) e intentan obtener beneficios de cambios pequeños en el precio de los contratos. La importancia de los *scalpers* en los mercados de futuros radica en que proporcionan liquidez a otros inversionistas, comprando al precio de oferta cuando los clientes públicos desean vender y vendiendo al precio demandado cuando los clientes públicos desean comprar. Los *operadores de un día* tienen horizontes cortos de tiempo y toman posiciones que son usualmente liquidadas al final del día. Los *operadores de posición* asumen riesgos y posiciones que son sostenidas por largos periodos de tiempo.

COSTOS COMERCIALES

Los costos de transacción de los contratos de futuros consisten en dos componentes: La comisión que cobra el corredor y la concesión del precio que pueden ser necesariamente para ejecutar la transacción. La concesión del precio refleja la realidad de que las ventas están hechas cerca del precio de oferta de operadores profesionales de piso (especuladores o especialistas) y las compras son hechas al más alto precio demandado por operadores profesionales de piso. Además, el corredor que lleva a cabo la transacción del cliente es compensado con una comisión, las cuales son competitivamente determinadas en el mercado de futuros y varían de corredor a corredor. Las comisiones deben cubrir los servicios de los atrasos de oficina del corredor así como los cargos para el corretaje de piso y la liquidación de transacciones.

PRECIO REPORTADO

A diferencia de las bolsas de valores, donde el precio y tamaño de cada transacción es informado inmediatamente después de que la transacción ocurre, en el mercado de futuros no todas las transacciones son reportadas porque muchas transacciones ocurren simultáneamente. Algunos precios son registrados manualmente en un panel de precio sobre el piso de intercambio. Entonces los precios son introducidos en la computadora para la transmisión mundial. Otros introducen la información del precio directamente en la computadora, y la información es automáticamente desplegada en el piso de intercambio siendo transmitido mundialmente. En los mercados de futuros, las estadísticas sobre el volumen de comercio no están disponibles en una base de tiempo real. No obstante, tales estadísticas se compilan al final del día en la base de transacciones que aclaran los datos.

2.2.2 CÁMARA DE COMPENSACIÓN

Los contratos de futuros son "creados", ya que cuando un comprador y un vendedor se reúnen, el acuerdo contractual que contiene los derechos específicos y obligaciones de cada parte queda claramente establecido. El número de contratos semejantes que es creado no es limitado, a diferencia de los mercados accionarios donde el suministro de acciones se limita al número de acciones que la empresa ha emitido. El *interés abierto* es el número de contratos de opciones o futuros pendientes en cualquier momento.

Para que un mercado de futuros tenga una buena organización se requiere que se realice una serie de funciones que consisten principalmente en:

- 1) Consignar las transacciones realizadas.
- 2) Gestionar las cuentas de depósitos de los operadores.
- 3) Establecer las reglas que deben seguir los operadores en el mercado y verificar la regularidad de las operaciones.

Regularmente estas operaciones quedan cubiertas por una sola institución, pero en muchas ocasiones algunos mercados financieros cuentan con dos: la cámara de compensación que se encarga de cubrir las dos primeras operaciones y un organismo titular que cubre la tercera opción.

La cámara de compensación, como ya se mencionó, es una entidad jurídicamente autónoma cuya función principal es la de determinar diariamente el saldo de las operaciones realizadas por cada operador y calcular los *márgenes* correspondientes, exigiendo aportaciones de fondos complementarios y liquidando las posiciones de los operadores cuando sea necesario.

Otra de las labores de la cámara de compensación es la de examinar la coherencia del conjunto de operaciones realizadas, ya que diariamente deben tenerse el mismo número de contratos vendidos como el de contratos comprados, por lo que se debe llevar un registro de todos los contratos negociados. Debido a que el número de compradores siempre es igual al número de vendedores, la cámara de compensación siempre tiene una posición nula neta.

MÁRGENES

Aparte de considerar a todos los contratos y vigilar la entrega, la cámara de compensación debe mantener la integridad financiera de mercados como el fiador de todos los contratos. Los miembros de la cámara de compensación fijan el margen de depósito para garantizar las transacciones llevadas a cabo a través de ese socio de la cámara de compensación. No todos los inversionistas de futuros pueden ser miembros de la cámara de compensación, sin embargo empresas que no lo son pueden serlo por medio de las empresas que sí son socios de la cámara de compensación, de tal forma que se protejan de los riesgos de incumplimiento de los contratos.

La mayoría de los intercambios establecen un *fondo de garantía* que protege a los miembros de la cámara y por consiguiente a los clientes de esos miembros de la cámara de compensación. En los mercados de futuros, la cámara de compensación

impone el *margen* requerido sobre sus miembros. Por otra parte los márgenes del cliente son establecidos por las empresas individuales de corretaje y son por lo menos tan altos como los márgenes impuestos por la cámara de compensación.

Los márgenes sobre los contratos de futuros representan una garantía de la ejecución. Cuando un contrato de futuros queda acordado, ningún crédito es extendido, ningún recurso cambia de manos, y ningún pago es hecho por el comprador para el vendedor. El pago completo (la parte que podría pedirse prestado en ese momento) sólo es requerido si se lleva a cabo la entrega. El comprador y el vendedor de un contrato de futuros depositan el margen, el cual puede ser una forma de ganar interés en lugar de garantizar el dinero en efectivo. Las posiciones en los contratos de futuros son diariamente fijados de la misma forma como el precio de los futuros cambia. Los operadores son requeridos para constituir las pérdidas o para retirar las ganancias. Cada día, estos pagos de perdedores a ganadores son llamados *margen de variación* y puede ser en dinero en efectivo. Lo que significa que un miembro de la cámara de compensación recibe un "aviso de margen" cuando el mercado se mueve en su contra y el valor neto depositado en la cuenta de margen cae por debajo de un nivel mínimo definido como un porcentaje del depósito inicial de margen. Este llamado requiere que el inversionista reconstituya sus garantías hasta el nivel de depósito inicial. Por otro lado si el mercado se mueve a favor del inversionista y el valor neto de la cuenta de margen supera el requisito de mantenimiento, entonces el inversionista puede retirar efectivo o valores por un monto igual al excedente del valor neto sobre el margen inicial.

Si se presenta el caso de que el valor de mercado de los valores depositados en la cuenta de margen rebasa su margen de mantenimiento y no realiza las aportaciones necesarias, su contrato queda automáticamente cancelado, sin opción a resarcirse de las pérdidas acumuladas hasta ese momento. El margen mínimo o de mantenimiento, es expresado como una proporción del margen inicial.

2.3 ESTRUCTURA DEL PRECIO DE FUTUROS

2.3.1 SUPUESTOS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

En este trabajo las siguientes afirmaciones son ciertas para los participantes del mercado:

- 1) Los participantes en el mercado no están sujetos a costos de transacción cuando operan.
- 2) Los participantes en el mercado están sujetos a las mismas reglas sobre todos los beneficios netos derivados del comercio.
- 3) Los participantes en el mercado pueden pedir prestado dinero al mismo tipo de interés libre de riesgo al que pueden hacer préstamos.
- 4) Los participantes en el mercado aprovechan las oportunidades de arbitraje cuando éstas se presentan.

Para determinar la estructura de los precios de futuros se utilizará la notación siguiente:

T :	Tiempo de vencimiento de un contrato de futuros.
t :	Indica el tiempo al cual el precio del futuro es observado.
$F_t(T)$ o F_t :	Precio del futuro.
S_t :	Precio spot del activo subyacente.
i :	Tasa de interés libre de riesgo

2.3.2 RELACIÓN ENTRE PRECIOS SPOT Y PRECIOS DE FUTUROS

Se puede decir que en los contratos de futuros existe una intermediación entre el presente y el futuro, ya que los precios de los futuros son observados hoy pero refiere la transacción para ser llevada a cabo en el futuro. Como tal, el precio del futuro debe reflejar las expectativas sobre el futuro. Por su parte, el término de *precio en efectivo* es usado algunas veces en lugar del precio spot para referirse al precio de una calidad particular a una región particular, y el precio spot se refiere al activo definido por el contrato de futuros.

La relación entre el precio del futuro y el precio spot esperado en el futuro es llamada *estructura intertemporal de los precios de futuros* (intertemporal structure of futures prices). Razón por la cual, se asume que el precio de futuros en un contrato que vence al tiempo T , $F_t(T)$, igual al precio spot esperado del activo

subyacente en el momento T , $E(\bar{S}_T)$. En otras palabras, se considera que tanto el precio spot como el precio de futuros presentan la misma tendencia de precios, es decir que cuando se acerca el mes de entrega de un contrato de futuros, el precio del futuro converge hacia al precio al contado del activo subyacente. De manera que al llegar a la fecha de vencimiento, el precio del futuro se hace igual, $F_t(T) = E(\bar{S}_T)$, o será muy cercano al precio spot, $F_t(T) \approx E(\bar{S}_T)$, sin importar que el precio del futuro haya permanecido por debajo (backwardation) o por encima (contango) del precio spot esperado en su respectivo ejercicio. Como se aprecia en las figuras 2.2 y 2.3.

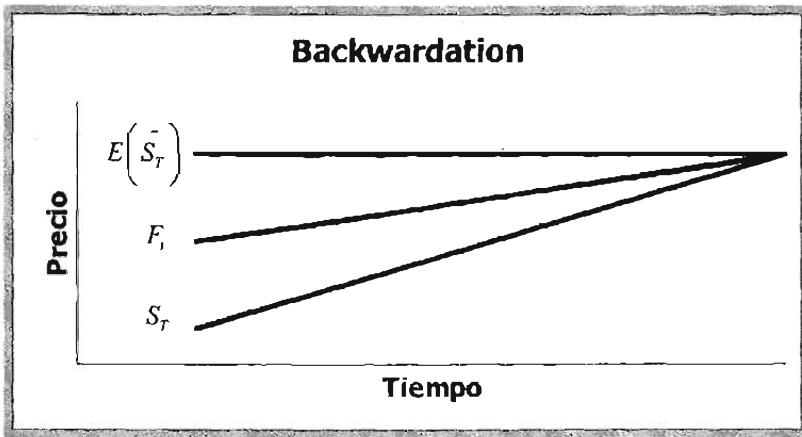


Figura 2.2

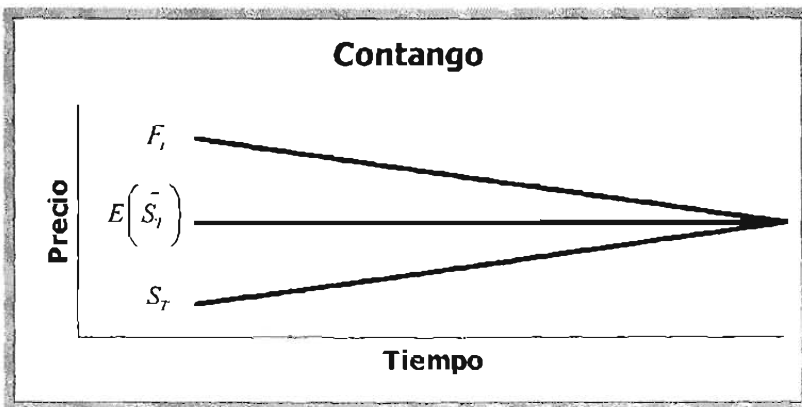


Figura 2.3

Sin embargo, aún cuando el precio de los futuros es igual al precio spot esperado en promedio, la trayectoria real del precio de los futuros y el precio spot es errático porque la nueva información que entra en el mercado lleva a los inversionistas a revisar las expectativas del precio.

Frecuentemente, los contratos de futuros son escritos en activos que no son singularmente definibles. Por ejemplo, puede haber calidades diferentes de trigo, o el trigo puede ser cosechado en diferentes localidades. En otras palabras, puede haber diferentes precios spot, $S_1, S_2, S_3, \dots, S_m$. Debido a los costos de transporte y diferencias de calidad, el precio spot de una calidad específica o a una localidad en particular puede ser mayor o menor que el precio spot del activo definido en el contrato de futuros. Los procesadores y poseedores del activo subyacente usualmente acuerdan un precio de efectivo y usan el mercado de futuros como una manera de proteger las fluctuaciones del precio en efectivo. Se usa S_t para denotar el precio spot al tiempo t del activo definido por el contrato de futuros y $S_{i,t}$ para denotar el precio en efectivo de una calidad particular o localidad i al tiempo t .

Para algunos activos subyacentes (típicamente, instrumentos financieros), la distinción entre el precio en efectivo y el precio spot no es importante. En el caso de una divisa extranjera, por ejemplo, hay sólo una calidad del activo subyacente y no hay ninguna diferencia importante en la situación de entrega.

Es importante resaltar que la diferencia entre el precio del futuro y el precio en efectivo es conocida como base. La base es el factor esencial para llevar a cabo una buena cobertura; en cuanto más se acerca la fecha de vencimiento de la posición en el mercado de futuros, el valor de la base tiende a cero, ya que la entrega del futuro se convierte en entrega física. Más adelante se analizará con detalle el funcionamiento de la base.

2.3.3 DETERMINACIÓN DE PRECIOS

RESULTADOS GENERALES DEL PRECIO DEL FUTURO

En este punto se puede observar una generalización del comportamiento de los precios de futuros respecto a los activos subyacentes sobre los que se comercian contratos de futuros. Tabla 2.1.

Tipo de Contrato	Precio del Futuro
Futuros sobre un activo subyacente no proporciona ninguna renta adicional.	$F_i(T) = S_i e^{iT}$
Futuros sobre un activo que proporciona una renta I .	$F_i(T) = (S_i - I) e^{iT}$
Futuro sobre un activo que proporciona una tasa de rendimiento q ,	$F_i(T) = S_i e^{(i - q)T}$

Tabla 2.1

Los resultados de la tabla anterior permiten valorar los futuros para contratos sobre índices, divisas, oro y plata. Tanto los costos de almacenamiento, transporte, seguros, mermas, etc., son gastos, por tanto pueden considerarse como egresos, entonces si ϕ es el valor presente de todos los gastos previstos durante la vida del contrato de futuros entonces se tiene:

$$F_i(T) = (S_i + \phi) e^{iT}$$

En el caso de futuros sobre mercancías (a diferencia de metales), no es posible obtener el precio del futuro en función del precio spot. Es importante definir un parámetro conocido como la tasa de conveniencia, la cual proporciona información sobre en que medida los usuarios del producto creen que hay beneficios en la posesión física del activo que no obtiene con el contrato de futuros.

2.3.4 LA BASE

La base es la diferencia entre el precio de futuros actual y el precio en spot, $F_i - S_{ii}$. La base total contiene dos componentes:

Base total = Base de Tiempo + el Espacio y base de calidad

Aunque se expresa algebraicamente como:

$$F_i - S_{ii} = (F_i - S_i) + (S_i - S_{ii})$$

Dicho concepto es muy importante en el mercado de futuros, también conocida como el "eslabón entre los precios spot y futuro".

Como ya se analizó anteriormente, hay muchas calidades y el punto de entrega en algunos activos es diverso, el espacio y base de calidad, $S_t - S_{it}$, puede asumir muchos valores que dependen de los costos de transporte y diferencias de calidad.

La falta de oportunidades de arbitraje sin costos sobre un racional, en los mercados organizados determinan la relación de equilibrio entre los futuros contemporáneos y el precio spot, F_t y S_t , y el tiempo base $F_t - S_t$. Entonces el arbitraje depende de la convergencia de F_t y S_t al vencimiento del contrato de futuros, T . La oportunidad de arbitraje sin riesgo existiría si, al vencimiento el precio del futuro del contrato que está expirando no fuera igual al precio spot, pero si el precio de los futuros a la madurez fuera menor que el precio spot a la madurez, los arbitrajistas podrían comprar contratos de futuros, es decir reciben la entrega y vende el activo entregado al precio spot. De otro modo, si el precio del futuro al vencimiento fuera más alto que el precio spot a la madurez, el arbitrajista vendería el futuro, compraría el activo en precio spot, y haría la entrega comparando con el contrato de futuros. Estas oportunidades sólo son evitadas si, en el último momento de la vida del contrato de futuros, el precio del futuro es igual al precio spot del activo subyacente.

Un periodo antes del vencimiento, un arbitraje similar es posible. Si el activo subyacente está disponible, uno puede comprar el activo en el tiempo t al precio spot y puede retenerlo hasta el vencimiento para entregarlo comparado con el contrato de futuros. Una estrategia similar es preferible si el precio del futuro excede el precio spot más del costo de llevar el activo al vencimiento. En caso semejante, el arbitrajista vendería los contratos de futuros a F_t , compraría el activo subyacente a S_t , y llevaría el activo al vencimiento para entregarlo comparado con el contrato de futuros. Si las oportunidades de arbitraje sin costo no existen la relación entre el precio de futuros y el precio spot es:

$$F_t \leq S_t + B$$

Donde B es el costo de retener el activo hasta la madurez del contrato de futuros.

La relación $F_t \leq S_t + B$ limita el monto por el cual el precio de futuros puede exceder al precio spot. Este límite es el resultado del hecho de que siempre es posible adquirir el activo para la entrega futura comprándolo hoy y sosteniéndolo en lugar de comprar un contrato de futuros.

Con toda seguridad tanto con los activos como con los instrumentos financieros, los arbitrajistas pueden generar ganancias si el precio del futuro cae demasiado

bajo al precio spot obligando al arbitraje inverso, esto es vendiendo el activo a precio spot y comprando un contrato de futuros. El arbitraje inverso, sólo es posible si los suministros suficientes de activo subyacente están disponibles.

En muchos instrumentos financieros, el arbitraje inverso no es problema porque en una acción de posición larga del activo en efectivo está disponible. Por ejemplo, suponiendo que el precio futuro de la libra británica está por debajo de su precio spot, el arbitrajista podría vender futuros y vender en corto el activo subyacente (i.e. la libra). Cuando el arbitraje inverso es posible, se requiere del siguiente equilibrio:

$$F_t = S_t + B$$

En consecuencia esta relación resulta una influencia para los activos que están siendo retenidos. Consecuentemente, la relación es después llamada el *costo de mantenimiento* (costo of carry).

USOS DE LA BASE

Por lo dicho anteriormente, se puede afirmar que el riesgo asociado entre el precio spot y el precio futuro, es por supuesto el riesgo de la base, esencialmente para un agente que está interesado en cubrir alguna posición, y le interesa cambiar el riesgo asociado a movimientos en los precios (riesgo-precio), por el riesgo de la base. Al considerar el ejemplo siguiente se observa como funciona:

Al suponer que un inversionista mantiene una posición corta o larga sobre un activo cuyo precio spot es S_t , el riesgo precio que se corre es aquel donde el precio del activo cambie a \tilde{S}_t , esto significa que el riesgo al que se encuentra propenso el inversionista es el cambio en el precio del activo, esto es, $\tilde{S}_t - S_t = \Delta\tilde{S}$. Para cubrir este riesgo el inversionista utiliza un futuro sobre un subyacente correlacionado positivamente con el precio del activo que desea cubrir, por lo que el riesgo se reduce a la diferencia entre el cambio en el precio del activo que mantiene en su poder y la diferencia del precio futuro con el cual se está cubriendo, es decir.

$$(\tilde{S}_t - S_t) - (\tilde{F}_t - F_t)$$

Se utiliza la diferencia entre ambas cantidades por el hecho que el inversionista toma una posición contraria en el futuro a la que tiene en el activo. Entonces de la expresión se obtiene:

$$(\tilde{S}_t - S_t) - (\tilde{F}_t - F_t) = (\tilde{S}_t - \tilde{F}_t) - (S_t - F_t)$$

Pero por la ecuación $F_t = S_t + B_t$ se tiene que $B_t = F_t - S_t$, entonces se obtiene lo siguiente:

$$\bar{B}_t - B_t$$

La base B_t es conocida, pero \bar{B}_t es desconocida actualmente y en este sentido su valor es aleatorio.

El inversionista que no se cubre se enfrenta al riesgo asociado con cambios en el precio de su activo. Por su parte, un inversionista que cubre su posición contra movimientos en el precio de su activo, enfrenta solamente el riesgo de la base. Por definición, la base es $B_t = F_t - S_t$ y el precio del futuro de acuerdo a la teoría de los costos de acarreo es $F_t = S_t + CA_t$, al sustituir el precio de acarreo en la expresión de la base se tiene que:

$$B_t = S_t - S_t + CA = CA$$

Como se puede observar la base es igual a los costos de acarreo, los cuales son conocidos y si se pudiera conocer su evolución a lo largo de la vigencia del contrato, entonces el valor de la base podría ser perfectamente conocida, pero como ya se ha mencionado siempre van a existir elementos aleatorios que hacen que la cobertura no sea al cien por ciento perfecta.

CONCLUSIONES

El comportamiento de los precios siempre afecta cualquier área de la actividad económica, esto propicia una atención especial hacia la estructura de los precios de futuros, pues a estos contratos se les considera como un medio para reducir riesgos, esperando obtener ganancias.

Los contratos de futuros se negocian en un mercado organizado y es necesario para éste definir cuidadosamente la naturaleza del bien que se está negociando, de hecho los contratos de futuros cuentan con características que los hacen atractivos para los inversionistas, esto es la estandarización, el sistema prudencial y la existencia de una cámara de compensación.

En la definición de futuros se observa que existe un desfase temporal entre la fecha en que se pacta el contrato de compraventa, y la fecha en que se realiza; este desfase lleva implícito el riesgo derivado de que una de las partes contratantes no haga frente a la obligación contraída, por lo que al momento en que se pacta un contrato, las contrapartes depositan en una cuenta una cantidad de dinero y/o valores conocida como margen, a favor de la cámara de compensación, creándose así un fondo para atender las cancelaciones de contratos con ganancias, además dicho margen permite a los agentes realizar sus ganancias diarias, asociadas a movimientos favorables en el precio.

Una alta proporción de los contratos de futuros que se negocian no terminan con la entrega del activo subyacente, las posiciones se cierran antes de que se llegue al período de entrega, sin embargo la posibilidad de una entrega final es lo que conduce a la determinación del precio del futuro.

Con el propósito de entender los precios de los futuros, es necesario dividir los contratos de futuros en dos categorías: futuros en los que el activo subyacente es objeto de inversión financiera y los futuros para los que la inversión en subyacente se realiza principalmente para su consumo. Para activos de inversión se han considerado situaciones diferentes, destacándose los futuros sobre activos que no proporcionan ninguna renta adicional, futuros sobre activos que proporcionan un ingreso conocido y futuros que proporcionan una tasa de rendimiento conocida. En el caso de activos para el consumo, no es posible obtener el precio del futuro en función del precio al contado y otras variables.

Finalmente, habría que señalar que el concepto de base es importante para la cobertura de riesgo, ya que si la base cambia pero el inversionista puede adelantarse a los cambios, se puede cubrir perfectamente la posición que se tenga sobre el activo. Pero si el precio spot y el precio a futuro cambian en la misma magnitud, la base no cambia.

CAPÍTULO 3

OBJETIVOS

Definir los contratos de opciones y conocer sus características más importantes.

Conocer las aportaciones que garantizan el cumplimiento de los contratos de las opciones.

Definir los factores que influyen en el precio de la opción.

3.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LAS OPCIONES SOBRE CONTRATOS DE FUTUROS

3.1.1 ¿QUÉ ES UN CONTRATO DE OPCIONES?

Los contratos de opciones se diseñaron para que el comprador de la opción se beneficie de los movimientos del mercado en una dirección, pero no sufra pérdidas como consecuencia de movimientos del mercado en otra dirección.

Una *opción* es un contrato que le da al tenedor el derecho pero no la obligación de ejercer el contrato (comprar o vender el bien subyacente) a un precio preestablecido (el precio de ejercicio) dentro de un periodo determinado (fecha de vencimiento), mediante el pago de la prima. Existen dos tipos de opciones: de compra (call option) y de venta (put option), las cuales se analizarán más adelante.

De acuerdo a lo anterior, se podría afirmar que los contratos de opciones son similares a los contratos de futuros, pero con la diferencia fundamental de que en estos últimos ambas partes tienen la obligación de realizar la operación de compra-venta en el futuro, mientras que en el caso de las opciones, el tenedor adquiere el derecho pero no la obligación de realizar la operación en el futuro. En este sentido puede afirmarse que los contratos de opciones tienen más flexibilidad que los contratos de futuros y, por tanto, son mejores.

Actualmente las opciones se negocian de forma muy activa en los mercados, donde son generalmente descritas por la naturaleza del activo subyacente, así se distinguen las siguientes:

➤ Opciones Financieras

- 1) Opciones sobre acciones.
- 2) Opciones sobre divisas.
- 3) Opciones sobre índices accionarios.
- 4) Opciones sobre contratos de futuros.

3.1.2 DEFINICIÓN DE OPCIONES SOBRE CONTRATOS DE FUTUROS

Una *opción sobre un contrato de futuros* es un contrato que le da al tenedor el derecho pero no la obligación de comprar o vender un contrato específico de futuro, a un precio pactado dentro de un periodo establecido y cumpliendo ciertas características que regirán durante la validez del contrato.

En Estados Unidos se negocian los contratos de futuros sobre los siguientes subyacentes:

➤ Opciones sobre contratos de futuros

- Agrícolas.
- Petróleo.
- Ganado.
- Metales.
- Tasa de interés.
- Divisas.
- Índices bursátiles.

3.1.3 VENTAJAS DE LAS OPCIONES SOBRE LOS CONTRATOS DE FUTUROS

Las opciones sobre los contratos de futuros han desarrollado características importantes, por lo que diferentes tipos de inversionistas prefieren negociar este tipo de contratos que contratos de opciones sobre el activo subyacente, dichas razones se definen a continuación:

1. Los contratos de opciones sobre futuros están disponibles sobre la mayoría de los activos para los que se negocian contratos de futuros y se pueden comerciar en los mismos mercados que los contratos de futuros.
2. En muchas circunstancias los contratos de futuros parecen ser más líquidos y más fácil de negociar que su activo subyacente. Debido a que el precio de futuros se conoce inmediatamente a partir de la negociación en el mercado organizado de futuros, mientras que el precio al contado del activo subyacente puede no estar disponible con tanta facilidad.

3. En las opciones de los contratos sobre futuros el ejercicio de la opción no suele conducir a la entrega del activo subyacente, ya que en la mayoría de los casos el contrato de futuros subyacente se cierra antes de la entrega.
4. Los contratos de opciones sobre futuros en la mayoría de los casos se pagan en efectivo, esto atrae a muchos inversionistas, sobre todo a aquellos con limitaciones de capital que pueden tener dificultades para obtener los fondos necesarios para comprar el activo subyacente cuando se ejerce una opción.
5. Otra ventaja de los contratos de opciones sobre futuros es que amplían las oportunidades de arbitraje y la especulación de la misma forma que facilitan la cobertura.
6. También incrementan la eficiencia de los mercados.
7. Finalmente, en mucho de los casos, las opciones sobre contratos de futuros tienden a soportar costos de transacción más bajos que las opciones al contado.

3.2 FUNCIONAMIENTO DEL MERCADO DE OPCIONES SOBRE CONTRATOS DE FUTUROS

3.2.1 LAS OPCIONES SOBRE CONTRATOS FUTUROS

Como se definió anteriormente los contratos de opciones sobre futuros, ya sean para comprar (call option) o vender (put option), deben especificar:

- a) El Bien Subyacente.
- b) Precio de Ejercicio.
- c) Prima de la Opción.
- d) Fecha de Vencimiento.
- e) Tasa de Interés.

BIEN SUBYACENTE

El *bien subyacente* es el instrumento o el activo que se toma como referencia para negociar una opción sobre el contrato de futuro.

Los contratos de opciones sobre futuros pueden ser negociados sobre diferentes activos subyacentes, tales como: ganado, metales, petróleo, divisas, etc., además cuando estos activos subyacentes tienen diferentes características, los contratos deben especificar la calidad estándar que será entregada, así como las diferentes calidades que pueden ser otorgadas.

Los contratos de opciones sobre futuros son instrumentos que se negocian en los mercados de derivados, ya que como su nombre lo dice su precio depende de las características de un activo, comúnmente denominado el "bien o activo subyacente".

PRECIO DE EJERCICIO

El precio al cual el contrato de futuros puede ser comprado o vendido al vencimiento bajo los términos del contrato de opción es denominado *precio de ejercicio*.

Esto significa, que el precio de ejercicio es el precio de liquidación al vencimiento por unidad del bien subyacente, al cual pueden ser ejercidas las opciones sobre contratos de futuros.

PRIMA DE LA OPCIÓN

El precio de una opción especifica la cantidad de dinero pagado por el comprador de una opción sobre un contrato de futuros y que es recibido por el vendedor de la opción sobre el contrato de futuros, por la adquisición de la opción, es denominado prima de la opción.

Cabe destacar que la prima estará en función del periodo de vencimiento del contrato, de la volatilidad de los rendimientos del bien subyacente, de la tasa de interés libre de riesgo, y de la relación entre el precio del contrato del futuro y el precio de ejercicio principalmente. De modo que, para adquirir una opción sobre un contrato de futuro, el tenedor tendrá que pagar al vendedor una prima, cuyo valor es muy inferior al monto notional¹. El vendedor, por su parte, recibirá la

¹ Monto notional: Es el monto empleado para estimar los pagos, es decir es el valor en dinero que se busca cubrir.

prima y no la devolverá al comprador en ningún caso, por lo tanto si el comprador no ejerce su derecho, perderá la prima.

FECHA DE VENCIMIENTO

La *fecha de vencimiento* es el periodo en el cual vence una opción referida exclusivamente al término del plazo del contrato.

Debido a que los contratos de opciones sobre futuros derivan su valor de los activos subyacentes, se sabe que éstos tienden a depreciarse con el tiempo, razón por la cual una opción a más largo plazo será más cara que una opción menor plazo.

TASA DE INTERÉS

La *tasa de interés libre de riesgo* es el rendimiento que proporciona cierta inversión ausente de riesgo, en México dicha tasa es denominada como **CETE**.

El cambio en la tasa de interés libre de riesgo afecta el precio de los contratos de forma menos marcada que el precio de mercado y la volatilidad.

3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS OPCIONES SOBRE CONTRATOS DE FUTUROS

Dependiendo de las necesidades de los inversionistas, se tienen ciertas características de las opciones sobre contratos de futuros con sus respectivos derechos para el comprador y respectivas obligaciones para el emisor, los cuales van a definir los tipos de contratos.

3.2.3 LA OPCIÓN DE COMPRA SOBRE UN CONTRATO DE FUTURO

Una *opción de compra sobre contratos de futuros* es el contrato, que otorga el derecho, pero no la obligación, de comprar un contrato específico de futuro (por ejemplo, un contrato de maíz o plata) a un precio previamente determinado durante la vigencia del contrato o en la fecha de vencimiento. Este derecho se adquiere a cambio del pago de una prima.

De modo que si se puede comprar una opción de compra sobre un contrato de futuro también puede venderse, sólo que el vendedor de la opción de compra sobre contratos de futuros, tiene la obligación de vender el activo subyacente al precio convenido.

El inversionista que compra una opción de compra mantiene una *posición larga* sobre contratos de futuros, obteniendo ganancias si el precio del futuro F_T , excede el precio de ejercicio S , por más del precio inicial de la opción de compra C_0 . Por otro lado, si F_T está por debajo de S en la fecha de vencimiento, la opción de compra no es ejercida. A continuación, en la figura 3.1a se presenta el perfil de pérdidas y ganancias. Como se puede apreciar la ganancia máxima del comprador de la opción de compra es ilimitada porque el valor de ejercicio de la opción se incrementa directamente con los aumentos sobre el valor del activo subyacente, que es ilimitado en principio. La pérdida máxima del comprador de la opción es el valor de la prima C_0 .

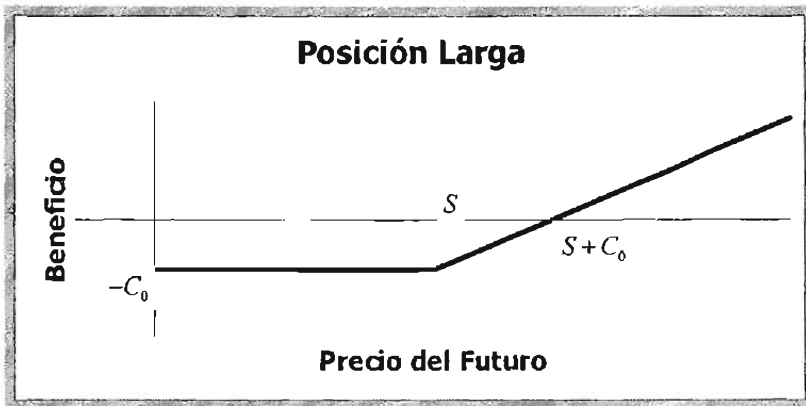


Figura 3.1a

Por otro lado, el perfil de pérdidas y ganancias para el vendedor de una opción de compra que toma una *posición corta* sobre el contrato del futuro se presenta en la figura 3.1b. Como se puede observar, es de la imagen inversa del perfil de pérdidas y ganancias del comprador de la opción de compra. Así el vendedor de la opción de compra enfrenta la posibilidad de pérdida desconocida e ilimitada si el precio del activo subyacente incrementa, porque en ese caso, la opción de compra será ejercida, y el vendedor de la opción de compra pedirá comprar el futuro a F_T y entregar al comprador de la opción de compra el bien subyacente al precio S . La máxima ganancia del vendedor de la opción de compra es la prima o precio de la opción C_0 . Por esto, las bolsas requieren que los vendedores de opciones

entreguen margen. Tal como sucede con los contratos de futuros, si el precio del futuro sobre un subyacente determinado se mueve en contra del vendedor de la opción, podría requerírseles margen adicional.

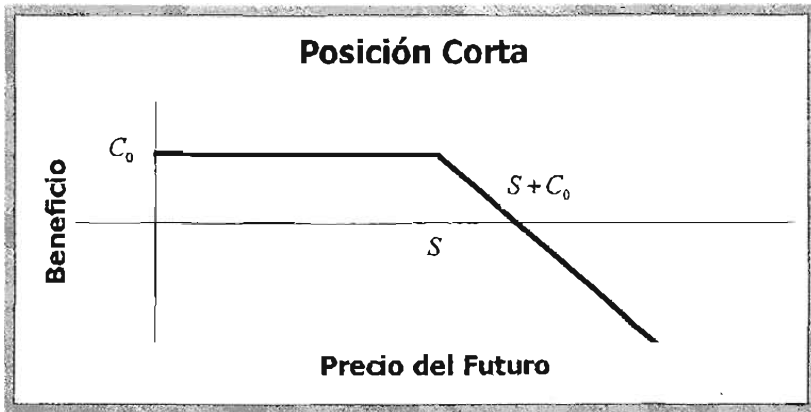


Figura 3.1b

Evidente para la figura 3.1a y 3.1b la suma de las ganancias del comprador de la opción de compra y del vendedor de la opción de compra a cualquier precio final del futuro F_T , es cero. Como en el caso de mercado de futuros, el mercado de opciones es también un juego de suma de ceros.

DENTRO DE DINERO

Una opción de compra sobre un contrato de futuros está *dentro de dinero* (in the money) cuando el precio del contrato del futuro es mayor que el precio de ejercicio pactado.

Por tanto, una opción de compra será ejercida siempre y cuando el precio del contrato del futuro en el mercado, sea superior al precio de ejercicio, ya que se genera una utilidad neta igual al precio de ejercicio menos el precio del futuro menos la prima, mientras la pérdida neta para los emisores es igual a la utilidad neta de los poseedores. En caso contrario, no existe razón por la cual ejercer la opción.

EN DINERO

Si el precio del contrato del futuro es igual al precio de ejercicio pactado en el contrato de opciones sobre futuros la opción de compra está *en dinero* (at the money).

Los contratos que están en dinero pueden o no ejercerse, ya que los poseedores pueden comprar el subyacente del contrato, en el mercado, al mismo precio pactado en los contratos. De modo que la pérdida neta para el poseedor de dicho contrato es el valor de la prima.

FUERA DE DINERO

Cuando en las opciones de compra el precio del futuro en el mercado es menor que el precio de ejercicio la opción está *fuera de dinero* (out of the money).

En este caso, los poseedores de las opciones de compra sobre un contrato de futuro, no tienen la obligación de ejercer el contrato a un precio superior al del mercado. Así la pérdida neta para los compradores de estos contratos es la prima al igual que la opción que está en dinero.

3.2.4 LA OPCIÓN DE VENTA SOBRE UN CONTRATO DE FUTURO

Una *opción de venta sobre un contrato de futuros* es un contrato, el cual otorga el derecho, pero no la obligación, de vender un contrato específico de futuros a un precio dado durante un periodo de tiempo o en la fecha de expiración. Para adquirir este derecho se debe pagar una prima.

De modo que si se puede comprar una opción de venta sobre un contrato de futuro también puede venderse, sólo que el vendedor de la opción de venta sobre contratos de futuros, tiene la obligación de comprar el activo subyacente al precio convenido.

El inversionista que compra una opción de venta sobre un contrato de futuros mantiene una *posición larga* sobre contratos de futuros, la cual es rentable si el precio del futuro F_T cae por debajo del precio de ejercicio S a la fecha de vencimiento por más del precio de la opción de venta P_0 . Por otro lado, si el precio del futuro excede el precio de ejercicio a la fecha de vencimiento, la opción de venta no es ejercida. A continuación, en la figura 3.2a se muestra el perfil de pérdidas y ganancias de la opción de venta, retenida hasta la fecha de expiración

con relación al precio del activo subyacente. La pérdida máxima para el comprador de una opción de venta es P_0 y la ganancia máxima es $S - P_0$.

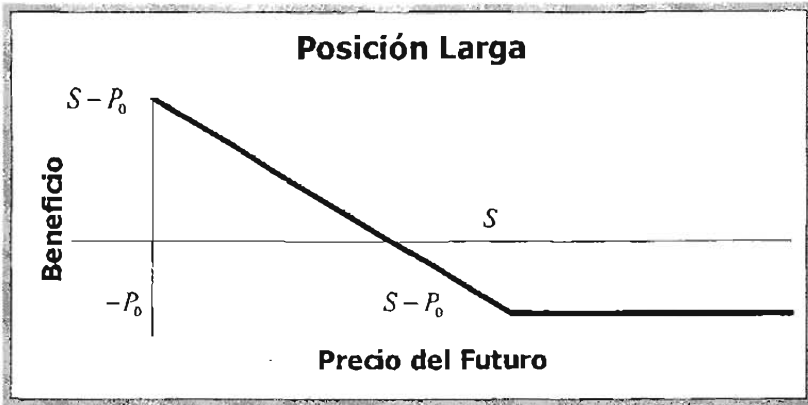


Figura 3.2a

En la figura 3.2b se presenta el perfil de pérdidas y ganancias para el vendedor de una opción de venta que toma una *posición corta* sobre el contrato del futuro. Como se puede observar, es de la imagen inversa del perfil de pérdidas y ganancias del comprador de la opción de venta. Así el vendedor de la opción de venta enfrenta la posibilidad de pérdida desconocido e ilimitado si el precio del activo subyacente disminuye, porque en ese caso, la opción de venta será ejercida, y el vendedor de la opción de venta estará obligado a comprar el futuro a F_T y entregar al vendedor de la opción de venta el bien subyacente al precio S . La ganancia máxima del vendedor de la opción de compra es la prima o precio de la opción P_0 .

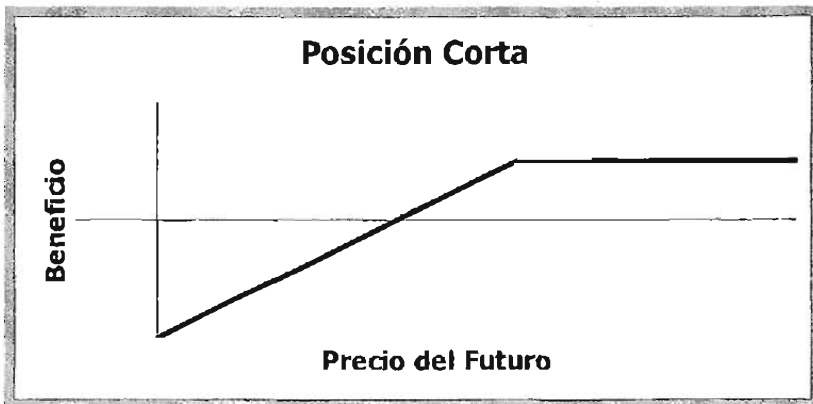


Figura 3.2b

DENTRO DE DINERO

Una opción de venta sobre un contrato de futuros está *dentro de dinero* (in the money) cuando el precio del contrato del futuro es menor que el precio de ejercicio pactado.

El contrato de una opción de venta será ejercida cuando el precio del contrato del futuro sea inferior al precio de ejercicio, al día en que se ejerce la opción, por lo que la utilidad neta para los poseedores de dicho contrato es igual al precio pactado menos el precio del contrato del futuro menos la prima, mientras la pérdida neta para los emisores es igual a la utilidad neta de los poseedores. En caso contrario, es decir cuando el precio del futuro es mayor que el precio de ejercicio no es conveniente ejercer la opción.

EN DINERO

Si el precio del contrato del futuro es igual al precio de ejercicio pactado en el contrato de opciones de venta sobre futuros la opción de venta está *en dinero* (at the money).

Es claro que el contrato no se ejerce y la ganancia neta para el emisor del contrato es la prima del contrato.

FUERA DE DINERO

Cuando en las opciones de venta el precio del futuro en el mercado es mayor que el precio de ejercicio la opción está *fuera de dinero* (out of the money).

En este caso los poseedores de las opciones de venta no tienen la obligación de ejercer el contrato, de manera que la pérdida neta es el precio de la opción, mientras que para el emisor la utilidad neta es el valor de la prima.

3.2.5 OPCIONES EUROPEAS VS. OPCIONES AMERICANAS

Existen dos estilos de opciones, las opciones americanas y las opciones europeas. Sin embargo esta terminología no es muy precisa, ya que muchos podrían pensar que estos estilos van a depender del lugar donde sean negociadas, pero no es así puesto que son opciones que se negocian tanto en Europa como en América, la única diferencia es que la *opción americana* puede ejercerse en cualquier

momento durante la vida del contrato, mientras que la *opción europea* sólo puede ejercerse al vencimiento.

Cabe destacar que la mayoría de las opciones sobre contratos de futuros son americanas y se las llama por el mes en el que vence el contrato de futuros subyacente y no en el mes en que vence la opción.

3.2.6 EJERCICIO EN EFECTIVO

Dentro de los contratos de opciones se debe especificar el tipo de liquidación, en este sentido, el *ejercicio en efectivo* se refiere a que la liquidación no requiere la entrega física del valor de referencia. Los poseedores de las opciones de compra tienen el derecho a recibir el pago en efectivo, resultado de la diferencia entre el precio del contrato del futuro y el precio de ejercicio pactado, pero si los contratos son de venta entonces al ejercer su derecho el pago en efectivo es el resultado de la diferencia entre el precio pactado y el precio del contrato del futuro.

3.2.7 EJERCICIO EN ESPECIE

El *ejercicio en especie* a diferencia de la liquidación en efectivo otorga al poseedor de la opción de compra el derecho a recibir físicamente el subyacente sobre el cual se negoció el contrato del futuro, mientras que al poseedor de la opción de venta le otorga el derecho de entregar físicamente el bien subyacente sobre el cual se negoció el contrato del futuro al ejercer la opción.

3.2.8 EMISIÓN CUBIERTA Y DESCUBIERTA DE UNA OPCIÓN DE COMPRA

La diferencia entre vender *opciones de compra cubiertas* y *opciones de compra descubiertas* consiste en que para el primer caso, el vendedor de la opción de compra es dueño del subyacente sobre el cual se negoció el contrato del futuro. Si la opción de compra se ejerce, el vendedor de la opción de compra está obligado a entregar el bien subyacente. Como el vendedor está cubierto, esto es, ya posee el activo subyacente, se expone a menor riesgo que el vendedor de una opción de compra descubierta, el cual no es dueño del bien subyacente. Por lo tanto, la

venta cubierta de opciones en ocasiones se considera una estrategia de cobertura, aunque con más precisión podría considerarse una estrategia de especulación con un riesgo relativamente bajo.

En resumen, la venta cubierta de opciones de compra pueden incrementar los rendimientos de una cartera, aunque a cambio de obtener un potencial de ganancias conocido y limitado, el potencial de pérdidas es desconocido y podría ser considerable. Por consiguiente esta estrategia es conveniente para quienes desean tomar riesgos y tengan la expectativa de que los precios se mantendrán estables.

3.2.9 EMISIÓN CUBIERTA Y DESCUBIERTA DE UNA OPCIÓN DE VENTA

Al igual que el participante del mercado que planea vender un futuro sobre el bien subyacente puede vender una opción de compra cubierta, también es posible que un participante en el mercado que planea comprar un futuro sobre un bien subyacente venda una opción de venta cubierta. Si la opción de venta se ejerce, el vendedor está obligado a comprar el bien subyacente que negoció en el contrato del futuro al precio de ejercicio y, como el vendedor de la opción de cualquier manera planeaba comprar el futuro sobre dicho subyacente, podría decirse que está en cierto sentido cubierto.

Lo que significa, que la venta cubierta de opciones de venta puede reducir los costos totales netos de una compra anticipada aunque, al igual que en el caso de la venta cubierta de una opción de compra, el potencial de ganancias es conocido y limitado, pero el potencial de pérdidas es desconocido y podría ser muy elevado.

3.2.10 POSICIÓN LARGA

Como ya se había mencionado anteriormente, en una *posición larga* el inversionista tiene el derecho, ante los emisores de comprar el activo subyacente sobre el cual se pacto el contrato del futuro según corresponda.

Se obtienen las expresiones² y gráficas respectivas para el valor final de los contratos de las dos diferentes posiciones, de modo que:

² No se considera el costo inicial del contrato.

- Posición larga en una opción de compra sobre un contrato de futuros

$$f(F_T) = \begin{cases} 0 & \text{si } 0 < F_T \leq S \\ F_T - S & \text{si } S < F_T \end{cases}$$

O lo que es lo mismo:

$$f(F_T) = \max(F_T - S, 0)$$

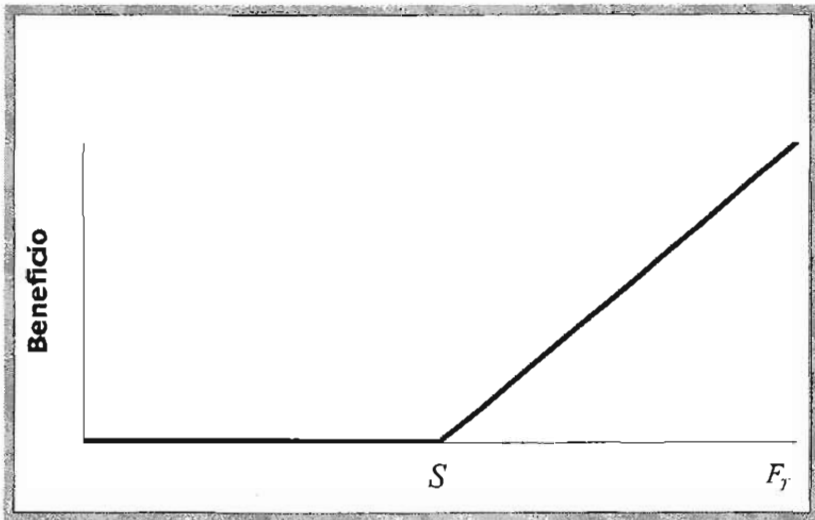


Diagrama de pago

- Posición larga en una opción de venta sobre un contrato de futuros

$$f(F_T) = \begin{cases} S - F_T & \text{si } 0 < F_T < S \\ 0 & \text{si } S \leq F_T \end{cases}$$

O lo que es lo mismo

$$f(F_T) = \max(S - F_T, 0)$$

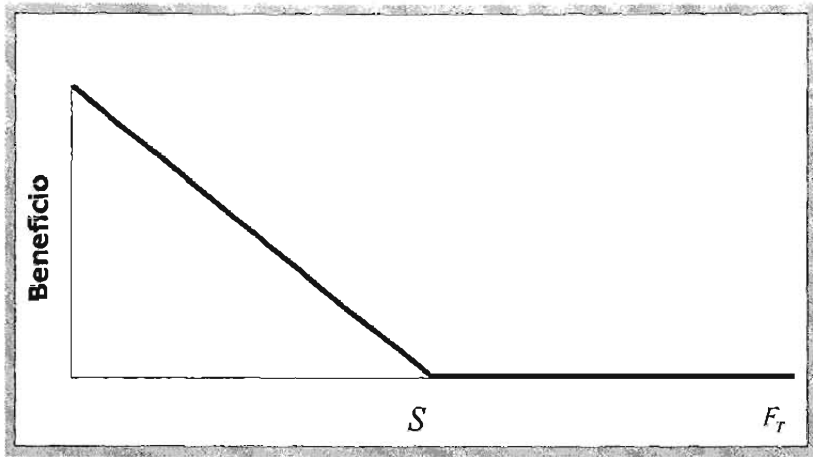


Diagrama de pago

3.2.11 POSICIÓN CORTA

En una *posición corta* el inversionista tiene la obligación de vender el bien subyacente sobre el cual se pactó el contrato del futuro si los poseedores de los contratos deciden ejercer su derecho.

Se obtienen las expresiones y gráficas respectivas para el valor final de los contratos de las dos diferentes posiciones, de modo que:

- Posición corta en una opción de compra sobre un contrato de futuros

$$f(F_T) = \begin{cases} 0 & \text{si } 0 < F_T < S \\ S - F_T & \text{si } S \leq F_T \end{cases}$$

O lo que es lo mismo:

$$f(F_T) = -\max(F_T - S, 0) = \min(S - F_T, 0)$$

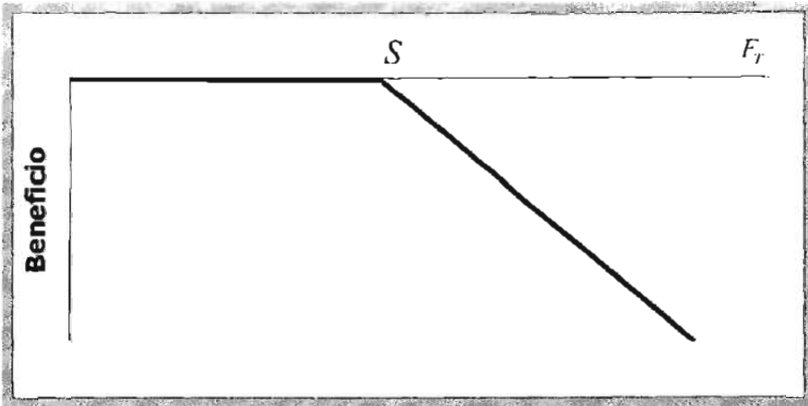


Diagrama de pago

- Posición corta en una opción de venta sobre un contrato de futuros

$$f(F_T) = \begin{cases} F_T - S & \text{si } 0 < F_T < S \\ 0 & \text{si } S \leq F_T \end{cases}$$

O lo que es lo mismo

$$f(F_T) = -\max(S - F_T, 0) = \min(F_T - S, 0)$$

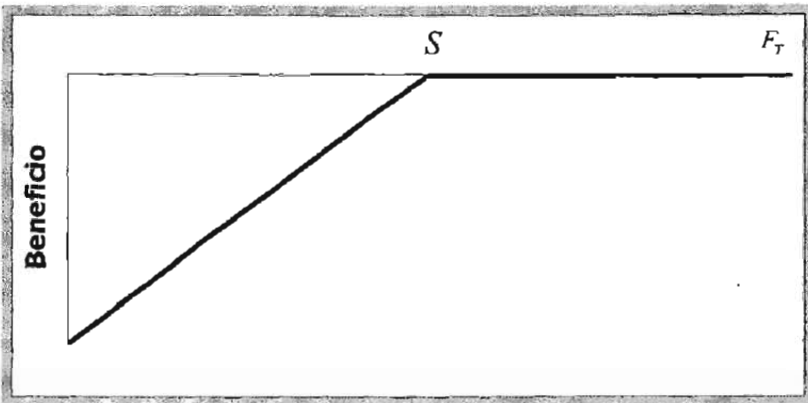


Diagrama de pago

3.3 CÁMARA DE COMPENSACIÓN

La *Cámara de Compensación* para los mercados de las opciones realiza funciones de la misma clase que para los mercados de futuros. Garantiza que el emisor de la opción cumpla con sus obligaciones estipuladas en dicho contrato asimismo mantiene un registro de las posiciones cortas y las posiciones largas efectuadas durante la jornada.

De igual forma la existencia de la cámara de compensación permite que las partes negociadoras de un contrato no se obliguen entre sí, sino que lo hacen con respecto a la Cámara, es decir, que cuando un inversionista decide ejercer una opción lo notifica a su agente, el agente por su parte lo notifica al miembro de la cámara de compensación a través del cual opera, entonces la cámara selecciona al azar un miembro con una posición corta o larga pendiente de su misma opción. Lo que supone eliminar el riesgo de contrapartida y permitir el anonimato de las partes en el proceso de negociación. Es importante mencionar que la cámara de compensación cuenta con cierto número de miembros, por lo que todas las opciones se compensan sin ningún problema, pero si una agencia de intermediarios no es miembro de la cámara de compensación ésta puede llegar a un acuerdo con un miembro para realizar sus operaciones.

Los recursos propios de la cámara de compensación deben ser elevados debido a que es jurídicamente responsable del cumplimiento de los contratos con cada uno de los operadores. Razón por la cual los miembros para participar en un mercado de opciones necesitan contar con una cantidad mínima de capital y contribuir con un depósito de garantía en función del número y tipos de contratos comprados o vendidos, que puede ser utilizado si algún miembro no cumple con la obligación sobre una opción. Para que dicha garantía permanezca inalterable, la cámara de compensación irá ajustándola diariamente por medio de la actualización de depósitos o liquidación de pérdidas y ganancias, esto es lo que se conoce como liquidación diaria.

Como se puede ver la cámara de compensación en los mercados de opciones son un tipo de regulación para estos contratos, ya que fijan reglamentos que ordenan la conducta de los operadores. Además, existen autoridades federales y estatales, gracias a estas autoridades los inversionistas pueden tener un alto nivel de confianza en la forma de funcionamiento del mercado. En Estados Unidos existe también la *Securities Exchange Commission* quien es responsable de regular los mercados de opciones en acciones, índices de acciones, divisas y bonos a nivel federal. Por otro lado la *Commodity Futures Trading Commission* es responsable de regular los mercados de opciones sobre futuros.

3.3.1 DEPÓSITO DE GARANTÍA

El *depósito de garantía* es el efectivo, valores o cualquier otro bien que aprueben las autoridades del mercado de opciones, por cada contrato abierto, para evitar el riesgo de incumplimiento de las obligaciones derivadas de los contratos de opciones.

CUENTA GENERAL DE OPERACIONES

La *cuenta general de operaciones* es la cuenta de depósito de dinero que lleva cierta institución de crédito cuyo titular es la cámara de compensación, en la cual se realizan los depósitos y retiros en efectivo de los saldos netos diarios y de los saldos de liquidación al vencimiento.

APORTACIÓN INICIAL MÍNIMA

La *aportación inicial mínima* es el efectivo, valores o cualquier otro bien aprobado por las autoridades financieras del mercado de opciones, que deberán entregar los socios liquidadores a la cámara de compensación por cada contrato abierto.

Para poder calcular la aportación mínima inicial de los contratos de opciones es necesario utilizar las características de éstas, ya que influyen en la cantidad de efectivo o valores que la cámara solicita. Cabe resaltar que la aportación inicial mínima varía al cierre de la jornada y depende del precio del futuro en el mercado durante la vigencia de los contratos.

Para dicho efecto se obtienen las aportaciones iniciales mínimas siguientes:

Al emitir contratos de compra en efectivo, la aportación inicial mínima debe cubrir el riesgo de crédito, además el cálculo de esta emisión es igual que cuando se tiene una emisión de compra en especie cubierta, por lo tanto, ambas se evalúan bajo la siguiente ecuación:

$$c_i + \max \{F_i - S, 0\}$$

Sin embargo, al emitir contratos de compra estipulando un ejercicio en especie y dicho contrato está descubierto, la aportación inicial mínima debe cubrir el riesgo de crédito y la manera de calcularla es un poco más compleja, a causa de lo que representa y se evalúa bajo la siguiente ecuación:

$$c_i + \max \{0.2F_i - \max \{S - F_i, 0\}, 0.1F_i\}$$

Al emitir contratos de venta en efectivo, la aportación inicial mínima debe cubrir el riesgo de crédito, además el cálculo de esta emisión es igual que cuando se tiene una emisión de venta en especie cubierta, por lo tanto, ambas se evalúan bajo la siguiente ecuación:

$$p_i + \max\{S - F_i, 0\}$$

No obstante, al emitir contratos de compra estipulando un ejercicio en especie y dicho contrato está descubierto, la aportación inicial mínima debe cubrir el riesgo de crédito y la manera de calcularla es un poco más compleja, a causa de lo que representa y se evalúa bajo la siguiente ecuación:

$$p_i + \max\{0.2F_i - \max\{F_i - S, 0\}, 0.1S\}$$

En todos los casos el precio de los contratos es la parte del fondo de las aportaciones.

LIQUIDACIÓN DIARIA

La *liquidación diaria* es la suma de dinero que debe solicitarse, recibirse y entregarse diariamente por los participantes y que resulta de la valuación diaria de las posiciones.

Para calcular la liquidación diaria, es necesario obtener la diferencia entre la aportación mínima inicial al final del día y la aportación inicial mínima de la jornada anterior, es decir:

$$F_v = F_i - F_{i-1}$$

Siempre que el resultado sea positivo, se debe incrementar el fondo de aportaciones para hacer frente a las obligaciones y los emisores recibirán la llamada para entregar esta cantidad de dinero. En caso contrario se podrá disponer de esta suma.

3.4 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL MONTO DE LA PRIMA

Queda claro que el precio de las opciones depende de variables que pueden o no ser ajenas a las características de los contratos, de acuerdo con esto a

continuación se analizarán los dos tipos de factores que influyen en el monto de la prima, siendo definidos como: *factores exógenos* y *factores endógenos*.

3.4.1 FACTORES EXÓGENOS

Como la propia palabra lo dice, son aquellos factores ajenos a las características del contrato y que dependen totalmente de las condiciones de los mercados.

Dentro de estos factores exógenos se encuentran los siguientes cuatro:

- a) Precio del futuro.
- b) Volatilidad.
- c) Dividendos
- d) Tasa de interés libre de riesgo.

PRECIO DEL FUTURO

El *precio del futuro* es el precio actual del contrato del futuro en el mercado.

Como tal, el precio del futuro debe reflejar las expectativas del precio del subyacente sobre el que se negocia en el futuro, debido a que el flujo de efectivo depende de la diferencia entre el precio del futuro y precio de ejercicio. Es que el precio del futuro tenga una marcada influencia en el cálculo de la prima de las opciones. Las opciones de compra, por lo tanto, tienen un mayor valor cuando el precio del contrato del futuro sube y valen menos cuando el precio de ejercicio aumenta. Para las opciones de venta, tienen menos valor cuando el precio del contrato del futuro aumenta y más valor cuando el precio de ejercicio es el que sube.

VOLATILIDAD

La *volatilidad* se encuentra definida como una medida de dispersión de precios.

Normalmente, los participantes en el mercado de opciones utilizan la desviación estándar del precio en este caso del futuro para su cálculo. Es un indicador fundamental para la cuantificación de riesgos de mercado porque representa una

medida de dispersión de los rendimientos con respecto al promedio o a la media de los mismos en un periodo determinado. Mientras más volátil sea el precio de un bien, mayor será la desviación estándar y con esto las probabilidades de que se ejerza la opción. Por esto, los operadores de opciones hablan en ocasiones de comprar y vender volatilidad. Si esperan que la volatilidad se reduzca, esto implica que también esperan que las primas de las opciones caigan, por lo que venden las opciones de compra y venta. Si esperan que la volatilidad aumente, es el momento de comprar opciones de compra y venta.

En resumen, al medir la volatilidad, la mayor parte de los rendimientos se sitúan alrededor de un punto³ y poco a poco se van dispersando hacia las colas de la curva de distribución normal.

La forma de estimar la volatilidad es la que se presenta enseguida.

Sea

P_r : Precio relativo

F_i : Precio del futuro en el mercado al cierre del i -ésimo día.

R : Rendimiento diario.

Precio relativo (que no paga dividendos) se define como:

$$P_r = \frac{F_i}{F_{i-1}}$$

El rendimiento diario puede definirse en función del logaritmo de la razón del precio relativo como sigue:

$$R = \text{Ln}(P_r) = \text{Ln}\left(\frac{F_i}{F_{i-1}}\right)$$

La media⁴ muestral de X está dada por:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

³ Generalmente el promedio de los rendimientos.

⁴ Sea X una variable aleatoria que toma los valores x_1, x_2, \dots con probabilidades $f(x_1), f(x_2), \dots$.

La media o valor esperado de X está definido por: $E(X) = \sum x_i f(x_i)$.

Mientras que la estimación insesgada de la varianza⁵ muestral de X está dada por:

$$\begin{aligned}
 \text{var}(x) &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \\
 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [x_i^2 - 2x_i\bar{x} + \bar{x}^2] \\
 &= \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - 2\bar{x} \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n \bar{x}^2 \right] \\
 &= \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - 2\bar{x}(n\bar{x}) + n\bar{x}^2 \right] \\
 &= \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - 2n\bar{x}^2 + n\bar{x}^2 \right] \\
 &= \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2 \right] \\
 &= \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \\
 &= \frac{1}{n-1} \left[\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n} \right]
 \end{aligned}$$

Por lo tanto la volatilidad histórica es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(n-1)n} \left[n \sum_{i=1}^n R_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n R_i \right)^2 \right]}$$

Como se puede observar, esta ecuación representa la volatilidad diaria del precio del futuro en el mercado. Sin embargo ésta puede tener un margen de error dependiendo del periodo que se desea analizar, lo que matemáticamente significa que suponiendo que hay 252 días de negociación al año, esto proporcionaría un estimado de la volatilidad anual, es decir, $\sigma\sqrt{t}$ y el error estándar anual puede calcularse mediante la siguiente ecuación.

⁵ Sea X una variable aleatoria con segundo momento $E(X^2)$ y media $E(X)$. La varianza de X se define como: $\text{VAR}(X) = E(X^2) - E(X)^2$.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$$

El modelo anterior podría adaptarse para el caso en que el contrato del futuro pagara dividendos, lo que significa que el rendimiento durante un intervalo de tiempo que incluye un día ex-dividendo⁶ está dado por:

$$R = \text{Ln} \left(\frac{F_i + D}{F_{i-1}} \right)$$

Donde D es el valor de los dividendos.

DIVIDENDOS

Los *dividendos* son las utilidades que obtienen las empresas y reparten a sus accionistas.

A pesar de que se pueda pensar que los dividendos siempre generan utilidades en los contratos de opciones, los dividendos tienen el efecto de reducir el precio de los contratos de opciones en la fecha siguiente al pago del dividendo. Esto es un efecto negativo con la cuantía de cualquier dividendo anticipado para el precio de las opciones de compra, ya que el dividendo supone un descenso en la cotización del contrato de opciones y la probabilidad de poder ejercerlo será menor. En el caso de las opciones de venta el efecto es positivo con la cuantía de cualquier dividendo anticipado para el monto de la prima.

TASA DE INTERÉS LIBRE DE RIESGO

La *tasa de interés libre de riesgo* es el rendimiento que proporciona una inversión ausente de riesgo.

La tasa de interés libre de riesgo afecta el valor de una opción básicamente en dos sentidos: el primero de los cuales se refleja en el valor del subyacente, es decir, si esta tasa se incrementa, el valor del subyacente se incrementará también y consecuentemente se generará un incremento en el valor de la opción; por otro lado el incremento de esta tasa provocará un decremento en el valor presente de cualquier flujo de efectivo recibido por el tenedor de la opción y por lo tanto un decremento en el valor de ésta.

⁶ La fecha en que se paga el dividendo se asume como la fecha ex-dividendo.

3.4.2 FACTORES ENDÓGENOS

Los *factores endógenos* son aquellos que dependen directamente de las características propias del contrato.

Dentro de estos factores endógenos se encuentran los siguientes:

- e) Precio de ejercicio.
- f) Fecha de liquidación.

PRECIO DE EJERCICIO

El *precio de ejercicio* es el precio de referencia del contrato del futuro, que da a conocer el mercado organizado y con base en el cual la cámara de compensación realiza la liquidación de los contratos de opción en la fecha de liquidación.

Como ya se mencionó antes, al negociar con opciones de compra sobre contratos de futuros cuando el precio de ejercicio disminuye generan mayor utilidad y al negociar opciones de venta sobre contratos de futuros, cuando el precio de ejercicio aumenta el valor de dichos contratos también se incrementa.

FECHA DE LIQUIDACIÓN

La *fecha de liquidación* es el día hábil en que expira el plazo de los contratos conforme a las condiciones generales del contrato.

En este punto se han estudiado dos tipos de vencimiento uno de tipo americana y otra europea: Cuando se trata de opciones americanas, la fecha de vencimiento adquiere un papel relevante, pues en tanto mayor sea el tiempo de vida del contrato, mayores serán las oportunidades que se tengan para ejercerlo, y consecuentemente mayor el valor del contrato⁷. En el caso de las opciones europeas no necesariamente sucede lo mismo, pues un contrato con un tiempo corto de vida tendrá las mismas oportunidades para ser ejercido que uno con un tiempo de vida más largo.

⁷ Esto se cumple únicamente cuando el contrato del futuro no paga dividendos, de lo contrario sucede lo inverso.

CONCLUSIONES

En años recientes las opciones se han convertido en mercados muy importantes en el mundo de las finanzas. Al igual que los futuros las opciones son contratos que les dan a los inversionistas la oportunidad de protegerse contra movimientos adversos en los precios de los subyacentes, permitiendo la formación efectiva de precios de los valores subyacentes, mejorando los niveles de liquidez en el mercado.

Hay dos tipos de opciones, de acuerdo al derecho que otorga la opción al comprador, éstas son: las opciones de compra y venta. Hay cuatro posiciones posibles en un mercado de opciones: una posición larga en una opción de compra, una posición corta en una opción de compra, una posición larga en una opción de venta y una posición corta en una opción de venta. Asimismo se reconocen dos estilos de contratos dependiendo del momento en que decida ejercerse la opción: americano y europeo. La liquidación del contrato puede ser de ejercicio en efectivo y ejercicio en especie, la emisión cubierta y descubierta. Finalmente se puede interpretar el estado de los contratos, es decir, fuera de dinero, en dinero y dentro de dinero.

El precio de las opciones está determinado por dos tipos de factores: los factores exógenos y los factores endógenos. Dentro de los factores exógenos se encuentran el precio del futuro, la volatilidad del precio del futuro, los dividendos de los futuros y la tasa de interés libre de riesgo del futuro que están determinados por el mercado. Mientras que los factores endógenos consideran el precio de ejercicio y la fecha de liquidación, pues están determinados por los inversionistas.

Para garantizar que el emisor de la opción cumpla con sus obligaciones la cámara de compensación funge como contraparte de todas las operaciones realizadas, de esta forma solicita la aportación de garantía por cada contrato abierto. Como se pudo observar la aportación inicial mínima depende del tipo de contrato que se negocie de la liquidación y la emisión así como del precio del bien subyacente, el precio de ejercicio y el tiempo de vigencia de los contratos.

CAPÍTULO 4

OBJETIVOS

Definir las variables de influencia sobre el precio de las opciones.

Reconocer la relación que existe entre el precio del futuro y el precio de liquidación, así como la relación entre el valor de las opciones y el valor intrínseco.

Definir las cotas inferiores y superiores del valor de las opciones europeas y americanas.

Identificar la relación entre las opciones de compra y las opciones de venta.

Analizar el modelo binomial para valuar las opciones de compra o venta sobre contratos de futuros.

Analizar el modelo *Black & Scholes* para valuar las opciones europeas de compra o venta sobre contratos de futuros y el cálculo de las coberturas.

4.1 ESTRUCTURA DEL PRECIO LAS OPCIONES SOBRE LOS CONTRATOS DE FUTUROS

4.1.1 SUPUESTOS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

Como se ha definido a lo largo de este trabajo, un contrato de opción confiere el derecho, pero no la obligación de consumir una transacción sobre un contrato de futuro, a un precio preestablecido, en alguna fecha determinada. Estos contratos son intermediarios entre el presente y el futuro.

En este capítulo se harán algunos supuestos similares a los que se hicieron para derivar el precio de futuros en el capítulo 2. Para dicho efecto, se debe considerar que hay algunos participantes en el mercado, para los cuales:

- 1) Los participantes en el mercado no están sujetos a costos de transacción y a impuestos cuando operan.
- 2) La tasa de interés libre de riesgo es conocida y constante durante la vida de la opción.
- 3) Los participantes en el mercado pueden pedir prestado dinero al mismo tipo de interés libre de riesgo al que pueden hacer préstamos.
- 4) Los participantes en el mercado pueden emitir contratos al descubierto sin límite.
- 5) Las transacciones se pueden realizar simultáneamente sin afectar los precios del mercado.

A continuación se establece la notación que facilitará el desarrollo de este capítulo:

F_0 :	Precio actual del futuro.
F_T :	Precio del futuro en el momento de vencimiento de la opción.
T :	Tiempo de expiración del contrato.
t :	Tiempo transcurrido desde la fecha de emisión.
$T - t$:	Tiempo remanente.

- σ : Volatilidad del precio del futuro.
- i : Tasa de interés libre de riesgo.
- S : Precio de liquidación al vencimiento.
- C : Precio de una opción de compra Americana.
- P : Precio de una opción de venta Americana.
- c : Precio de una opción de compra Europea.
- p : Precio de una opción de venta Europea.

4.1.2 VALOR INTRÍNSECO

El *valor intrínseco* de las opciones es la relación que existe entre el precio del futuro y el precio de liquidación. Es el máximo entre cero y el valor de las opciones si éstas fueran ejercidas inmediatamente.

En la figura 4.1 se muestra el perfil de pérdidas y ganancias que se presentan al comprar una opción de compra (C.O.C.), al comprar una opción de venta (C.O.V.), al vender una opción de venta (V.O.V.) y al vender una opción de compra (V.O.C). Gracias a esto es más sencillo entender la función del valor intrínseco.

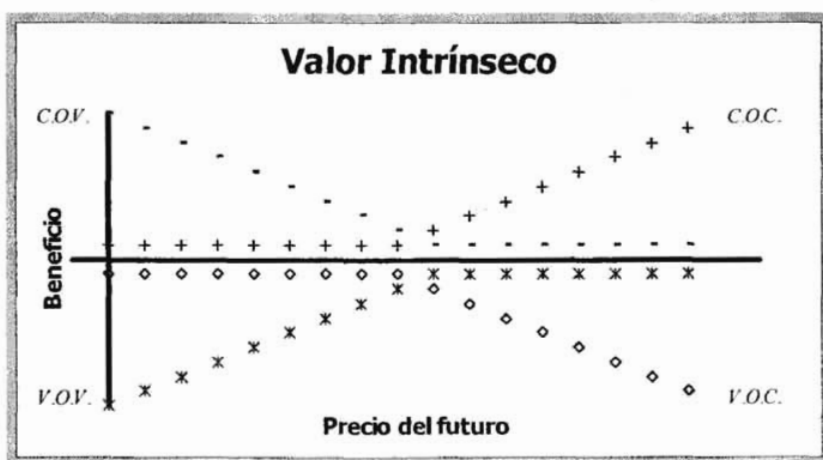


Figura 4.1

Entonces, el valor intrínseco se puede calcular como sigue.

- a) Cuando se toma una posición larga de una opción de compra se obtiene:

$$I_{C_L} = \max\{F_0 - S, 0\}$$

- b) Al tomar una posición larga de una opción de venta se tiene:

$$I_{V_L} = \max\{S - F_0, 0\}$$

- c) Cuando se toma una posición corta de una opción de compra se obtiene:

$$I_{C_C} = \max\{F_0 - S, 0\}$$

- d) Finalmente, al tomar una posición corta de una opción de venta se tiene:

$$I_{V_C} = \max\{S - F_0, 0\}$$

El valor intrínseco representa la cantidad con la que los contratos se encuentran dentro de dinero, es decir, si el valor intrínseco es mayor que cero los contratos están dentro de dinero, pero si el valor intrínseco es menor o igual a cero, los contratos están fuera de dinero o en dinero.

En conclusión, para calcular el valor intrínseco se hace mediante los siguientes resultados:

- 1) Para opciones de compra:

$$I_c = \max\{F_0 - S, 0\}$$

- 2) Para opciones de venta:

$$I_v = \max\{S - F_0, 0\}$$

4.1.3 VALOR EXTRÍNSECO

El *valor extrínseco* es la diferencia entre el valor de las opciones y el valor intrínseco, también conocido como valor en el tiempo.

Cabe destacar que existen diversos comportamientos, tanto de las opciones de compra como de las opciones de venta debido a los cambios que presenta el precio del futuro en el mercado. A continuación se presentan dichos comportamientos:

1. El valor extrínseco de las opciones de compra siempre es positivo, debido a que el valor intrínseco de estas opciones es menor que el valor de los contratos.
2. El valor extrínseco de las opciones de venta puede ser negativo, debido a que el valor intrínseco de estas opciones no es cota inferior para el valor de las opciones.
3. Las opciones de compra que se encuentran fuera de dinero tienen un valor extrínseco basado en una función monótona creciente; hasta que el precio del futuro es igual al precio de liquidación al vencimiento, es decir, sólo son consideradas las posibilidades favorables en los precios del futuro para los poseedores, mientras que las posibilidades desfavorables son consideradas para los emisores del contrato.
4. Las opciones de venta que se encuentran fuera de dinero tienen un valor extrínseco decreciente, es decir, sólo son consideradas las posibilidades favorables en los precios del futuro para los poseedores o desfavorables en el caso de los emisores del contrato.
5. Las opciones de compra que se encuentran en dinero alcanzan un valor extrínseco máximo.
6. El valor extrínseco de las opciones de venta alcanzan su máximo cuando éstas se encuentran en dinero.
7. Las opciones de compra que se encuentran dentro de dinero tienen un valor extrínseco decreciente, ya que el valor intrínseco es una función lineal con pendiente igual a la unidad, la cual es cota inferior para el valor de las opciones.
8. Las opciones de venta que se encuentran dentro de dinero tienen un valor extrínseco creciente; hasta que el precio del futuro en el mercado es igual al precio de liquidación al vencimiento, ya que el valor intrínseco es función lineal con pendiente negativa igual a la unidad.

4.1.4 LÍMITES DEL VALOR DE UNA OPCIÓN SOBRE CONTRATOS DE FUTUROS

El concepto de límite para la valuación de opciones es muy importante, ya que el enfoque en el que obtener beneficios por la compra y/o venta de futuros sin asumir ningún riesgo debe ser considerado para evitar oportunidades de arbitraje, de las cuales pueden obtener beneficios sólo algunos de los participantes del mercado.

Es por esta razón que el precio de las opciones se encuentra acotado por el límite superior y el límite inferior, por lo que, si el precio del contrato está por arriba del límite superior o por abajo del límite inferior hay utilidades para quién pueda hacer uso de esta ventaja presentándose así oportunidades de arbitraje.

Es importante señalar que en este punto sólo hay un supuesto que es importante para que los límites se cumplan, esto es que la tasa de interés libre de riesgo deba ser mayor que cero; $i > 0$.

LÍMITE SUPERIOR

El *límite superior* es el precio máximo que puede alcanzar el precio de la opción de compra o venta, con respecto al precio del futuro y al precio de liquidación.

Sin importar lo que suceda en los mercados, el precio o la prima de las opciones americanas o europeas casi nunca podrán ser mayores que el valor del contrato del futuro, ya que en caso contrario las opciones no tendrían razón de existir pues para los inversionistas no resultaría atractivo hacer un negocio de esta naturaleza, por tanto:

$$c \leq F_0 \quad \text{y} \quad C \leq F_0$$

Es claro que si esta relación no se cumple, un arbitrajista podría construir una cartera libre de riesgo comprando el futuro y vendiendo el contrato de compra, obteniendo así una utilidad equivalente a la diferencia entre el precio de la opción y el precio del futuro.

Asimismo sin importar el comportamiento de los mercados, el precio de las opciones americanas o europeas no podrá ser mayor que la cantidad a recibir acordada, en caso de que se ejerza, esto es:

$$p \leq S \quad \text{y} \quad P \leq S$$

Sin embargo, se sabe que para las opciones europeas en el momento T la opción no puede valer más que el precio de ejercicio, por lo cual ahora debe tener un precio menor que el valor actual de S lo que algebraicamente significa:

$$p \leq S e^{-i(T-t)}$$

Si esta cota no se respeta, el arbitraje sería análogo al presentado con la opción de compra, y los inversionistas obtienen una utilidad equivalente a la inversión de los ingresos a la tasa de interés libre de riesgo por la venta de las opciones.

LÍMITE INFERIOR

El *límite inferior* es el precio mínimo que puede alcanzar el precio de la opción de compra o venta, con respecto al precio del futuro y al precio de liquidación.

Cabe mencionar que antes del vencimiento del contrato, la opción se venderá normalmente por más que el límite inferior, debido a que la opción tiene un potencial de ganancia que excede el potencial de pérdida.

Opciones Europeas

Antes del vencimiento, la opción de compra puede expirar sin valor o bien obtener al menos el valor de ejercicio, esto es la diferencia entre el precio del futuro y el precio de ejercicio. Para entender mejor esto, se supone la existencia de dos carteras de inversión:

1. Una opción europea de compra sobre un contrato de futuros más la cantidad $S e^{-i(T-t)}$ en efectivo.
2. Un contrato de futuros con un precio $F_0 e^{-i(T-t)}$.

En la fecha de vencimiento T , la primera cartera tiene el siguiente valor¹:

$$\max(F_T, S)$$

Por otro lado, la segunda cartera tiene un contrato de futuros, con fecha de vencimiento de la opción y un valor de $F_0 e^{-i(T-t)}$. Por tanto, la primera cartera vale cuando menos la segunda cartera. Es decir:

¹ En las relaciones de paridad compra venta para opciones europeas se analizará como se obtiene este valor.

$$c + Se^{-i(T-t)} \geq F_0 e^{-i(T-t)} \quad \Rightarrow \quad c \geq (F_0 - S)e^{-i(T-t)}$$

Ya que la opción podría estar fuera de dinero la condición del límite inferior podría estar dada por:

$$c \geq \max\{(F_0 - S)e^{-i(T-t)}, 0\}$$

Como se puede observar del lado derecho de la desigualdad, la condición de la opción europea de compra es que nunca puede vender menos de la cantidad dada.

Análogamente para entender la cota inferior de las opciones europeas de venta se supone la existencia de dos carteras:

1. Una opción europea de venta sobre un contrato de futuros más una cantidad en efectivo igual a $F_0 e^{-i(T-t)}$.
2. La cantidad $Se^{-i(T-t)}$ en efectivo.

De la misma forma, el valor de la primera cartera en la fecha de vencimiento es:

$$\max(F_T, S)$$

En la segunda cartera se tiene la oportunidad de invertir el efectivo $Se^{-i(T-t)}$ a la tasa de interés libre de riesgo por lo cual en la fecha de vencimiento, la primera cartera vale cuando menos lo que la segunda cartera. Esto es:

$$Se^{-i(T-t)} \leq F_0 e^{i(T-t)} + p \quad \Rightarrow \quad p \geq (S - F_0)e^{i(T-t)}$$

Sin embargo, al igual que las opciones de compra, las opciones de venta podrían estar fuera de dinero, por lo que la cota inferior está dada por:

$$p \geq \max\{(S - F_0)e^{i(T-t)}, 0\}$$

Opciones Americanas

Un rasgo distintivo de las opciones americanas, en contraste a las opciones europeas es que ellas pueden ser ejercidas en cualquier momento. Gracias a este derecho de ejercicio temprano, las opciones americanas no tienen un valor negativo, entonces se aplican las siguientes condiciones:

$$c \leq C$$

Y

$$p \leq P$$

Estas condiciones indican que las opciones americanas tienen valores mayores que su contraparte las opciones europeas, sólo que éstas no tendrán valores bajos. El derecho de ejercer en cualquier momento puede no tener valor positivo, pero nunca tendrán un valor negativo. Por esta razón, los poseedores tienen más oportunidades de obtener beneficios cuando los contratos están dentro de dinero.

Para saber si es óptimo ejercer opciones americanas de compra, a la fecha de vencimiento, se supone la existencia de dos carteras. Esto es:

1. Una opción americana de compra sobre un contrato de futuros más la cantidad S en efectivo.
2. Un contrato de futuro con un precio de F_0 .

Si el contrato está dentro de dinero y se ejerce hasta la fecha de vencimiento, el valor de la cartera es:

$$\max(F_T, S)$$

En base a lo anterior, se puede ver que la primera cartera vale cuando menos lo que la segunda cartera. Es decir:

$$C \geq F_0 - S$$

Sin embargo, al igual que las opciones de compra, las opciones de venta podrían estar fuera de dinero, por lo que la cota inferior está dada por:

$$C \geq \max\{F_0 - S, 0\}$$

Las opciones americanas de compra, no deben ser ejercidas antes de la fecha de liquidación. Lo cual indica que el flujo de efectivo, en valor presente es menor cuando la opción aún no expira.

Por su parte, las opciones americanas de venta resultan tener un mayor flujo de efectivo cuando el contrato no ha llegado a su fecha de expiración.

Para determinar la cota inferior de las opciones americanas de venta se supone la existencia de dos carteras:

1. Una opción americana de venta sobre un contrato de futuros más una cantidad en efectivo igual a F_0 .
2. La cantidad S en efectivo.

Si el contrato está dentro de dinero antes de la fecha de liquidación al vencimiento y el contrato es ejercido, entonces el valor de la primera cartera es: S

Y si el contrato es ejercido hasta la fecha de liquidación entonces el valor de la primera cartera es:

$$\max(F_T, S)$$

Por esta razón, en la fecha de liquidación al vencimiento, la primera cartera vale cuando menos lo que la segunda cartera. Esto es:

$$P \geq S - F_0$$

Lo anterior da la oportunidad de definir la cota inferior de la opción americana de venta:

$$P \geq \max\{S - F_0, 0\}$$

La tabla 4.1 contiene un resumen de las cotas inferiores y superiores de las opciones sobre contratos de futuros.

Tipo de Opción	Límites
Opción europea de compra	$\max\{(F_0 - S)e^{-i(T-t)}, 0\} \leq C \leq F_0$
Opción europea de venta	$\max\{(S - F_0)e^{i(T-t)}, 0\} \leq P \leq Se^{-i(T-t)}$
Opción americana de compra	$\max\{F_0 - S, 0\} \leq C \leq F_0$
Opción americana de venta	$\max\{S - F_0, 0\} \leq P \leq S$

Tabla 4.1

4.2 ALGUNAS RELACIONES ENTRE OPCIONES EUROPEAS Y OPCIONES AMERICANAS

4.2.1 OPCIÓN DE COMPRA

Anteriormente se vio que en general se cumple la siguiente desigualdad:

$$c \leq C$$

Sin embargo, cuando el futuro no paga dividendos ocurre que:

$$c = C$$

Esta expresión indica que para una opción americana de compra sobre un contrato de futuros que no paga dividendos, la fecha más conveniente de ejercicio es a la madurez de la opción. A continuación se analiza este argumento:

Se tiene que:

$$C \geq F_0 - S$$

Suponiendo que fuese conveniente ejercer la opción de compra el día t antes del final de su vigencia, es decir $t < T$, se tendría que:

$$C = F_0 - S$$

Por lo que, si se considera esto último, además de que $c \leq C$ y $c \geq \max\{(F_0 - S)e^{-i(T-t)}, 0\}$, se tendría que para $i > 0$:

$$C \geq (F_0 - S)e^{-i(T-t)} \quad \Rightarrow \quad F_0 - S \geq (F_0 - S)e^{-i(T-t)} !$$

Bajo estas circunstancias se cumple que la opción europea de compra es igual a la opción americana de compra. Por lo tanto, nunca es conveniente ejercer una opción americana de compra sobre futuros que no paguen dividendos, antes de la fecha de vencimiento.

4.2.2 OPCIÓN DE VENTA

En este caso, en general se cumple que:

$$p \leq P$$

A diferencia de una opción de compra, una opción de venta sobre futuros que no pagan dividendos siempre tendrá como fecha de ejercicio más conveniente aquella que diste más del vencimiento y en la cual el precio del futuro sea lo suficientemente bajo; por lo tanto, en estas condiciones se cumple que:

$$p < P$$

Analizando el argumento que valida lo anterior. Si en la fecha t , antes del vencimiento, es la más conveniente para ejercer el contrato se tendría que:

$$P = S - F_0$$

Considerando esto último, así como que $p \leq P$ y $p \geq \max\{(S - F_0)e^{-i(T-t)}, 0\}$, se obtiene lo siguiente:

$$P \geq (S - F_0)e^{-i(T-t)} \Rightarrow S - F_0 \geq (S - F_0)e^{-i(T-t)}$$

Lo que siempre se cumple, es correcto suponer la fecha t , antes del vencimiento. Por lo tanto la desigualdad de $p < P$ es cierta.

4.2.3 PARIDAD DE COMPRA VENTA PARA OPCIONES EUROPEAS

La paridad compra venta para opciones europeas se refiere a la relación entre el precio de la opción de venta y el precio de la opción de compra, con el mismo precio de ejercicio, fecha de vencimiento y precio del contrato del futuro.

Para entender como se deriva la relación de compra venta para opciones europeas se pueden formar dos carteras de inversión:

1. Una opción europea de compra sobre un contrato de futuros más una cantidad $Se^{-i(T-t)}$ en efectivo.

2. Una opción europea de venta sobre un contrato de futuros más un contrato de futuros a largo más una cantidad $F_0 e^{-i(T-t)}$ en efectivo.

En la primera cartera el efectivo puede invertirse al tipo de interés libre de riesgo y crecer hasta el precio de ejercicio en el tiempo de vencimiento. Si $F_T > S$ entonces la primera cartera se ejerce y tiene un valor final de F_T . Pero si $F_T \leq S$, la opción no se ejerce y la primera cartera obtiene un valor final de S . Por lo tanto, la primera cartera tiene un valor de:

$$\max(F_T, S)$$

Por otro lado, la segunda cartera puede invertir el efectivo a la tasa de interés libre de riesgo y crece hasta el precio del futuro en el tiempo de vencimiento. Y como se vio anteriormente, la opción de venta otorga un pago de $\max(S - F_T, 0)$. Suponiendo que el contrato del futuro es cerrado a su vencimiento y éste otorga un pago de $F_T - F_0$. Por lo tanto, el precio de la segunda cartera es:

$$\begin{aligned} F_0 + (F_T - F_0) + \max(S - F_T, 0) &= F_T + \max(S - F_T, 0) \\ &= \max(S - F_T + F_T, F_T) \\ &= \max(F_T, S) \end{aligned}$$

Como se puede observar, ambas carteras de inversión tienen el mismo valor, además por las características propias de los contratos de opciones europeas, éstas no pueden ejercerse antes de la fecha de vencimiento, por lo cual el precio de la primera cartera hoy es:

$$c + S e^{-i(T-t)}$$

El proceso de ajuste de mercado que el contrato de futuros de la segunda cartera tiene hoy un valor nulo. Por lo tanto, la segunda cartera tiene un valor de:

$$p + F_0 e^{-i(T-t)}$$

Por lo tanto la relación de paridad compra venta para opciones europeas está dada por:

$$c + S e^{-i(T-t)} = p + F_0 e^{-i(T-t)}$$

Ahora, como se puede apreciar a través de esta igualdad, es fácil encontrar el valor de los contratos europeos de compra mediante la valuación de contratos europeos de venta y viceversa; siempre y cuando ambos contratos sean emitidos

sobre el mismo contrato de futuro, igual precio de ejercicio e igual fecha de vencimiento como se mencionó al principio. Es decir:

$$c + Se^{-i(T-t)} = p + F_0 e^{-i(T-t)} \Rightarrow c = p + F_0 e^{-i(T-t)} - Se^{-i(T-t)}$$

$$\therefore c = p + (F_0 - S)e^{-i(T-t)}$$

Y

$$c + Se^{-i(T-t)} = p + F_0 e^{-i(T-t)} \Rightarrow p = c + Se^{-i(T-t)} - F_0 e^{-i(T-t)}$$

$$\therefore p = c + (S - F_0)e^{-i(T-t)}$$

4.2.4 PARIDAD DE COMPRA VENTA PARA OPCIONES AMERICANAS

El ejercicio temprano es característico de las opciones americanas, razón por la cual la paridad compra venta para opciones americanas debe estar acotada por límites inferiores y límites superiores. Para entender mejor cómo se deriva la relación de compra venta para opciones americanas, se pueden formar cuatro carteras de inversión:

1. Una opción europea de compra sobre un contrato de futuros más una cantidad S en efectivo.
2. Una opción americana de venta sobre un contrato de futuros más una cantidad en efectivo igual a $F_0 e^{-i(T-t)}$.

Siguiendo un razonamiento similar a la paridad de compra venta para las carteras de opciones europeas, se tiene que si ambas carteras están dentro de dinero y son ejercidas a la fecha de vencimiento T , el valor de las carteras es:

$$\max(F_T, S)$$

De manera que, dadas las características de la cartera, el valor del contrato del futuro es asegurado para ser no negativo, mientras que el valor inicial es asegurado para ser negativo, esto es:

$$-c + p + F_0 e^{-i(T-t)} - S \leq 0$$

Sin embargo, como $c = C$, entonces en ausencia de oportunidades de arbitraje se obtiene lo siguiente:

$$-C + P + F_0 e^{-i(T-t)} - S \leq 0 \Rightarrow F_0 e^{-i(T-t)} - S \leq C - P$$

Para conseguir la cota superior de dicha paridad, los posibles valores de:

3. Una opción americana de compra sobre un contrato de futuros más una cantidad en efectivo igual a $Se^{-i(T-t)}$.
4. Una opción europea de venta sobre un contrato de futuros con precio F_0 .

El valor de ambas carteras, al ser ejercidas en la fecha de vencimiento, siempre y cuando estén dentro de dinero es:

$$\max(F_T, S)$$

Se sabe que en general se cumple $p \leq P$ de modo que usando la lógica de la paridad de compra venta para opciones europeas y de acuerdo a las características de las carteras 3 y 4 se obtiene que:

$$C - F_0 + Se^{-i(T-t)} \leq P \Rightarrow C - P \leq F_0 - Se^{-i(T-t)}$$

Por lo tanto la relación de paridad compra venta para opciones americanas está dada por:

$$F_0 e^{-i(T-t)} - S \leq C - P \leq F_0 - Se^{-i(T-t)}$$

Es fácil encontrar el valor de los contratos americanos de compra mediante la valuación de contratos americanos de venta y viceversa; siempre y cuando ambos contratos sean emitidos sobre el mismo contrato de futuro, igual precio de ejercicio e igual fecha de vencimiento. Esto es:

$$P + F_0 e^{-i(T-t)} - S \leq C \leq P + F_0 - Se^{-i(T-t)}$$

Y

$$C + Se^{-i(T-t)} - F_0 \leq P \leq C + S - F_0 e^{-i(T-t)}$$

4.3 MODELOS PARA LA VALUACIÓN DE OPCIONES SOBRE CONTRATOS DE FUTUROS

4.3.1 ÁRBOLES BINOMIALES

El modelo Cox-Rubinstein o binomial sirve de base para la valuación y cobertura de los contratos de opciones y consiste en asumir que el valor del contrato del futuro se comporta bajo un proceso multiplicativo binomial en periodos discretos. El movimiento del contrato del futuro podría ser ascendente o descendente en base al valor inicial del futuro. Así el árbol binomial es un esquema en forma de árbol que representa diferentes trayectorias posibles que puede seguir el precio de los contratos de futuros, durante la vida de la opción.

Además de los supuestos especificados en la sección 4.1 se deben considerar los siguientes:

- 1) Se puede comprar o vender cualquier contrato de futuros al descubierto, sin embargo no se consideran depósitos de garantía para dichos contratos.
- 2) El precio del contrato del futuro evoluciona como un proceso binomial multiplicativo.
- 3) El futuro no otorga dividendos al poseedor.

4.3.2 ÁRBOLES BINOMIALES DE UN PERIODO

El modelo binomial a un periodo supone que al final del periodo el contrato del futuro puede tener sólo dos posibles valores.

Considerando un contrato de futuros con un precio de F_0 , tendrá en T uno de dos valores, inferiores o superiores a F_0 , conociendo éstos es posible calcular el valor de una opción sobre un contrato de futuros. Tomando en cuenta las consideraciones planteadas al principio del capítulo, a continuación se deduce la técnica que se aplica bajo estas condiciones; en principio, la deducción se hace para opciones de tipo europeo.

Sean $a=1+$ el posible incremento para F_0 con probabilidad π en T y $d=1-$ el posible decremento para F_0 con probabilidad $\theta=1-\pi$ en T , tales que $0 < d < 1 < a$, y sean c , c_a y c_d los valores de la opción en t y en T , respectivamente. Esta situación está sintetizada en la figura 4.2.

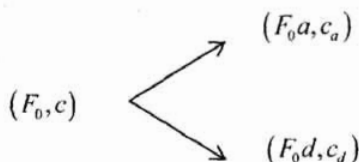


Figura 4.2

Este modelo considera los dos resultados siguientes:

1. Si el precio del futuro aumenta, entonces el valor de la opción en la fecha de vencimiento es:

$$c_a = \max\{F_0 a - S, 0\}$$

2. De lo contrario, si el precio del futuro disminuye entonces el valor de la opción en la fecha de vencimiento es:

$$c_d = \max\{F_0 d - S, 0\}$$

Para calcular el valor presente de la opción se debe crear una opción europea de compra sintética.

La cartera se constituye de:

1. Una posición larga en Δ contratos de futuros.
2. Una posición corta en un contrato de opciones.

Para poder calcular el valor presente del precio de la opción es necesario conocer el valor de Δ que mantiene a la cartera libre de riesgo.

Considerando que al madurar la opción se tiene lo siguiente:

1. Si aumenta el precio del futuro, entonces el valor de la cartera al vencimiento es de:

$$F_0 a \Delta - c_a.$$

2. Si por el contrario, el precio del futuro desciende, el valor de la cartera al vencimiento es de:

$$F_0 d \Delta - c_d$$

Para conocer la Δ que satisface que la cartera sea libre de riesgo se debe cumplir:

$$\begin{aligned} F_0 a \Delta - c_a &= F_0 d \Delta - c_d \\ \Rightarrow F_0 a \Delta - F_0 d \Delta &= c_a - c_d \\ \Rightarrow \Delta (F_0 a - F_0 d) &= c_a - c_d \end{aligned}$$

Por lo tanto: $\Delta = \frac{c_a - c_d}{F_0 a - F_0 d}$

Lo que significa que, Δ es el número de futuros que debe tener la cartera para estar libre de riesgo, además representa la razón de cambio entre los posibles valores de la opción respecto al cambio en los posibles valores del futuro. También cabe destacar que este valor es el que evita que se realicen arbitrajes en los mercados, ya que el valor de la opción no podría ser menor que la cartera creada, pues en este caso un inversionista compraría la opción y vendería en corto la cartera. Si el valor de la opción fuera mayor que el valor de la cartera, el inversionista compraría la cartera y vendería la opción en el mercado, realizando en ambos casos una ganancia de arbitraje financiero.

Suponiendo que el precio de la cartera en el momento T es siempre:

$$(F_0 a - F_0) \Delta - c_a$$

Entonces, el precio actual de la cartera es:

$$-c = [(F_0 a - F_0) \Delta - c_a] e^{-r(T-t)} \Rightarrow c = -e^{-r(T-t)} [(F_0 a - F_0) \Delta - c_a]$$

Sustituyendo a Δ en esta ecuación se tiene que:

$$\begin{aligned}
c &= -e^{-i(T-t)} \left[(F_0 a - F_0) \left(\frac{c_a - c_d}{F_0 a - F_0 d} \right) - c_a \right] \\
&= -e^{-i(T-t)} \left(\frac{F_0 a c_a - F_0 a c_d - F_0 c_a + F_0 c_d}{F_0 a - F_0 d} - c_a \right) \\
&= -e^{-i(T-t)} \left[\frac{a c_a - a c_d - c_a + c_d}{a - d} + \left(\frac{d c_a - a c_a}{a - d} \right) \right] \\
&= -e^{-i(T-t)} \left(\frac{c_d - c_a}{a - d} + \frac{d c_a - a c_a}{a - d} \right) \\
&= e^{-i(T-t)} \left(\frac{c_a - c_d}{a - d} + \frac{a c_d - d c_a}{a - d} \right) \\
&= e^{-i(T-t)} \left[\frac{c_a (1 - d)}{a - d} + \frac{c_d (a - 1)}{a - d} \right] \\
&= e^{-i(T-t)} [c_a \pi + c_d (1 - \pi)]
\end{aligned}$$

Por tanto, el precio de la opción es:

$$c = e^{-i(T-t)} [c_a \pi + c_d (1 - \pi)]$$

Donde:

$$\pi = \frac{1 - d}{a - d}$$

Y además:

$$a = e^{\sigma \sqrt{T-t}} \quad \text{y} \quad d = e^{-\sigma \sqrt{T-t}}$$

VALORACIÓN NEUTRAL AL RIESGO

Como se observa en la expresión donde $c = e^{-i(T-t)} [c_a \pi + c_d (1 - \pi)]$ la variable π se interpreta como el incremento en el precio de los contratos de futuros, mientras que la variable $1 - \pi$ es entonces la probabilidad de una baja de precios. A partir de dicha interpretación de π , la expresión para c establece que el valor de la opción hoy es su valor futuro esperado descontado al tipo de interés libre de riesgo.

Por otro lado el rendimiento esperado de los contratos de futuros, en el instante T está dado por:

$$\begin{aligned} E(F_0) &= aF_0\pi + dF_0(1-\pi) \\ &= aF_0\pi + dF_0 - dF_0\pi \\ &= (a-d)F_0\pi + dF_0 \end{aligned}$$

Sustituyendo a π se tiene:

$$\begin{aligned} E(F_0) &= (a-d)F_0\left(\frac{1-d}{a-d}\right) + dF_0 \\ &= F_0 - F_0d + dF_0 \\ &= F_0 \end{aligned}$$

Por lo tanto: $\pi = \frac{1-d}{a-d}$ y $\theta = 1-\pi = \frac{a-1}{a-d}$

Donde $0 \leq \pi \leq 1$ la cual es una medida de probabilidad neutral al riesgo.

Dado que:

$$c_a = \max\{F_0a - S, 0\} \quad \text{y} \quad c_d = \max\{F_0d - S, 0\}$$

Sustituyendo estos valores en $c = e^{-r(T-t)} [c_a\pi + c_d(1-\pi)]$, el valor de la opción europea de compra sintética es:

$$c = [\max\{F_0a - S, 0\}\pi + \max\{F_0d - S, 0\}(1-\pi)] e^{-r(T-t)}$$

Siguiendo un procedimiento enteramente semejante al de la cartera anterior, se puede decir que el valor de una opción europea de venta sintética es:

$$p = [\max\{S - F_0a, 0\}\pi + \max\{S - F_0d, 0\}(1-\pi)] e^{-r(T-t)}$$

En conclusión, considerar el modelo sólo con dos posibles valores simplifica la situación y al incrementa el número de periodos con los valores posibles del contrato del futuro estos no aumentan en forma indiscriminada, por el contrario, al considerar n periodos se tienen $n+1$ valores posibles del contrato del futuro al término del periodo n .

4.3.3 ÁRBOLES BINOMIALES DE DOS O MÁS PERÍODOS

El método para valuar *árboles binomiales de dos o más periodos*, supone que al final de cada periodo el precio del contrato del futuro puede tener sólo dos posibles valores, por lo que si se divide el tiempo de vencimiento en n periodos de igual duración, entonces se tienen $n+1$ posibles valores del precio del futuro así como de precios de opciones al tiempo de vencimiento.

La figura 4.3 ilustra la extensión de las ideas anteriores a una situación de dos periodos, donde el valor de F_0 en cada periodo incrementa o disminuye según sea el caso así como el precio de la opción, en base a esto se construye la cartera que permite modelar el precio de la opción para árboles binomiales de dos o más periodos.

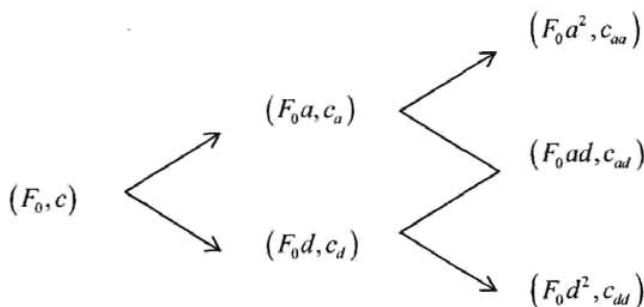


Figura 4.3

Como se puede apreciar el proceso para encontrar el valor de la opción es iterativo, es decir, el cálculo que se realizó en el caso de un sólo periodo se aplica primero para obtener el valor c_a y c_d de la opción en el periodo T_1 , y después el valor presente de c .

Considerando una cartera que consta de:

1. Una posición larga en Δ contratos de futuros.
2. Una posición corta en un contrato de opciones.

Para poder calcular el valor presente del precio de la opción se necesita conocer el valor de Δ que mantiene a la cartera libre de riesgo.

Considerando que al vencimiento de la opción el valor de la cartera tienen las siguientes características:

1. Si aumenta el precio del futuro de $F_0 a$ a $F_0 a^2$, el valor de la cartera es:

$$F_0 a^2 \Delta - c_{aa}$$

2. Si, el precio del futuro desciende de $F_0 a$ a $F_0 ad$, el valor de la cartera es:

$$F_0 ad \Delta - c_{ad}$$

Para conocer la Δ que satisface que la cartera sea libre de riesgo se debe cumplir:

$$\begin{aligned} F_0 a^2 \Delta - c_{aa} &= F_0 ad \Delta - c_{ad} \\ \Rightarrow F_0 a^2 \Delta - F_0 ad \Delta &= c_{aa} - c_{ad} \\ \Rightarrow \Delta (F_0 a^2 - F_0 ad) &= c_{aa} - c_{ad} \end{aligned}$$

Por lo tanto:
$$\Delta = \frac{c_{aa} - c_{ad}}{F_0 a^2 - F_0 ad}$$

Lo que significa que, Δ es el número de futuros que debe tener la cartera para estar libre de riesgo, y cumple con las mismas características que para los árboles binomiales a un periodo.

Sea δ el tiempo entre cada periodo de igual duración. De forma que:

$$\delta = \frac{1}{2}$$

Suponiendo que el precio de la cartera en el momento T siempre es:

$$(F_0 a^2 - F_0 a) \Delta - c_{aa}$$

Entonces, el precio actual de la cartera es:

$$-c = \left[(F_0 a^2 - F_0 a) \Delta - c_{aa} \right] e^{-i\delta(T-t)} \Rightarrow c = -e^{-i\delta(T-t)} \left[(F_0 a^2 - F_0 a) \Delta - c_{aa} \right]$$

Sustituyendo a Δ en esta ecuación se tiene que:

$$\begin{aligned}
 c_a &= -e^{-i\delta(T-t)} \left[(F_0 a^2 - F_0 a) \left(\frac{c_{aa} - c_{ad}}{F_0 a(a-d)} \right) - c_{aa} \right] \\
 &= -e^{-i\delta(T-t)} \left[\frac{a^2 c_{aa} - a^2 c_{ad} - a c_{aa} + a c_{ad}}{a(a-d)} + \left(\frac{a d c_{aa} - a^2 c_{aa}}{a(a-d)} \right) \right] \\
 &= -e^{-i\delta(T-t)} \left(\frac{c_{ad} - c_{aa}}{a-d} + \frac{d c_{aa} - a c_{ad}}{a-d} \right) \\
 &= e^{-i\delta(T-t)} \left(\frac{c_{aa} - c_{ad}}{a-d} + \frac{a c_{ad} - d c_{aa}}{a-d} \right) \\
 &= e^{-i\delta(T-t)} \left[\frac{c_{aa}(1-d)}{a-d} + \frac{c_{ad}(a-1)}{a-d} \right] \\
 &= e^{-i\delta(T-t)} [c_{aa}\pi + c_{ad}(1-\pi)]
 \end{aligned}$$

Por tanto, el precio de la opción es: $c_a = e^{-i\delta(T-t)} [c_{aa}\pi + c_{ad}(1-\pi)]$

Donde:

$$\pi = \frac{1-d}{a-d}$$

Y además:

$$a = e^{\sigma\sqrt{\delta(T-t)}} \quad \text{y} \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\delta(T-t)}}$$

De manera análoga se tiene que si se conoce el valor de la opción en la fecha de vencimiento, entonces para conocer el valor de c_{dt} al final del primer periodo cuando el precio del futuro es $F_0 d$, se tiene:

$$\begin{aligned}
 F_0 a d \Delta - c_{ad} &= F_0 d^2 \Delta - c_{dd} \\
 \Rightarrow F_0 a d \Delta - F_0 d^2 \Delta &= c_{ad} - c_{dd} \\
 \Rightarrow \Delta (F_0 a d - F_0 d^2) &= c_{ad} - c_{dd}
 \end{aligned}$$

Por lo tanto: $\Delta = \frac{c_{ad} - c_{dd}}{F_0 a d - F_0 d^2}$

Suponiendo que el precio de la cartera en el momento T es siempre:

$$(F_0 ad - F_0 d) \Delta - c_{ad}$$

Entonces, el precio actual de la cartera es:

$$-c = [(F_0 ad - F_0 d) \Delta - c_{ad}] e^{-i\delta(T-t)} \Rightarrow c = -e^{-i\delta(T-t)} [(F_0 ad - F_0 d) \Delta - c_{ad}]$$

Sustituyendo a Δ en esta ecuación se obtiene que:

$$\begin{aligned} c_d &= -e^{-i\delta(T-t)} \left[(F_0 ad - F_0 d) \left(\frac{c_{ad} - c_{dd}}{F_0 d(a-d)} \right) - c_{ad} \right] \\ &= -e^{-i\delta(T-t)} \left[\frac{adc_{ad} - adc_{dd} - dc_{ad} + dc_{dd}}{d(a-d)} + \left(\frac{d^2 c_{ad} - adc_{ad}}{d(a-d)} \right) \right] \\ &= -e^{-i\delta(T-t)} \left(\frac{c_{dd} - c_{ad}}{a-d} + \frac{dc_{ad} - ac_{dd}}{a-d} \right) \\ &= e^{-i\delta(T-t)} \left(\frac{c_{ad} - c_{dd}}{a-d} + \frac{ac_{dd} - dc_{ad}}{a-d} \right) \\ &= e^{-i\delta(T-t)} \left[\frac{c_{ad}(1-d)}{a-d} + \frac{c_{dd}(a-1)}{a-d} \right] \\ &= e^{-i\delta(T-t)} [c_{ad}\pi + c_{dd}(1-\pi)] \end{aligned}$$

Por lo tanto: $c_d = e^{-i\delta(T-t)} [c_{ad}\pi + c_{dd}(1-\pi)]$

Es claro que para conocer el precio de la opción en el periodo inicial, cuando el precio del contrato del futuro es F_0 , sólo se debe sustituir el valor de c_a y c_d en $c = e^{-i\delta(T-t)} [c_a\pi + c_d(1-\pi)]$:

$$\begin{aligned} c &= e^{-i\delta(T-t)} \left[\pi \{c_{aa}\pi + c_{ad}(1-\pi)\} e^{-i\delta(T-t)} + (1-\pi) \{c_{ad}\pi + c_{dd}(1-\pi)\} e^{-i\delta(T-t)} \right] \\ &= e^{-2i\delta(T-t)} [c_{aa}\pi^2 + 2c_{ad}\pi(1-\pi) + c_{dd}(1-\pi)^2] \end{aligned}$$

Dado que:

$$c_{aa} = \max\{F_0 a^2 - S, 0\}, c_{ad} = \max\{F_0 ad - S, 0\} \text{ y } c_{dd} = \max\{F_0 d^2 - S, 0\}$$

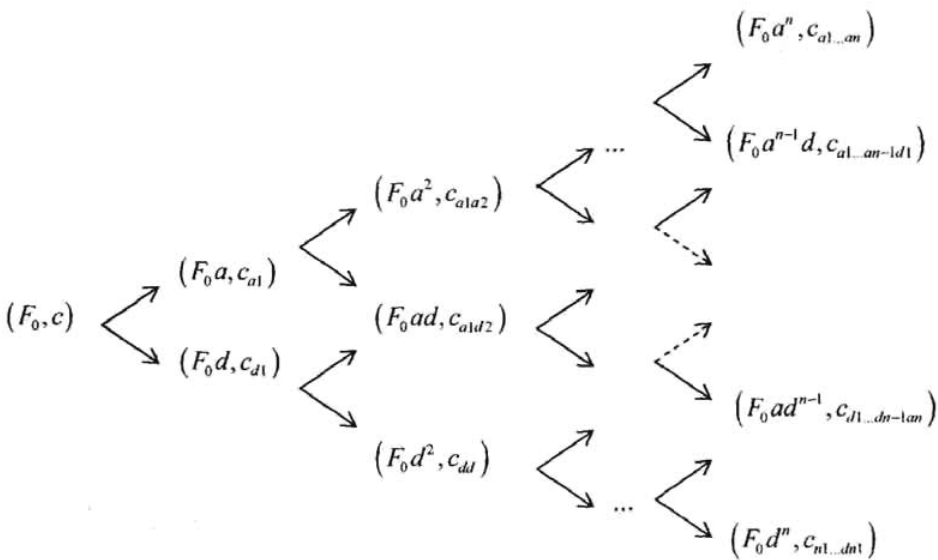
Entonces, el valor de la opción europea de compra sintética es:

$$c = \left[\max \{ F_0 a^2 - S, 0 \} \pi^2 + 2 \max \{ F_0 a d - S, 0 \} \pi (1 - \pi) + \max \{ F_0 d^2 - S, 0 \} (1 - \pi)^2 \right] e^{-2i(r-i)}$$

Seguindo un procedimiento enteramente semejante al de la cartera anterior se puede decir que el valor de una opción europea de venta sintética es:

$$p = \left[\max \{ S - F_0 a^2, 0 \} \pi^2 + 2 \max \{ S - F_0 a d, 0 \} \pi (1 - \pi) + \max \{ S - F_0 d^2, 0 \} (1 - \pi)^2 \right] e^{-2i(r-i)}$$

Las dos expresiones anteriores representan el valor de una opción europea de compra y venta respectivamente considerando dos periodos. A continuación se analiza el comportamiento a n periodos, lo cual se ilustra en la figura 4.4.



Donde $c_{a1...akd1...dn-k} = \max \{ F_0 a^k d^{n-k} - S, 0 \}$ para $k = 0, \dots, n$

Figura 4.4

Debido a que $F_0 a^k d^{n-k}$ son los posibles $n+1$ valores que el precio del contrato del futuro puede tomar en el mercado en el periodo n , considerando para esto una distribución binomial se tiene:

$$P(T_n^m = F_0 a^k d^{n-k}) = \begin{cases} \binom{n}{k} \pi^k (1 - \pi)^{n-k} & \text{Para } k = 0, 1, \dots, n \\ 0 & \text{E.O.C} \end{cases}$$

Dado lo anterior y suponiendo un mundo neutral de riesgo el valor de la opción europea de compra puede obtenerse de dos formas:

a) Fórmula Recursiva.

$$c_{n-1} = [c_{an}\pi + c_{dn}(1-\pi)]e^{-i\delta(T-t)}$$

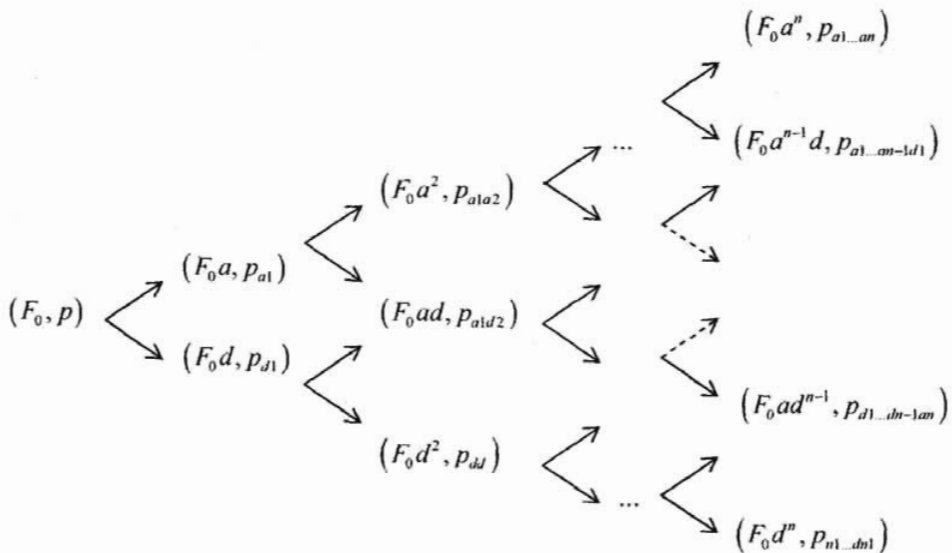
Observación:

- c_{n-1} Es el precio de la opción en el periodo $n-1$.
- c_{an} Es el precio de la opción cuando el precio del contrato del futuro aumenta su valor del periodo $n-1$ a n .
- c_{dn} Es el precio de la opción cuando el precio del contrato del futuro disminuye su valor del periodo $n-1$ a n .

b) Fórmula General.

$$c = \left[\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} \max\{F_0 a^k d^{n-k} - S, 0\} \right] e^{-i(T-t)}$$

Para calcular el precio de las opciones europeas de venta se tiene lo siguiente:



Donde $p_{a1...akd1...dn-k} = \max\{S - F_0 a^k d^{n-k}, 0\}$ para $k = 0, \dots, n$

Figura 4.5

Debido a que $F_0 a^k d^{n-k}$ son los posibles $n+1$ valores que el precio del contrato del futuro puede tomar en el mercado en el periodo n , considerando para esto una distribución binomial se tiene:

$$P(T_n^m = F_0 a^k d^{n-k}) = \begin{cases} \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} & \text{Para } k = 0, 1, \dots, n \\ 0 & \text{E.O.C} \end{cases}$$

Dado lo anterior y suponiendo un mundo neutral de riesgo, el valor de la opción europea de compra puede obtenerse de dos formas:

c) Fórmula Recursiva.

$$p_{n-1} = [p_{an}\pi + p_{dn}(1-\pi)]e^{-i\delta(T-t)}$$

Observación:

p_{n-1} Es el precio de la opción en el periodo $n-1$.

p_{an} Es el precio de la opción cuando aumenta su valor del periodo $n-1$ a n .

p_{dn} Es el precio de la opción cuando disminuye su valor del periodo $n-1$ a n .

d) Fórmula General.

$$p = \left[\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} \max\{S - F_0 a^k d^{n-k}, 0\} \right] e^{-i(T-t)}$$

4.3.4 ÁRBOLES BINOMIALES PARA OPCIONES AMERICANAS

Al igual que para las opciones europeas, el precio de los contratos de futuros se modela como un proceso binomial multiplicativo para las opciones americanas, sin embargo, aquí se debe analizar el ejercicio anticipado de las opciones tanto de compra como de venta, el cual debe realizarse mediante la forma recursiva al calcular el mayor de los valores, esto es como sigue:

$$C_{n-1} = \max \left\{ [C_{an}\pi + C_{dn}(1-\pi)]e^{-i\delta(T-t)}, \max\{F_0 a^k d^{n-k} - S, 0\} \right\}$$

$$P_{n-1} = \max \left\{ \left[P_{an}\pi + P_{dn}(1-\pi) \right] e^{-i\delta(T-t)}, \max \{ S - F_0 a^k d^{n-k}, 0 \} \right\}$$

Como se vio en la sección 4.2.1 de este capítulo, el valor de una opción americana de compra y de una opción europea de venta es igual cuando los contratos de futuros no pagan dividendos, pero como si es óptimo ejercer anticipadamente las opciones americanas de venta, entonces:

$$\begin{aligned} C_{n-1} &= \max \left\{ \left[C_{an}\pi + C_{dn}(1-\pi) \right] e^{-i\delta(T-t)}, \max \{ F_0 a^k d^{n-k} - S, 0 \} \right\} \\ &= \left[C_{an}\pi + C_{dn}(1-\pi) \right] e^{-i\delta(T-t)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{n-1} &= \max \left\{ \left[P_{an}\pi + P_{dn}(1-\pi) \right] e^{-i\delta(T-t)}, \max \{ S - F_0 a^k d^{n-k}, 0 \} \right\} \\ &= \max \{ S - F_0 a^k d^{n-k}, 0 \} \end{aligned}$$

Por lo tanto, se puede decir que las ecuaciones que permiten valuar el precio de las opciones americanas de compra y venta son:

$$C = \left[\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} \max \{ F_0 a^k d^{n-k} - S, 0 \} \right] e^{-i(T-t)}$$

$$P_{n-1} = \max \left\{ \left[P_{an}\pi + P_{dn}(1-\pi) \right] e^{-i\delta(T-t)}, \max \{ S - F_0 a^k d^{n-k}, 0 \} \right\}$$

Donde:

$$\delta = \frac{1}{n}, \quad a = e^{\sigma\sqrt{T-t}}, \quad d = e^{-\sigma\sqrt{T-t}}, \quad \pi = \frac{1-d}{a-d}, \quad 1-\pi = \frac{a-1}{a-d}$$

Para: $0 \leq \pi \leq 1$

4.3.5 MOVIMIENTO BROWNIANO

El estudio del movimiento browniano se originó para explicar el fenómeno físico correspondiente al movimiento continuo irregular de una partícula suspendida en un fluido. Sin embargo alrededor de 1900, el francés Louis Bachelier en su tesis *Theory of Speculation* fue el primero en proponer un modelo formal matemático del comportamiento de los precios de activos financieros (warrants), el cual establece que el movimiento en los precios sigue una caminata aleatoria. A partir

de esto, el movimiento browniano juega un papel central en los modelos de valuación de instrumentos derivados.

Dicho proceso de tiempo continuo está fuertemente relacionado con versiones de tiempo discreto de variables aleatorias y se podría tomar la caminata aleatoria de tiempo discreto como un punto de partida para la construcción heurística del movimiento browniano.

CAMINATA ALEATORIA

Considérese un proceso estocástico $\{X_t, t=0,1,\dots\}$ que toma valores sobre un conjunto de estados finito o numerable, si $X_t = j$, entonces se dice que el proceso se encuentra en el estado j al tiempo t .

Si se supone que el proceso al tiempo t está en el estado i sea P_{ij} la probabilidad condicional de que el proceso transite el estado j al tiempo $t+1$ dado que ha pasado por los estados i_0, i_1, \dots, i_{t-1} respectivamente:

$$P_{ij} = P\{X_{t+1} = j | X_t = i, X_{t-1} = i_{t-1}, \dots, X_1 = i_1, X_0 = i_0\}$$

para todos los estados $i_0, i_1, \dots, i_{t-1}, i, j$ y para toda $t \geq 0$.

Un proceso es llamado de Markov si su probabilidad de transición P_{ij} sólo depende del estado anterior, es decir:

$$P_{ij} = P\{X_{t+1} = j | X_t = i_{t-1}\}$$

Ésta es llamada la propiedad markoviana y el valor P_{ij} representa la probabilidad de que el proceso en el estado i haga una transición al estado j . Estas probabilidades de transición tienen las siguientes propiedades:

- 1) $P_{ij} \geq 0, \quad i, j \geq 0;$
- 2) $\sum_{j=0}^{\infty} P_{ij} = 1, \quad i = 0, 1, \dots$

Una caminata aleatoria $\{Y_t, cont = 1, 2, \dots, n\}$ es un proceso de Markov con espacio de estado numerable y está dada por:

$$Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon,$$

$$\text{Donde: } \varepsilon = \begin{cases} \Delta & \text{con probabilidad } \pi \\ -\Delta & \text{con probabilidad } \theta = 1 - \pi \end{cases}$$

Como se puede observar ε es una variable aleatoria, independiente e idénticamente distribuida, que toma sólo dos valores, Δ y $-\Delta$, es decir, si se encuentra en el estado i al tiempo t entonces el tiempo $t+1$ se puede estar en el estado $i+\Delta$ o en $i-\Delta$, donde p_0 es el punto de partida y está fijo.

Así P_{ij} para la caminata aleatoria es:

$$P_{ij} = \begin{cases} \pi & \text{si } j = \Delta \\ \theta & \text{si } j = -\Delta \end{cases}$$

Ahora se considera el siguiente proceso de tiempo continuo $Y_n(t)$, $t \in [0, T]$, el cual puede ser construido del proceso de tiempo discreto $\{Y_t\}$, $t = 1, \dots, n$ como sigue:

Su valor esperado:

$$\begin{aligned} E(u(w)) &= E(\log(w)) = \sum_{t=1}^{\infty} \log(2^t) \frac{1}{2^t} \\ &= \log(2) \sum_{t=1}^{\infty} \frac{t}{2^t} = \log(2) \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{t=1}^n \frac{t}{2^t} \end{aligned}$$

Aplicando la prueba de la razón se puede demostrar que esta serie converge y de hecho converge a 2. La serie para n finita, es conocida en estadística como la media geométrica.

4.3.6 LEMA DE ITÔ

Aunque la primera teoría matemática del movimiento browniano es debida a Wiener (1923), la constitución fundamental es de Itô (1951) ya que su lema dio, lugar a un gran número de aplicaciones del movimiento browniano, tales como a problemas en matemáticas, estadística, física, química, biología, ingeniería y por supuesto, finanzas. En particular, Itô constituye una amplia gama de procesos estocásticos continuos basados en el movimiento browniano, ahora conocidos como procesos de Itô o ecuaciones diferenciales estocásticas de Itô.

El lema de Itô es el más importante resultado acerca de la manipulación de variables aleatorias. Este lema es para las funciones de variables aleatorias lo mismo que el teorema de Taylor es para las funciones de variables determinísticas. El enfoque heurístico del Lema de Itô está basado en la expansión en series de Taylor.

Suponiendo que $f(Y, t)$ es una función suave de Y y del tiempo t ; y olvidando que por el momento Y es estocástica, si se varía Y por un monto pequeño dY entonces claramente f también varía por un monto pequeño.

De la ecuación de series de Taylor se puede escribir:

$$df(Y, t) = \frac{\partial f}{\partial Y} dY + \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 f}{\partial Y^2} dY^2 + \frac{\partial^2 f}{\partial Y \partial t} dY dt + \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} dt^2 \right] + \dots,$$

Los puntos denotan un residuo el cual es más pequeño que cualquiera de los términos que han mostrado, por lo que sólo se conservarán los términos aquí mostrados.

Usando las reglas de la multiplicación para diferenciales estocásticas, se encuentra que la nueva expresión para $df(Y, t)$ es:

$$df(Y, t) = \frac{\partial f}{\partial Y} dY + \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{\partial^2 f}{2\partial Y^2} dY^2$$

Por lo tanto $df(Y, t)$ sigue el proceso de Itô con tasa de variación igual a:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial Y^2} dY^2$$

Sea $dY = \mu Y dt + \sigma Y dz$, donde $\mu, \sigma \in \mathbb{R}$ si se emplea la fórmula de Itô a la función $f(Y, t) = \ln(Y)$, entonces el proceso de $\ln(Y)$ tiene la representación siguiente:

$$\begin{aligned} d\ln(Y) &= \frac{\mu Y dt + \sigma Y dz}{Y} \ln(Y) + \frac{\partial}{\partial t} \ln(Y) dt + \frac{(\sigma Y)^2}{2Y^2} \ln(Y) dt \\ &= \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dz \end{aligned}$$

Entonces:

$$\ln(Y_t) - \ln(Y_0) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma z \Rightarrow Y_t = Y_0 e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma z}$$

Por lo tanto el precio del futuro puede representarse mediante el proceso de Itô con tasa instantánea de desplazamiento μF y tasa de variación instantánea σF , esto es, como el modelo $dF = \mu F dt + \sigma F dz$. Donde μ representa la tasa de interés libre de riesgo y σ representa la volatilidad del precio del futuro.

Sea $dF = \mu F dt + \sigma F dz$ entonces:

$$\frac{dF}{F} = \mu_r dt + \sigma_F dz$$

Es el movimiento geométrico Browniano que representa, mediante su forma discreta, el rendimiento proporcional generado por el futuro durante el periodo Δt . El rendimiento esperado es $\mu \Delta t$ y la varianza del componente estocástico es $\sigma^2 \Delta t$.

Por lo cual:

$$\frac{\Delta F}{F} \square N(\mu \Delta t, \sigma^2 \Delta t)$$

4.3.7 DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL

La variable aleatoria Y no negativa tiene distribución Lognormal, si la variable aleatoria $X = \ln(Y)$ tiene distribución Normal.

La variable aleatoria Y se distribuye Lognormal, si y sólo si, la función de densidad está dada por:

$$f_y(y, \sigma_y, \sigma_x^2) = P(Y = y) = \begin{cases} \frac{e^{-\frac{(\ln(y) - \mu_x)^2}{2\sigma_x^2}}}{y\sigma_x\sqrt{2\pi}} & y > 0 \\ 0 & y \leq 0 \end{cases}$$

Si la variable aleatoria $X = \ln(Y)$ se distribuye Normal, entonces:

$$P(X \leq x) = P(\ln(Y) \leq \ln(y)) = P\left(Z \leq \frac{\ln(y) - \mu}{\sigma}\right) = N\left(\frac{\ln(y) - \mu}{\sigma}\right)$$

Sea T el periodo de vencimiento y t el estado actual y $f(F, t) = \ln(F)$, entonces $\Delta t = T - t$. Por lo cual:

$$f(F, t) \square N\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t), \sigma^2(T-t)\right)$$

Sea $f(F, t) = \ln(F_t)$ el precio del futuro en el instante t y $f(F, T) = \ln(F_T)$ el precio del futuro en la fecha de vencimiento, entonces el cambio de la función durante el periodo $\Delta t = T - t$ es $\ln(F_T) - \ln(F_t)$. Por lo cual:

$$\Delta f(F, t) = f(F, T) - f(F, t) = \ln(F_T) - \ln(F_t) \square N\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t), \sigma^2(T-t)\right)$$

Entonces al estandarizar la función se tiene que:

$$N(0, 1) = Z = \frac{y - \mu}{\sigma} = \frac{\ln(F_T) - \ln(F_t) - \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

Por lo tanto: $f(F, T) \square N\left(\ln(F_t) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t), \sigma^2(T-t)\right)$

Al considerar la función estandarizada se tiene que:

$$\ln(F_T) = \ln(F_t) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma N(0, 1)(T-t)$$

Por lo cual:

$$F_T = F_t e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma N(0, 1)(T-t)} = F_t e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma dz}$$

donde $\mu = i - r = 0$

Lo cual demuestra que el precio del futuro en el mercado durante el periodo de vencimiento se distribuye Lognormal.

4.3.8 MODELO BLACK SCHOLES

Uno de los aspectos más importantes de la teoría financiera es la valuación de opciones, así el modelo de Black & Scholes asume que el comportamiento de los precios de los futuros sigue una distribución Lognormal (lo cual es coherente ya que el precio del futuro siempre es mayor que cero) y muestra como formar una posición de cobertura con una cartera que contenga el contrato del futuro y una posición corta de opciones. El primer modelo para valuar opciones sobre futuros fue propuesto por Fisher Black en 1976 y la fórmula correspondiente para valuar opciones europeas de compra sobre futuros es llamada fórmula de Black para futuros. Él sugirió usar el modelo Merton-Black-Scholes para los precios de futuros. Este modelo sólo es aplicable a opciones europeas.

Además de los supuestos que se especificaron en la sección 4.1 se deben considerar los siguientes:

1. El precio del futuro se comporta de acuerdo con una caminata aleatoria en tiempo continuo y la distribución de posibles valores de dicho precio es lognormal. La varianza de rendimientos del precio del futuro es constante durante el periodo de la opción.
2. La opción es europea, es decir, sólo se ejerce al vencimiento de la opción.
3. Es posible pedir prestado una parte del contrato del futuro para comprarlo o mantenerlo, a una tasa de interés libre de riesgo de corto plazo.

Bajo los supuestos anteriores, sea $f(F, t)$ la función que representa el precio del futuro que se distribuye Lognormal, donde se tiene que:

$$df(F, t) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dz \quad \text{o} \quad \Delta f(F, t) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \Delta z$$

Entonces mediante la construcción de la cartera que elimine el riesgo ante movimientos aleatorios en el precio del futuro se obtiene la ecuación diferencial de *Black & Scholes*, tal como se muestra a continuación:

$$f(F, t) = \frac{\partial f}{\partial F} f(F, t) + \frac{\partial f}{\partial t} f(F, t) + \frac{\sigma^2 F^2}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial F^2} f(F, t)$$

FÓRMULA DE BLACK & SCHOLES

Se sabe que el valor esperado de las opciones europeas de compra en la fecha de vencimiento es la esperanza del valor intrínseco, $E\left[\max\{Fe^{-r(T-t)} - S, 0\}\right]$, entonces el valor actual del contrato es:

$$E\left[\max\{Fe^{-r(T-t)} - S, 0\}\right]e^{-i(T-t)}$$

Donde por definición de esperanza se tiene que:

$$E\left[\max\{Fe^{-r(T-t)} - S, 0\}\right] = \int_{-\infty}^{\infty} \max\{Fe^{-r(T-t)} - S, 0\} f(F, t) dF$$

Cabe resaltar que los contratos de futuros no requieren inversión. El beneficio esperado, en un mundo neutral al riesgo debe ser cero. Por lo que la tasa esperada de crecimiento es cero, es decir $i = r^2$.

Entonces por el modelo $dF = \mu F dt + \sigma F dz$, se tiene:

$$\ln(F_T) = \ln(F_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma N(0,1)(T-t)$$

Por lo cual:

$$F_T = F_0 e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma dz}$$

Sea $f(F, T) = \ln(F_T)$ el precio del futuro en el instante t y $f(F, T) = \ln(S)$ el precio del futuro en la fecha de vencimiento, entonces el cambio de la función de densidad durante el periodo $\Delta t = T - t$ es $\ln(F_T) - \ln(S)$. Por lo que:

² Ya que F_T es modelado como un proceso Merton-Black-Scholes, empleando la paridad compra venta $c + Se^{-i(T-t)} = p + F_0 e^{-i(T-t)}$. Además como $F = [F_a \pi + F_d(1-\pi)]e^{-i(T-t)} \dots (1)$ y $\pi = \frac{1-d}{a-d} \dots (2)$.

Al comparar (1) y (2) con $\pi = \frac{e^{(i-r)(T-t)} - d}{a-d}$ de una opción que genera dividendos entonces:

$$\frac{1-d}{a-d} = \frac{e^{(i-r)(T-t)} - d}{a-d} \Leftrightarrow 1-d = e^{(i-r)(T-t)} - d \Leftrightarrow 1 = e^{(i-r)(T-t)} \Leftrightarrow 0 = (i-r)(T-t) \Leftrightarrow i = r$$

$$\ln(S) \parallel N \left(\ln(F_t) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t), \sigma^2 (T-t) \right)$$

Si $S \leq F_T \Rightarrow \ln(S) \leq \ln(F_T)$, entonces:

$$c = e^{-i(T-t)} \int_{\ln(S)}^{\infty} \frac{(F_T e^{-r(T-t)} - S) e^{-\frac{\left[\ln(F_T) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t) \right]^2}{2\sigma^2(T-t)}}}{\sigma \sqrt{(T-t)} \sqrt{2\pi}} du$$

Sea ϕ la variable estandarizada, entonces:

$$\phi = \frac{\ln(S) - \mu}{\sigma} = \frac{\ln(S) - \ln(F) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t)}{\sigma \sqrt{(T-t)}} = \frac{\ln\left(\frac{S}{F}\right) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t)}{\sigma \sqrt{(T-t)}}$$

Sea κ la tasa constante de desplazamiento y $\delta t = T-t$, entonces:

$$F_T e^{\kappa \delta T + \sigma \delta z} \quad y \quad \phi = \frac{\ln\left(\frac{S}{F}\right) + \kappa \delta T}{\sigma \sqrt{\delta T}}$$

Lo que implica que:

$$c = e^{-i(T-t)} \int_{\phi}^{\infty} \frac{F_T e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2u}} du - S e^{-i(T-t)} \int_{\phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2u}} du$$

Sustituyendo F_T en c se tiene que:

$$c = e^{-i(T-t)} \int_{\phi}^{\infty} \frac{F_T e^{(\kappa+r-i)\delta T + \sigma u \sqrt{\delta T} - \frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2u}} du - S e^{-i(T-t)} N(-\phi)$$

Simplificando el exponente del primer argumento y sustituyendo κ se tiene que:

$$\begin{aligned}
 (\kappa+r-i)\delta T + \sigma u\sqrt{\delta T} - \frac{u^2}{2} &= \frac{2(\kappa+r-i)\delta T + 2\sigma u\sqrt{\delta T} - u^2}{2} \\
 &= -\frac{u^2 - 2(\sigma u\sqrt{\delta T} + \kappa\delta T)}{2} = -\frac{(u - \sigma\sqrt{\delta T})^2}{2}
 \end{aligned}$$

Entonces:

$$c = F_T \int_{\phi - \sigma\sqrt{\delta T}}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2u}} du - Se^{-i(T-t)} N(-\phi)$$

Dado que:

$$\begin{aligned}
 \phi - \sigma\sqrt{\delta T} &= \frac{\text{Ln}\left(\frac{S}{F}\right) + \kappa\delta T}{\sigma\sqrt{\delta T}} - \sigma\sqrt{\delta T} \\
 &= \frac{\text{Ln}\left(\frac{S}{F}\right) + \kappa\delta T + \sigma^2\delta T}{\sigma\sqrt{\delta T}} = \frac{\text{Ln}\left(\frac{S}{F}\right) + \frac{\sigma^2}{2}\delta T}{\sigma\sqrt{\delta T}} = -d_1
 \end{aligned}$$

Como $\delta T = T - t$ entonces:

$$\begin{aligned}
 c &= e^{-i(T-t)} F_0 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2u}} du - Se^{-i(T-t)} \int_{-\infty}^{\phi_2} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2u}} du \\
 &= e^{-i(T-t)} [F_0 N(d_1) - SN(d_2)]
 \end{aligned}$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\text{Ln}\left(\frac{F_0}{S}\right) + \frac{\sigma^2(T-t)}{2}}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad \text{y} \quad d_2 = \frac{\text{Ln}\left(\frac{F_0}{S}\right) - \frac{\sigma^2(T-t)}{2}}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

A continuación se presenta la ecuación de Black & Scholes para la valuación de opciones europeas de venta.

Dado que:

$$c = F_0 e^{-i(T-t)} \int_{-\infty}^{d_1} \frac{e^{-\frac{z^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - S e^{-i(T-t)} \int_{-\infty}^{d_2} \frac{e^{-\frac{z^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F_0}{S}\right) + \frac{\sigma^2(T-t)}{2}}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad \text{y} \quad d_2 = \frac{\ln\left(\frac{F_0}{S}\right) - \frac{\sigma^2(T-t)}{2}}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

Sustituyendo el valor de c empleando la paridad de compra venta, se obtiene la ecuación para valuar opciones europeas de venta, como sigue:

$$\begin{aligned} p &= c + S e^{-i(T-t)} - F_0 e^{-i(T-t)} \\ &= F_0 e^{-i(T-t)} N(d_1) - S e^{-i(T-t)} N(d_2) + S e^{-i(T-t)} - F_0 e^{-i(T-t)} \\ &= F_0 e^{-i(T-t)} [N(d_1) - 1] - S e^{-i(T-t)} [N(d_2) - 1] \\ &= S e^{-i(T-t)} N(-d_2) - F_0 e^{-i(T-t)} N(-d_1) \end{aligned}$$

Por lo tanto: $p = S e^{-i(T-t)} N(-d_2) - F_0 e^{-i(T-t)} N(-d_1)$

4.3.9 CONCEPTO DE GRIEGAS PARA EL MODELO BLACK SCHOLES

El *concepto de griegas*, es la estimación de cobertura ante movimientos en los factores de influencia (exógenos), lo que permite valuar el riesgo de pérdidas de los emisores sobre la inversión.

Dichas coberturas son conocidas como:

- a) Cobertura Delta.
- b) Cobertura Gamma.
- c) Cobertura Etha.
- d) Cobertura Theta.
- e) Cobertura Vega.
- f) Cobertura Rho.

COBERTURA DELTA

El cambio en el precio de la opción con respecto al cambio en el precio del futuro es lo que se conoce como *delta* de la opción. Se puede calcular, tomando la derivada parcial del precio de una opción de la ecuación de Black & Scholes con respecto al precio del futuro. La delta de una opción de compra es:

$$\begin{aligned}
 \Delta_c &= \frac{\partial}{\partial F_0} c = \frac{\partial}{\partial F_0} F_0 e^{-i(T-t)} N(d_1) - Se^{-i(T-t)} N(d_2) \\
 &= e^{-i(T-t)} N(d_1) + F_0 e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(d_1)}{\partial F_0} - Se^{-i(T-t)} \frac{\partial N(d_2)}{\partial d_2} \\
 &= e^{-i(T-t)} N(d_1) + F_0 e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(d_1)}{\partial F_0} \frac{\partial d_1}{\partial F_0} - Se^{-i(T-t)} \frac{\partial N(d_2)}{\partial d_2} \frac{\partial d_2}{\partial F_0} \\
 &= e^{-i(T-t)} N(d_1) + F_0 e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{F_0 \sigma \sqrt{T-t}} - Se^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_2^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{F_0 \sigma \sqrt{T-t}} \\
 &= e^{-i(T-t)} N(d_1) + \frac{e^{-i(T-t)} e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{\sigma \sqrt{T-t}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} - \frac{Se^{-i(T-t)} e^{-\frac{d_2^2}{2}}}{F_0 \sigma \sqrt{T-t}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \\
 &= e^{-i(T-t)} N(d_1)
 \end{aligned}$$

Donde se observa que:
$$e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} - \frac{Se^{-i(T-t)} e^{-\frac{d_2^2}{2}}}{F_0 \sqrt{2\pi}} = 0$$

Demostración:

$$\begin{aligned}
 e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} - \frac{Se^{-i(T-t)} e^{-\frac{d_2^2}{2}}}{F_0 \sqrt{2\pi}} &= 0 \Rightarrow e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} = \frac{Se^{-i(T-t)} e^{-\frac{d_2^2}{2}}}{F_0 \sqrt{2\pi}} \Rightarrow e^{-i(T-t)} = \frac{Se^{-i(T-t)} e^{-\frac{(d_1 - \sigma \sqrt{T-t})^2}{2}}}{F_0 \frac{e^{-\frac{d_2^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}}} \\
 &= \frac{Se^{-i(T-t)} \sqrt{2\pi} e^{-\frac{(d_1 - \sigma \sqrt{T-t})^2}{2}}}{F_0 e^{-\frac{d_2^2}{2}} \sqrt{2\pi}} = \frac{Se^{-i(T-t)} e^{-\frac{(d_1 - \sigma \sqrt{T-t})^2}{2} + \frac{d_2^2}{2}}}{F_0} = \frac{Se^{-i(T-t)} e^{-\frac{d_1^2 + 2d_1 \sigma \sqrt{T-t} - \sigma^2(T-t) + d_2^2}{2}}}{F_0} = \frac{Se^{-i(T-t)} e^{-\frac{\sigma^2(T-t) - 2d_1 \sigma \sqrt{T-t}}{2}}}{F_0} \\
 &= \frac{Se^{-i(T-t)} e^{-\frac{\sigma^2(T-t) - 2 \ln\left(\frac{F_0}{S}\right) + \sigma^2(T-t)}{2}}}{F_0} = \frac{Se^{-i(T-t)} e^{-\ln\left(\frac{F_0}{S}\right)}}{F_0} \\
 \Rightarrow e^{-i(T-t)} &= e^{-i(T-t)}
 \end{aligned}$$

La delta de la opción de compra es positiva en el signo, lo que implica que un incremento en el precio del futuro ocasiona que el precio de la opción aumente.

Cabe resaltar que la delta de las opciones de compra y venta, es muy útil para indicar el equivalente de contratos de futuros que se necesitan comprar o vender para cubrir una opción.

De la misma manera, la delta de la opción de venta es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 \Delta_p &= \frac{\partial}{\partial F_0} p = \frac{\partial}{\partial F_0} S e^{-i(T-t)} N(-d_2) - F_0 e^{-i(T-t)} N(-d_1) \\
 &= S e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(-d_2)}{\partial d_2} - e^{-i(T-t)} N(-d_1) - F_0 e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(-d_1)}{\partial F_0} \\
 &= S e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_2^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{F_0 \sigma \sqrt{T-t}} - e^{-i(T-t)} N(-d_1) - F_0 e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{F_0 \sigma \sqrt{T-t}} \\
 &= -e^{-i(T-t)} N(-d_1) + \frac{S e^{-i(T-t)} e^{-\frac{d_2^2}{2}}}{F_0 \sigma \sqrt{T-t}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} - \frac{e^{-i(T-t)} e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{\sigma \sqrt{T-t}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \\
 &= -e^{-i(T-t)} N(-d_1)
 \end{aligned}$$

Esta derivada es negativa porque un incremento en el precio del futuro ocasiona que el precio de la opción pierda valor.

COBERTURA GAMMA

La cobertura *gamma* es el cambio de la delta con respecto al precio del futuro. Por tanto, es necesario calcular la segunda derivada del precio de la opción de la ecuación de Black & Scholes con respecto al precio del futuro. La gamma de una opción de compra es:

$$\begin{aligned}
\Gamma_c &= \frac{\partial^2}{\partial F_0^2} c = \frac{\partial}{\partial F_0} \Delta_c = \frac{\partial}{\partial F_0} e^{-i(T-t)} N(d_1) \\
&= e^{-i(T-t)} \frac{\partial}{\partial F_0} N(d_1) \\
&= e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(d_1)}{\partial d_1} \frac{\partial d_1}{\partial F_0} \\
&= e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{\sqrt{2\pi} F_0 \sigma \sqrt{T-t}} \\
&= \frac{e^{-i(T-t)} e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{F_0 \sigma \sqrt{2\pi} (T-t)} \\
&= \frac{e^{-i(T-t)} N'(d_1)}{F_0 \sigma \sqrt{T-t}}
\end{aligned}$$

Y la gamma para una opción de venta es:

$$\begin{aligned}
\Gamma_p &= \frac{\partial^2}{\partial F_0^2} p = \frac{\partial}{\partial F_0} \Delta_p = \frac{\partial}{\partial F_0} -e^{-i(T-t)} N(-d_1) \\
&= -e^{-i(T-t)} \frac{\partial}{\partial F_0} [1 - N(d_1)] \\
&= e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(d_1)}{\partial d_1} \frac{\partial d_1}{\partial F_0} \\
&= e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{\sqrt{2\pi} F_0 \sigma \sqrt{T-t}} \\
&= \frac{e^{-i(T-t)} e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{F_0 \sigma \sqrt{2\pi} (T-t)} \\
&= \frac{e^{-i(T-t)} N'(d_1)}{F_0 \sigma \sqrt{T-t}}
\end{aligned}$$

En resumen, la cobertura gamma permite a los inversionistas medir la rapidez con la que se modifica la delta de compra y venta como consecuencia de los cambios en el valor del contrato del futuro. Además es importante señalar que si gamma es pequeña, esto significa que la delta está variando lentamente, y se deben realizar pocos ajustes para mantener una cartera delta neutral. Pero, si gamma es grande en términos absolutos, la delta es altamente sensible al precio del futuro, por lo

cual es arriesgado no introducir cambios en la cartera delta-neutral durante un largo periodo de tiempo.

COBERTURA ETHA

La cobertura *etha* sólo se utiliza cuando el inversionista está interesado en la elasticidad del precio de la opción con respecto al precio de contrato del futuro, es decir, la etha de la opción es el cambio de porcentaje en el precio de la opción con respecto al porcentaje de cambio en el precio de contrato del futuro. La elasticidad del precio de la opción de compra se presenta a continuación.

$$\begin{aligned}\eta_c &= \frac{F_0}{c} \frac{\partial c}{\partial F_0} = \Delta_c \frac{F_0}{c} \\ &= e^{-r(T-t)} N(d_1) \frac{F_0}{c}\end{aligned}$$

Mientras que la elasticidad de una opción de venta con respecto al precio del futuro es:

$$\begin{aligned}\eta_p &= \frac{F_0}{p} \frac{\partial p}{\partial F_0} = \Delta_p \frac{F_0}{p} \\ &= -e^{-r(T-t)} N(-d_1) \frac{F_0}{p}\end{aligned}$$

COBERTURA THETA

La *theta* es el cambio proporcional del precio de la opción con respecto al periodo que le resta a la opción para que expire. Se puede calcular tomando la derivada parcial del precio de la opción de la ecuación de Black & Scholes con respecto a la fecha de vencimiento. La theta de la opción de compra es:

$$\begin{aligned}
 \theta_c &= \frac{\partial}{\partial(T-t)} c = \frac{\partial}{\partial(T-t)} F_0 e^{-i(T-t)} N(d_1) - S e^{-i(T-t)} N(d_2) \\
 &= F_0 \frac{\partial}{\partial(T-t)} e^{-i(T-t)} N(d_2 + \sigma\sqrt{T-t}) - S N(d_2) \frac{\partial}{\partial(T-t)} e^{-i(T-t)} \\
 &= F_0 \left[e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_2^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \frac{\partial}{\partial(T-t)} (d_2 + \sigma\sqrt{T-t}) + i e^{-i(T-t)} N(d_1) \right] - i S e^{-i(T-t)} N(d_2) \\
 &= -\frac{F_0 \sigma e^{-i(T-t)} N'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} + i F_0 e^{-i(T-t)} N(d_1) - i S e^{-i(T-t)} N(d_2)
 \end{aligned}$$

A veces, a theta se le llama el decaimiento temporal de la cartera, ya que el precio de la opción va disminuyendo conforme se acerca a la fecha de vencimiento.

En la ecuación anterior, el tiempo se mide en años. Normalmente, para el coeficiente theta, el tiempo está medido en días, es decir que theta es el cambio en el valor de la cartera cuando pasa un día permaneciendo lo demás constante. La theta puede medirse por día calendario (365 días) o por día de negociación (252)³. Por tanto la theta de la opción de compra por día calendario es:

$$\theta_c = \frac{1}{365} \left[-\frac{F_0 \sigma e^{-i(T-t)} N'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} + i F_0 e^{-i(T-t)} N(d_1) - i S e^{-i(T-t)} N(d_2) \right]$$

Así la theta de la opción de venta es:

$$\begin{aligned}
 \theta_p &= \frac{\partial}{\partial(T-t)} p = \frac{\partial}{\partial(T-t)} S e^{-i(T-t)} N(-d_2) - F_0 e^{-i(T-t)} N(-d_1) \\
 &= S N(-d_2) \frac{\partial}{\partial(T-t)} e^{-i(T-t)} - F_0 \frac{\partial}{\partial(T-t)} e^{-i(T-t)} N(-d_2 - \sigma\sqrt{T-t}) \\
 &= i S e^{-i(T-t)} N(-d_2) - F_0 \left[e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_2^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \frac{\partial}{\partial(T-t)} (-d_2 - \sigma\sqrt{T-t}) + i e^{-i(T-t)} N(-d_1) \right] \\
 &= i S e^{-i(T-t)} N(-d_2) - \frac{F_0 \sigma e^{-i(T-t)} N'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} - i F_0 e^{-i(T-t)} N(-d_1) \\
 &= -\frac{F_0 \sigma e^{-i(T-t)} N'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} - i F_0 e^{-i(T-t)} N(-d_1) + i S e^{-i(T-t)} N(-d_2)
 \end{aligned}$$

³ En este trabajo se considera el día calendario.

En este caso, la theta también se puede medir en años, entonces se tiene que:

$$\theta_p = \frac{1}{365} \left[-\frac{F_0 \sigma e^{-i(T-t)} N'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} - iF_0 e^{-i(T-t)} N(-d_1) + iS e^{-i(T-t)} N(-d_2) \right]$$

Theta es una medida de sensibilidad más que una cobertura, pues hay incertidumbre sobre el precio del futuro pero no sobre el paso del tiempo. Tiene sentido cubrirse contra variaciones en el precio del contrato del futuro, pero no tiene sentido cubrirse en una cartera de opciones contra los efectos del paso del tiempo. A pesar de esto, muchos inversionistas ven al coeficiente theta como un estadístico descriptivo útil para una cartera.

COBERTURA VEGA

La *vega* representa al cambio proporcional del precio de la opción con respecto a la volatilidad del subyacente. Por lo tanto, es necesario calcular la derivada parcial del precio de la opción de la ecuación de Black & Scholes con respecto a volatilidad.

La vega de una cartera representa la tasa de variación, del valor de la cartera con respecto a la volatilidad del contrato del futuro.

La vega de la opción de compra es:

$$\begin{aligned} \Lambda_c &= \frac{\partial}{\partial \sigma} c = \frac{\partial}{\partial \sigma} F_0 e^{-i(T-t)} N(d_1) - S e^{-i(T-t)} N(d_2) \\ &= F_0 e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(d_1)}{\partial \sigma} - S e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(d_2)}{\partial \sigma} \\ &= F_0 e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(d_1)}{\partial d_1} \frac{\partial d_1}{\partial \sigma} - S e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(d_2)}{\partial d_2} \frac{\partial d_2}{\partial \sigma} \\ &= F_0 e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{\partial d_1}{\partial \sigma} - \frac{\partial d_2}{\partial \sigma} \right] \\ &= F_0 e^{-i(T-t)} N'(d_1) \sqrt{T-t} \end{aligned}$$

Observación:

$$\begin{aligned} \frac{\partial d_1}{\partial \sigma} - \frac{\partial d_2}{\partial \sigma} &= \left[\frac{\ln\left(\frac{F_0}{S}\right)}{\sigma^2 \sqrt{T-t}} + \frac{\sqrt{T-t}}{2} \right] - \left[\frac{\ln\left(\frac{F_0}{S}\right)}{\sigma^2 \sqrt{T-t}} - \frac{\sqrt{T-t}}{2} \right] \\ &= \frac{\sqrt{T-t}}{2} + \frac{\sqrt{T-t}}{2} \\ &= \sqrt{T-t} \end{aligned}$$

La vega de una opción de venta está dado por:

$$\begin{aligned} \Lambda_p &= \frac{\partial}{\partial \sigma} p = \frac{\partial}{\partial \sigma} S e^{-i(T-t)} N(-d_2) - F_0 e^{-i(T-t)} N(-d_1) \\ &= S e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(-d_2)}{\partial \sigma} - F_0 e^{-i(T-t)} \frac{\partial N(-d_1)}{\partial \sigma} \\ &= S e^{-i(T-t)} \left(-\frac{\partial N(d_2)}{\partial d_2} \right) \left(-\frac{\partial d_2}{\partial \sigma} \right) - F_0 e^{-i(T-t)} \left(-\frac{\partial N(d_1)}{\partial d_1} \right) \left(-\frac{\partial d_1}{\partial \sigma} \right) \\ &= F_0 e^{-i(T-t)} \frac{e^{-\frac{d_i^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \left[-\frac{\partial d_2}{\partial \sigma} + \frac{\partial d_1}{\partial \sigma} \right] \\ &= F_0 e^{-i(T-t)} N'(d_1) \sqrt{T-t} \end{aligned}$$

Se puede pensar que el cálculo de vega a partir de la ecuación de Black & Scholes es extraño, ya que uno de los supuestos de este modelo es que la volatilidad es constante. Sería teóricamente correcto calcular vega a partir de un modelo con volatilidad estocástica. Sin embargo, resulta que la vega calculada a partir de modelos con volatilidad estocástica es muy similar a calcular la vega de Black & Scholes.

Dado que esta cobertura cuantifica el cambio en el valor de las opciones debido a cambios en la volatilidad del contrato del futuro. Se expresa en términos monetarios de la manera siguiente:

$$\Lambda_v = \Lambda_p = \frac{F_0 e^{-i(T-t)} N'(d_1) \sqrt{T-t}}{100}$$

COBERTURA RHO

La cobertura *rho* es el cambio proporcional del precio de la opción con respecto a la tasa de interés libre de riesgo. Se puede calcular, tomando la derivada parcial del precio de la opción de la ecuación de Black & Scholes con respecto a la tasa de interés libre de riesgo. La rho de una opción de compra es:

$$\begin{aligned} \rho_c &= \frac{\partial}{\partial i} c = \frac{\partial}{\partial i} F_0 e^{-i(T-t)} N(d_1) - S e^{-i(T-t)} N(d_2) \\ &= F_0 N(d_1) \frac{\partial}{\partial i} e^{-i(T-t)} - SN(d_2) \frac{\partial}{\partial i} e^{-i(T-t)} \\ &= F_0 N(d_1) \left[-(T-t) e^{-i(T-t)} \right] - SN(d_2) \left[-(T-t) e^{-i(T-t)} \right] \\ &= S e^{-i(T-t)} N(d_2) (T-t) - F_0 e^{-i(T-t)} N(d_1) (T-t) \\ &= \left[SN(d_2) - F_0 N(d_1) \right] e^{-i(T-t)} (T-t) \end{aligned}$$

La rho de una opción de venta es:

$$\begin{aligned} \rho_p &= \frac{\partial}{\partial i} p = \frac{\partial}{\partial i} S e^{-i(T-t)} N(-d_2) - F_0 e^{-i(T-t)} N(-d_1) \\ &= SN(-d_2) \frac{\partial}{\partial i} e^{-i(T-t)} - F_0 N(-d_1) \frac{\partial}{\partial i} e^{-i(T-t)} \\ &= SN(-d_2) \left[-(T-t) e^{-i(T-t)} \right] - F_0 N(-d_1) \left[-(T-t) e^{-i(T-t)} \right] \\ &= F_0 e^{-i(T-t)} N(-d_1) (T-t) - S e^{-i(T-t)} N(-d_2) (T-t) \\ &= \left[F_0 N(-d_1) - SN(-d_2) \right] e^{-i(T-t)} (T-t) \end{aligned}$$

Debido a que esta cobertura cuantifica el cambio en el valor de las opciones debido a cambios en la tasa de interés libre de riesgo nacional se tiene lo siguiente.

$$\rho_c = \frac{\left[SN(d_2) - F_0 N(d_1) \right] e^{-i(T-t)} (T-t)}{100} \quad \text{y} \quad \rho_p = \frac{\left[F_0 N(-d_1) - SN(-d_2) \right] e^{-i(T-t)} (T-t)}{100}$$

CONCLUSIONES

Al establecer las variables que influyen en la determinación del precio de las opciones sobre futuros, debe quedar claro que las opciones sobre contratos de futuros requieren la entrega en su ejercicio del contrato de futuros subyacentes en el momento del ejercicio, de hecho el contrato de futuros que se entrega normalmente vence poco más tarde que la opción que se negoció.

Es importante identificar la relación que hay entre el precio del futuro y el precio de liquidación, para establecer el momento más conveniente para ejercer la opción, dicha relación se reconoce como valor intrínseco de la opción. Cuando el valor intrínseco es positivo la opción está dentro de dinero, pues representa el valor de las opciones en algún momento dado.

Al analizar el concepto de límites para las opciones sobre futuros, se tiene que las opciones europeas de compra tienen valor equivalente o igual a las opciones americanas de compra sobre el mismo contrato de futuros, situación contraria que se presenta con las opciones europeas de compra que tienen valor menor que las opciones americanas de venta.

Mediante la consideración de dos carteras, una con un contrato europeo de compra y otra con un contrato europeo de venta, se pueden determinar algunas relaciones entre las opciones, lo cual se conoce como la paridad de compra venta para las opciones europeas. De igual forma al considerar dos carteras, una con un contrato americano de compra y otra con un contrato americano de venta se encuentra la paridad de compra venta, sólo que en este caso los precios de las opciones están acotados inferior y superiormente.

El modelo binomial permite valorar opciones sobre contratos de futuros de compra o venta. El árbol binomial que modela sólo un periodo de la opción permite establecer una cartera libre de riesgo sobre contratos de futuros. Es interesante notar que no se necesitan supuestos adicionales sobre las probabilidades de movimientos de subida y de bajada en los precios de los futuros en cada nodo.

Cuando los movimientos en el precio de los futuros están gobernados por un modelo binomial a n-periodos, se puede tratar cada período binomial por separado y trabajar hacia atrás, es decir desde el final de la vida de la opción hasta el principio para obtener su valor actual. Nuevamente al utilizar el argumento de no arbitraje no se necesitan supuestos sobre las probabilidades de movimientos de subida y de bajada en los precios de los futuros en cada nodo.

El modelo de Black & Scholes a diferencia del método binomial, permite valorar únicamente opciones europeas sobre contratos de futuros, suponiendo que el

precio de los futuros tiene volatilidad constante se puede decir que los precios de los futuros se distribuyen lognormalmente al vencimiento de la opción.

Mediante el desarrollo de derivadas parciales con respecto a alguna variable dada de la ecuación de Black & Scholes, se construyen medidas de sensibilidad que permiten a los inversionistas analizar estrategias que los protejan contra riesgos financieros.

CAPÍTULO 5

OBJETIVOS

Describir las cualidades y funciones del sistema.

Proporcionar una manera sencilla de utilizar el sistema mediante ejemplos para la valuación de opciones sobre futuros.

5.1 DISEÑO DEL SISTEMA

5.1.1 ORIGEN DEL SISTEMA

La Futures Industry Association (FIA) señaló que durante 2004 se negociaron 5,378.95 millones de contratos de opciones y 3,487.53 millones de contratos de futuros, el incremento en el volumen de negociación de contratos de opciones y futuros ha influido en la creación de mercados organizados, sin embargo el volumen negociado en los mercados extrabursátiles es mayor. Por otro lado, como ya se había mencionado anteriormente, hablando específicamente del mercado de opciones sobre futuros se sabe que dichos contratos son más líquidos y fáciles de negociar que un activo subyacente incrementándose la eficiencia en los mercados, lo cual atrae a muchos inversionistas.

Gracias al éxito creciente del mercado de derivados y debido al desarrollo teórico sobre las opciones sobre futuros, es que se fundamenta el análisis y diseño para implementar el sistema que permita valorar dichos contratos. Por esta razón, los modelos *Cox, Ross & Rubinstein* y *Black & Scholes* son la base teórica de los algoritmos de valuación e indican la información necesaria para valorar los contratos.

La idea principal de este trabajo es motivar a los actuarios para que se analicen desarrollen y negocien contratos de opciones sobre futuros, ya que éstos podrían generar ganancias que influyan en el crecimiento del mercado mexicano.

La visión del sistema contempla los módulos para valorar contratos de futuros, opciones de compra y opciones de venta, asimismo cuenta con ligas de conexión: MexDer (www.mexder.com.mx) proporciona las posturas de compra y venta de futuros; Banco de México (www.banxico.org.mx) proporciona la tasa CETE91 y la Federal Reserve (www.federalreserve.gov) proporciona la tasa de TCM3M.

Cabe destacar, que el módulo para valorar futuros se integró al sistema debido a la naturaleza del tema, por lo que si no se cuenta con el precio del futuro puede evaluarse y después introducirse en los espacios requeridos para valorar opciones sobre futuros como se observa más adelante.

Se puede ver que el sistema identifica a los usuarios por medio de *login* y *password*. Es sencillo y fácil de usar permitiendo minimizar los errores. Los menús del sistema están organizados para que los usuarios realicen las consultas eficientemente.

5.1.2 REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

El sistema que permite valuar opciones sobre futuros, está desarrollado en plataforma **UNIX**¹, empleando el sistema operativo **Linux**² de *Red Hat 9* que provee el servidor **WEB Apache**³ 1.3.23-14 que ejecuta e interpreta el lenguaje de programación **PHP**⁴ 4.1.2-7 para interactuar con el sistema gestor de base de datos es **PostgreSQL**⁵ 7.2.1-5 y generar código **HTML**⁶ semidinámico

El sistema requiere el nodo de las características siguientes:

Procesador AMDK6-2 o Intel Pentium II de 400 MHZ o equivalente, 128 MB de memoria RAM, 1.8 GB de disco duro, tarjeta de video de 8 MB de memoria, tarjeta de red 10/100 MBS, monitor SVGA, teclado y ratón.

Además requiere de una conexión de red de 10 MBS para operar bajo la arquitectura cliente/servidor.

Sin embargo el sistema fue creado con el nodo de las características siguientes:

Procesador AMD Athlon de 1 GHZ, 256 MB de memoria RAM, DDR PC100, 40 GB de disco duro, tarjeta de red 100 MBS, monitor Acer V771, teclado y ratón.

¹ Sistema operativo especializado en capacidades multiusuario y multitarea, el cual es la base inicial de Internet. Está escrito en lenguaje **C**.

² Sistema operativo, totalmente gratuito. Su objetivo inicial es impulsar el software de distribución libre junto con el código fuente para que éste pueda ser modificado. Versión de distribución libre del sistema operativo **UNIX**.

³ Servidor **WEB**, el cual ejecuta las aplicaciones **PHP** y administra las rutinas del control de memoria mediante **HTTP**, permitiendo conexiones remotas con los usuarios.

⁴ De *Personal Home Page* y ahora *Professional HyperText Procesor*. Procesador de Hipertexto Profesional. Lenguaje de programación con sintaxis de programación similar a los lenguajes **C** y **PERL** tipo *scrip* de distribución libre bajo licencia de fuente abierta que es interpretado por el servidor **WEB Apache**, el cual genera código **HTML** semidinámico.

⁵ Sistema gestor de bases de datos relacionales orientadas a objetos (Objeto Relacional). **PostgreSQL** es el sistema gestor de bases de datos de código abierto más avanzado hoy en día, ofreciendo control de concurrencia multiversión, soportando casi toda la sintaxis **SQL** (incluyendo subconsultas, transacciones, tipos y funciones definidas por los usuarios), cuenta con amplio conjunto de enlaces a lenguajes de programación (Incluyendo **C**, **C++**, **Java**, **PERL**, **TCL**, **PITHON** y **PHP**).

⁶ De *HyperText Transfer Protocol*, lenguaje de etiquetas de hipertexto. Lenguaje utilizado para el desarrollo de páginas **WEB** basado en etiquetas de hipertexto.

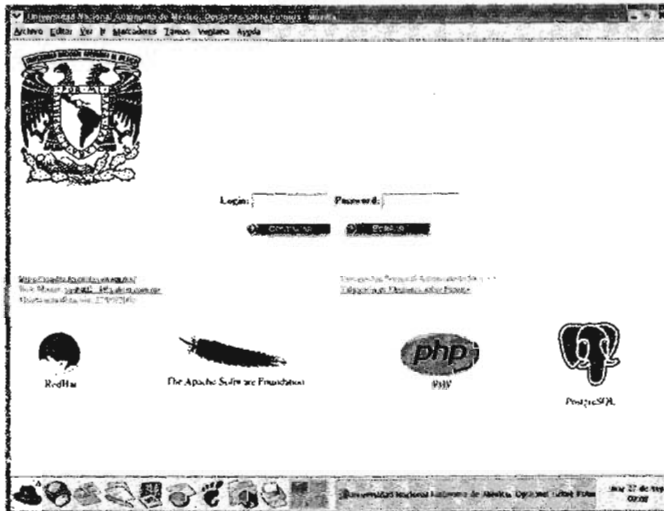
5.2 MANUAL DE USUARIO

5.2.1 PRESENTACIÓN

Es posible acceder a la página para valuación de opciones sobre futuros en internet tecleando en el navegador la siguiente dirección:

<https://sandra.fciencias.unam.mx/Futuros.php3>

Al hacerlo, aparece la pantalla siguiente:

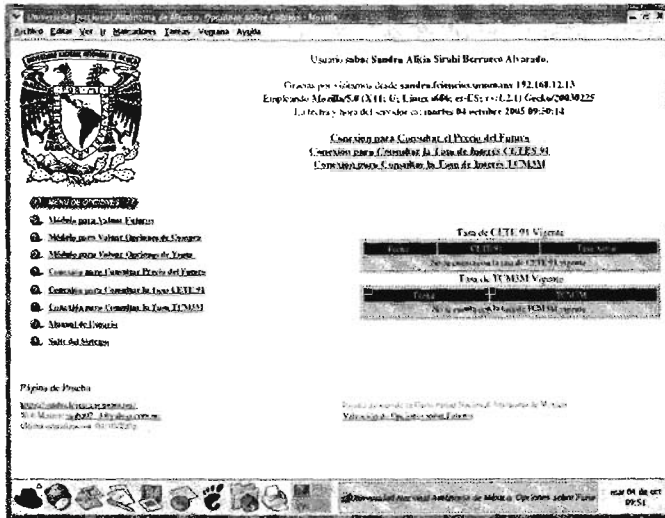


Se debe ingresar, en el espacio correspondiente al Login, el nombre de usuario y en el de Pasword, la contraseña. Existe diferencia entre mayúsculas y minúsculas para las contraseñas.

Al presionar "enter" o continuar, el sistema conduce a la segunda pantalla. Ésta es la pantalla correspondiente al menú principal y presenta ocho opciones para moverse dentro del sistema.

5.2.2 MENÚ PRINCIPAL

Despliega la pantalla siguiente:



Las opciones que presenta son:

1. Módulo para Valuar Futuros.
2. Módulo para Valuar Opciones de Compra.
3. Módulo para Valuar Opciones de Venta.
4. Conexión para consultar Precio del Futuro.
5. Conexión para consultar la Tasa CETE 91.
6. Conexión para consultar la Tasa TCM3M.
7. Manual de Usuario.
8. Salir del sistema.

Las opciones 1, 2 y 3 son la parte fundamental del sistema, ya que es aquí donde el usuario tiene la oportunidad de valuar contratos de futuros o bien opciones de compra y venta respectivamente ingresando ciertos datos.

Las opciones 4, 5 y 6 son ligas a la página del MexDer, del Banco de México y de la Federal Reserve. En estas páginas se proporciona información actualizada de las posturas de compra y venta del precio del futuro, de la tasa Cete 91 y la tasa TCM3M respectivamente. Cabe mencionar que estos datos son obtenidos para los

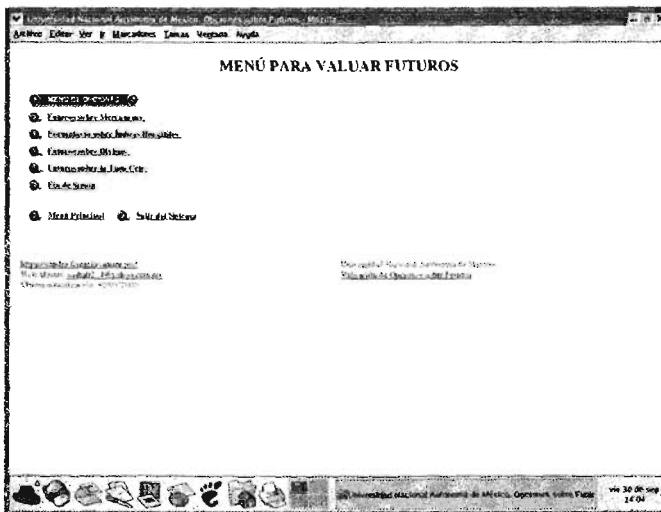
días hábiles, por lo tanto los fines de semana, el sistema presenta los datos del viernes.

El menú de opciones también permite acceder al manual de usuario con formato pdf, para aquellos que tengan dudas sobre como utilizar el sistema.

Finalmente esta página presenta la opción para salir del sistema y así cerrar la sesión evitando que se haga mal uso del sistema.

5.2.3 MÓDULO PARA VALUAR FUTUROS

Ésta es la primera opción que se presenta en el menú principal, se busca que se calculen futuros sobre mercancías, futuros sobre índices bursátiles, futuros sobre divisas y futuros sobre la tasa cete. Al seleccionar *Módulo para Valorar Futuros* aparece la pantalla siguiente:



En esta página se puede elegir el tipo de futuro que se desea valorar, por ejemplo si se opta por *Futuros sobre Mercancías* se despliega la pantalla siguiente:

FORMA DE INGRESO PARA FUTUROS SOBRE MERCANCIAS

No se genera con la tasa de CETEX91 vigente:

Precio de la Mercancía:

Tasa de Interés CETEX91:

Costo de Almacenamiento:

Tiempo Remanente (Días / Mes):

Los atributos son obligatorios.

CONTINUAR / BORRAR

Mostrar Datos Salir del Sistema

Página de Prueba

Universidad Nacional Autónoma de México
Subsistema de Gestión de Datos

Universidad Nacional Autónoma de México, Operativa sobre Fijero

vie 30 de sep 14:05

Se deben ingresar los datos que se solicitan para poder continuar y valorar la opción. Es importante recordar que los valores referentes a precio de la mercancía y costo de almacenamiento deben ser positivos, en caso contrario, el sistema enviará un mensaje de error. También la tasa Cete91 debe ser positiva. Por otro lado el tiempo remanente debe estar entre 1 y 360 días.

Considerando un contrato de futuros sobre el oro a un año. Suponiendo que almacenar el oro cuesta \$2.00 por onza al año, con liquidación al final del año, además el precio al contado es de \$450.00 y el tipo de interés libre de riesgo es el 7% anual para todos los vencimientos.

Integrando los datos del ejercicio anterior, se tiene la pantalla siguiente:

FORMA DE INGRESO PARA FUTUROS SOBRE MERCANCIAS

No se genera con la tasa de CETEX91 vigente:

Precio de la Mercancía:

Tasa de Interés CETEX91:

Costo de Almacenamiento:

Tiempo Remanente (Días / Mes):

CONTINUAR / BORRAR

Mostrar Datos Salir del Sistema

Universidad Nacional Autónoma de México
Subsistema de Gestión de Datos

Universidad Nacional Autónoma de México, Operativa sobre Fijero

vie 30 de sep 14:05

Una vez ingresados los datos en el sistema y presionar continuar se obtiene el valor del futuro desplegándose la pantalla siguiente:

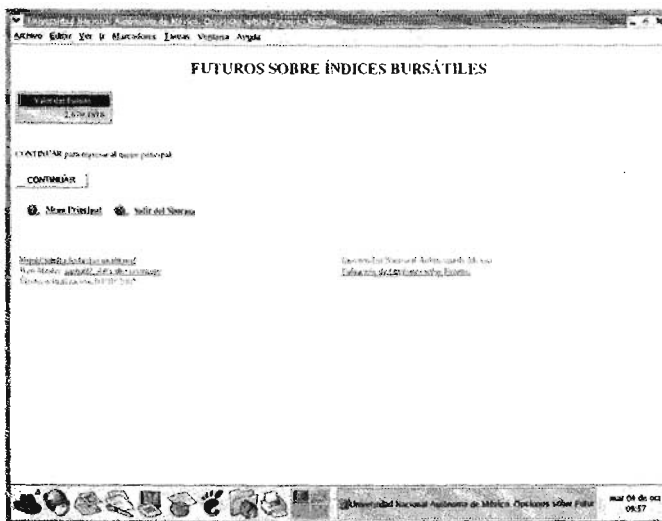


En este caso, el precio del futuro a un año es de \$482.63.

Como se mencionó, el *Menú para Valuar Futuros* calcula el valor de los futuros sobre índices, divisas y tasa cete, por lo que se consideran los ejemplos siguientes:

- a) Suponiendo un futuro que se pacta a tres meses sobre el IPC, se tiene que en promedio el índice paga una tasa de dividendos de 3% al año y que la tasa de interés libre de riesgo es de 15% anual. El nivel del índice al momento de ser pactado es 2,600 y se le asigna un valor de un peso por punto.

Una vez ingresados los datos en el sistema y presionar continuar se obtiene el valor del futuro apareciendo la pantalla siguiente:



Se observa que el precio del futuro a tres meses es de \$2,679.18.

- b) Considerando que el tiempo de vigencia de un contrato de futuros sobre dólares es de 3 meses. Suponiendo que la tasa de interés en el mercado mexicano es de 7.95%, la tasa de interés anual en el mercado estadounidense es de 1.72% y el tipo de cambio es de \$11.4290 por dólar.

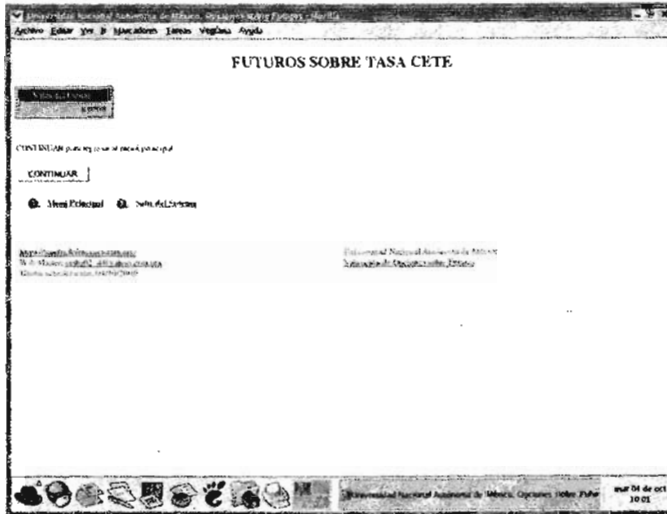
Una vez ingresados los datos en el sistema y presionar continuar se obtiene el valor del futuro desplegándose la pantalla siguiente:



Por lo tanto, el precio del futuro a tres meses es de \$11.61.

c) Suponiéndose que se emite un futuro a tres meses sobre Cetes a 360 días, la tasa forward a 360 días es igual a 21.93% y con valor nominal de \$10.00.

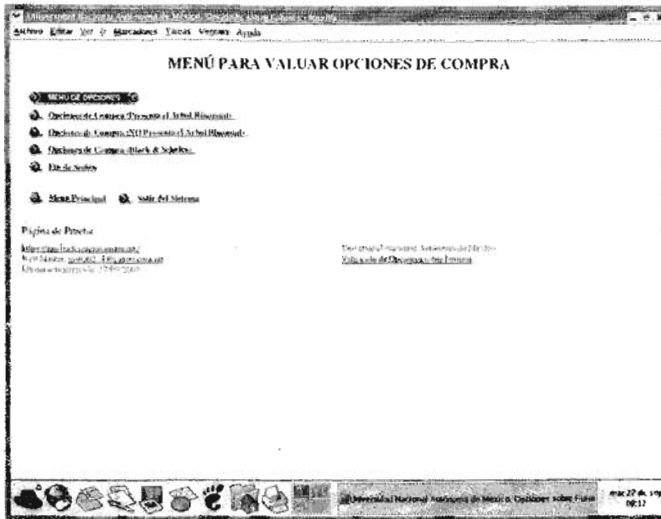
Una vez ingresados los datos en el sistema y presionar continuar se obtiene el valor del futuro apareciendo la pantalla siguiente:



En este caso, el valor del futuro es de \$8.03.

5.2.4 MÓDULO PARA VALUAR OPCIONES DE COMPRA

El menú principal presenta esta opción en la cual, se calcula el valor de la prima del contrato que se desea negociar. Al seleccionar el *Módulo para Valorar Opciones de Compra* se despliega la pantalla siguiente:



Como se puede observar el sistema no hace diferencia entre una opción europea y americana, por tratarse de opciones de compra.

Dentro de esta página se debe elegir el modelo con el cual se va a negociar el contrato, por ejemplo si se opta por la *Opción de Compra* (Presenta el Árbol Binomial) aparece la pantalla siguiente:

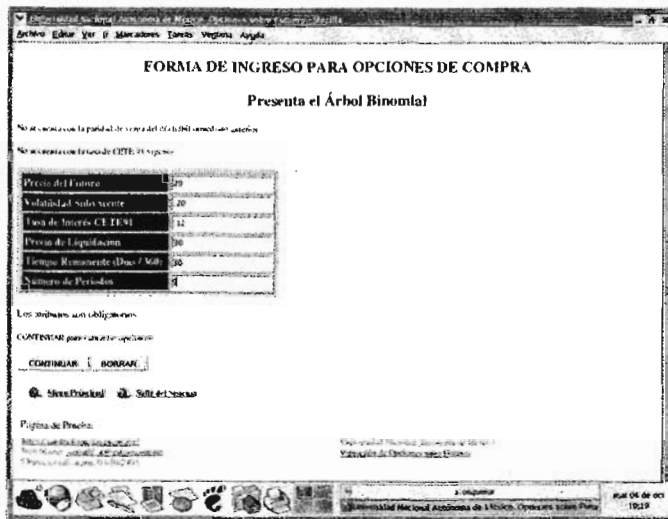


Se deben ingresar los datos que se solicitan para poder continuar y valorar la opción. Es importante recordar que los valores referentes a los precios de liquidación y del subyacente deben ser positivos, en caso contrario, el sistema

marcará error. También las tasas y la volatilidad deben ser positivas. El tiempo remanente debe estar entre 1 y 360 días.

Considerando una opción de compra sobre un contrato de futuros de petróleo a un mes cuando el precio del futuro es de \$29, el precio de ejercicio es de \$30 y el tipo de interés libre de riesgo es del 12% anual, y la volatilidad del precio de futuros es del 20% anual. Modelar el precio subyacente como un proceso binomial multiplicativo a cinco periodos.

Integrando los datos del ejercicio anterior, se tiene la pantalla siguiente:



Al presionar continuar, se despliega la pantalla siguiente:



La parte superior del rombo que presenta el sistema es el árbol binomial en cinco periodos (aunque el sistema puede calcular hasta noventa y nueve periodos). La parte inferior es el cálculo del precio de la opción en el periodo inicial que se obtiene empleando el principio de Bellman. En este ejemplo, el valor de la opción de compra a un mes es de \$0.2858.

El caso en el que se elige valuar la opción mediante el modelo de Black & Scholes se pueden ver los valores de las griegas. Si se consideran los datos del ejemplo anterior. Es decir, precio del futuro de \$29, precio de ejercicio de \$30, el tipo de interés libre de riesgo del 12% anual, la volatilidad del precio de futuros es del 20% anual pero con fecha de vencimiento a cinco meses, y se ingresan en el sistema se tiene la pantalla siguiente:

FORMA DE INGRESO PARA OPCIONES DE COMPRA

No se cuenta con la pantalla de venta del tipo binomial de opción

No se cuenta con la tasa de USD-91 vigente

Precio del Futuro	29
Volatilidad No-hedgiada	20
Tasa de Interés (T.F.R.)	12
Precio de Liquidación	30
Tiempo Remanente (Días / Año)	150

CONTINUAR para valuar la opción

Mostrar Griegas Mostrar Delta

Universidad Nacional Autónoma de México
 Facultad de Economía
 División de Estudios de Posgrado

Universidad Nacional Autónoma de México
 Subsecretaría de Investigación Científica

Computo mar 04 de oct
 10:22

Al presionar continuar, aparece la pantalla siguiente:



Donde se puede observar, que el costo de la prima es de \$0.5533. El valor de delta es de 0.3516, esto significa que se requieren comprar o vender poco más de una tercera parte de un futuro de \$29 para hacer frente a sus obligaciones, es decir de $0.33F_0$ a $0.35F_1$. El valor de gamma es de 0.1464, es decir un aumento en el precio del petróleo por un punto porcentual incrementará la delta a 0.4980 y una reducción la disminuirá a 0.2052. El valor de vega es 0.0440, lo que significa que un incremento en la volatilidad del precio del petróleo de 1% causará un aumento en el precio de la opción en \$0.04. El valor de theta es de -0.0027, es decir que el precio de la opción en un día se reducirá 0.0027. El valor de etha 12.0745. El valor de rho es -0.0023.

5.2.5 MÓDULO PARA VALUAR OPCIONES DE VENTA

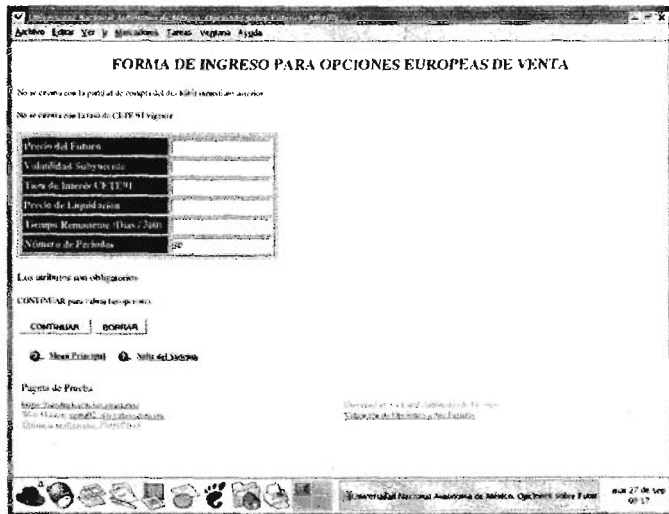
Desde el menú principal se puede ir al módulo que permite valuar opciones de venta. Al igual que en las opciones de compra, éste presenta un menú en el que se puede escoger la forma en que el sistema debe realizar los cálculos.

Desplegándose la pantalla siguiente:



Este módulo hace diferencia entre las opciones americanas y europeas. Por lo cual, hay cinco opciones en el menú referentes a la valuación de opciones de venta: las dos primeras valúan opciones americanas y a partir de la tercera opción se evalúan opciones europeas de venta.

Dentro de esta página se debe seleccionar el modelo con el cual se va a negociar el contrato, por ejemplo se puede elegir *Opción Europea de Venta (NO Presenta Árbol Binomial)*, y aparece la pantalla siguiente:



Los valores que se ingresen también deben ser positivos, en caso contrario el sistema envía un mensaje de error, lo que impide el cálculo del modelo seleccionado.

Suponiendo una opción de venta sobre un contrato de futuros de café a cuatro meses cuando el precio del futuro es de \$20, el precio de ejercicio es de \$20 y el tipo de interés libre de riesgo es del 9% anual, y la volatilidad del precio de futuros es del 25% anual. Modelar el precio subyacente como un proceso binomial multiplicativo a cinco periodos.

Al presionar continuar se despliega la pantalla que contiene los cálculos solicitados.



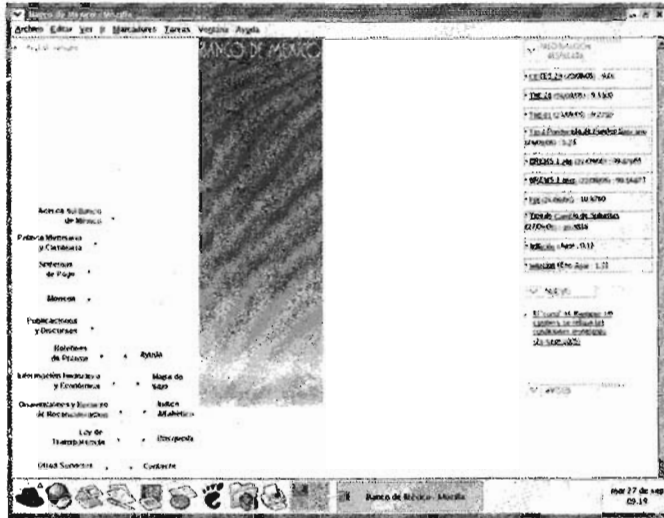
Se puede observar para este caso que el costo de la prima es de \$1.17332.

5.2.6 LIGAS

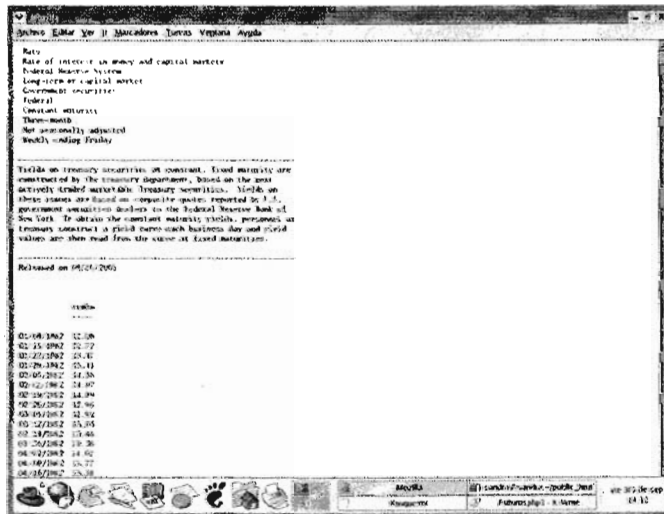
El menú principal también ofrece la posibilidad de visitar la página del Banco de México para consultar la tasa CETE 91 así como la página del MexDer para consultar las posturas de compra venta de los futuros que son negociados también se puede consultar la página de la Federal Reserve que presenta la TCM3M desde 1982.

A continuación se muestran las pantallas que se despliegan al dirigirse a dichas ligas.

Banco de México



Federal Reserve



5.2.7 SALIR DEL SISTEMA

Finalmente, la opción "Salir del Sistema" lleva a la página de inicio, en la que es necesario ingresar nuevamente las claves de acceso. O bien, cerrar la sesión y seguir navegando en Internet.

CONCLUSIONES

El análisis y diseño del sistema está en función a las necesidades de la valuación de opciones, considerando únicamente los modelos *Cox, Ross & Rubinstein* y *Black & Scholes*, es decir, el sistema realiza el cómputo de las operaciones para conocer el precio de los contratos de futuros así como los precios de opciones emitidas sobre contratos de futuros, considerando las características necesarias mínimas que requieren los inversionistas. Bajo este argumento se puede decir que el sistema cuenta con varias limitaciones, entre las que destacan las siguientes:

- 1) El sistema únicamente maneja contratos americanos y europeos, de compra y de venta.
- 2) El sistema no permite el registro de posturas de compra y venta, solamente se negocian los contratos.
- 3) El sistema no considera costos de comisión y régimen fiscal.

El ambiente de implementación del sistema es totalmente gratuito, de distribución libre, multiusuario y multitarea, lo que permitió desarrollar un prototipo de calidad y bajo costo que da a los usuarios la posibilidad de valuar contratos y tomar decisiones respecto a la postura.

CONCLUSIONES

El resultado del análisis de los métodos de *Cox, Ross & Rubinstein* y *Black & Scholes*, es satisfactorio considerando que se parte de una generalización para valuar opciones y en base a ésta se obtienen resultados para valuar opciones sobre futuros, ya que la importancia de dichos contratos radica en la liquidez que genera en los mercados, sin embargo son instrumentos que en México aún no se negocian.

Es importante hacer notar que el actuario es el profesionalista indicado, por su formación académica, para desarrollar aplicar y promover modelos que permitan valuar opciones, así como analizar coberturas que se adapten a las necesidades y posibles riesgos de los empresarios mexicanos, ya que aplicando y difundiendo estos conocimientos mediante asesoría y consultoría se pueden evitar cuantiosas pérdidas de inversionistas. De esta forma se administra o transfiere el riesgo del mercado pudiendo cumplir con sus compromisos y aumentando el rendimiento esperado por la inversión, así la valuación de opciones sobre futuros pretende contribuir con el objetivo principal del Mercado Mexicano de Derivados.

Por otro lado, la motivación para desarrollar el sistema de valuación de opciones sobre futuros, es que el MexDer cuenta con el sistema electrónico **S/SMART** que **MEFF** (Mercado Español de Futuros y Opciones Financieros) utiliza para la negociación, compensación y liquidación de sus mercados, así el sistema desarrollado en este trabajo, pretende ser el prototipo para desarrollar un sistema de alta calidad y bajo costo, que mediante el uso de la metodología y herramientas adecuadas, pueda ser utilizado en instituciones mexicanas. Aunque se pueden emplear sistemas con Red Hat Enterprise, Bases de Datos como Oracle, si se desea. Pues no solamente existe la posibilidad de licencias libres, tal como Red Hat Enterprise y Oracle que es un DBMS muy costoso pero muy poderoso.

De este modo, la participación de los actuarios en la creación de nuevos instrumentos, como las opciones sobre futuros, da paso a una cultura sobre la cobertura factible de obtener, protegiendo a los inversionistas en contra de los cambios adversos que se pueden sufrir con respecto a una posición determinada dentro del mercado, lo cual representa una gran responsabilidad y compromiso por parte del actuario.

BIBLIOGRAFIA

Boyle, Phelim P. "Options and the management of financial risk." Society of Actuaries 1992.

Castorns Monsell, Catherine. "Las nuevas finanzas en México." Editorial ITAM.

Climent Hernández, José Antonio. "Tesis: Análisis teórico práctico para la valuación de opciones." UNAM 2001.

Climent Hernández, José Antonio. "Tesis: Sistema de información electrónica para la valuación de opciones." UNAM 2004.

Cortina Ortega, Gonzálo. "Prontuario Bursátil y Financiero." Trillas 1999.

DeGroot, Morris H. "Probability and Statistics." Segunda Edición. Addison-Wesley Publishing Company 1989.

De Lara, Alfonso. "Medición y control de riesgos financieros." Segunda Edición 2002. Editorial Limusa.

Díaz Tinoco, Jaime. "Futuros y opciones financieras: Una introducción." Segunda Edición 1998. Editorial Limusa.

Fábrega, Pedro Pablo. "PHP4." Primera Edición. Prentice Hall 2000.

Facundo Arena, Héctor. "Linux avanzado: Guía del administrador." MP Ediciones S. A. 2000.

González Tabares, Carlos Alberto. "Tesis: Importancia del Mercado de Productos Derivados como complemento en el Sistema Financiero Mexicano." UNAM 2000.

Hull, John C. "Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones." Cuarta Edición 2002. Prentice Hall.

Hull, John C. "Introduction to Futures and Options Markets." Tercera Edición 1998. Prentice Hall.

Ross, M. Sheldon. "An Introduction to Mathematical Finance: Options and other topics. Cambridge University Press 1999.

Sabau García, Hernán y Roa Béjar, Gloria. "Derivados financieros. Teoría y Práctica." Operadora de Bolsa 1997.

Stoll, Hans R. y Whale, Robert E. "Futures and Options. Theory and Applications." Current Issues in Finance 1993.

Vega Rodríguez, Francisco Javier. "Mercado Mexicano de Dinero, Capitales y Productos Derivados." Biblioteca Plural 1998.

Vilchis Jiménez, Paola Fabiola. "Tesis: Fundamentos de los derivados financieros: Marco teórico-práctico y visualización gráfica." UNAM 2004.

Página electrónica del Curso de análisis y diseño con UML y Racional Rose:
<http://www.dsic.upv.es/uml>

Página electrónica del Banco de México:
<http://www.banxico.org.mx/aAcercaBanxico/FSacercaBanxico.html>

Página electrónica del Manual de PHP:
<http://www.php.net/manual/es/>

Página electrónica del Manual de PHP. Grupo de usuarios de PHP:
<http://www.webestilo.com/php/>

Página electrónica para Margins:
<http://www.cbo.com/LearnCenter/pdf/margin2-00.pdf>

Página electrónica del Mercado Mexicano de Derivados:
<http://www.mexder.com.mx/>

Página electrónica de Red Hat Linux 7.2:
<http://www.europe.redhat.com/documentation/rhl7.2/rhl-rq-es-7.2/>

Página electrónica del Tutorial de PostgreSQL:
<http://www.lucas.hispalinux.es/Postgresql-es/web/navegable/tutorial/tutorial.html>