

UNIVERSIDAD POPULAR AUTONOMA DEL ESTADO DE PUEBLA



Con reconocimiento de validez oficial de estudios de la Secretaría de Educación Pública, según acuerdo inscrito en la sección primera del libro VI de Instituciones Educativas a fojas 42, Acuerdo No. de oficio 00001911 de fecha 20 de Febrero de 1984.

CONTRATOS DE OPCIONES FINANCIERAS

TESINA



Que para obtener el grado de
Maestro en Administración,

Presenta:

C.P. Gilberto Alvarez López.

Asesor: Ing. y M.A. Arturo Torres Fernández

PUEBLA, PUE. , NOVIEMBRE DE 1999.



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de textos, imágenes, gráficas, 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 de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A DIOS

Quien me ha dado el invaluable regalo de vivir y aprender.



A MI FAMILIA ENTERA

Mis Papás y Hermanos, Tíos y Primos en Morelia y Mazatlán, por su constante amor.

AL INSTITUTO VALLADOLID

Que ha sido el gran acicate para continuar con mi superación personal y profesional.

AL ING. ARTURO TORRES FERNANDEZ

Quien con su valioso apoyo y paciencia me guió en la elaboración de este trabajo.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Porque en una u otra forma siempre han estado conmigo dándome ánimos para seguir adelante.

CONTENIDO

	Página No.
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS A ALCANZAR	2
1. - ANTECEDENTES	
• 1.1 - El perfil de riesgo de una empresa	3
• 1.2 - El surgimiento de la Ingeniería Financiera	4
• 1.3 - Acciones contra el riesgo financiero	5
2. - LA OPCION FINANCIERA	6
• 2.1 - Las opciones básicas, el contrato Call y el Put	7
• 2.2 - Opciones “en”, “dentro” y “fuera del dinero”	8
• 2.3 - El precio de ejercicio	9
3. - FACTORES PARA LA VALORACION DE UNA OPCION	9
4. - LA VARIABLE FUNDAMENTAL: LA VOLATILIDAD	11
• 4.1 - La volatilidad histórica	12
• 4.2 - Ejemplos para la determinación de la volatilidad histórica	15
• 4.3 - La volatilidad implícita	18
• 4.4 - La volatilidad futura	19
5. - LA VALORACION DE OPCIONES MEDIANTE EL “METODO BINOMIAL”	20
• 5.1 - Aplicación del método binomial para opciones Call y Put europeas	20
• 5.2 - Determinación de los valores “u” y “d” para la valoración de opciones europeas	22
• 5.3 - Ejemplo de valoración de opciones europeas mediante el método binomial	23
• 5.4 - La Delta de una opción	26
6. - CONTRATOS DE OPCIONES SOBRE DIVISAS	29
• 6.1 - Características de algunos contratos sobre divisas	30
• 6.2 - Análisis del precio de la opción sobre divisas	31
• 6.3 - Relación entre el tipo de cambio de contado y el precio de ejercicio de la opción	31
• 6.4 - La volatilidad del tipo al contado	32
• 6.5 - El tiempo de vida de la opción	32

	Página No.
• 6.6 - Los tipos de interés	32
7. – ESTRATEGIAS DE UTILIZACION DE LAS OPCIONES SOBRE DIVISAS	33
• 7.1 - Adquisición de opciones de compra para cubrirse del posible aumento en el valor de una divisa	33
• 7.2 - Adquisición de opciones de venta para protegerse contra una caída en el valor de una divisa	34
• 7.3 - Ejemplos de opciones de compra y venta sobre divisas	36
• 7.4 - Opción Call europea sobre divisas	37
• 7.5 - Diagrama para la evolución del activo subyacente con límite superior o topado	40
• 7.6 - Diagrama para la evolución del precio de la opción Call topada	40
• 7.7 - Opción Put europea sobre divisas	41
• 7.8 - Diagrama para la evolución del activo subyacente con límite inferior o topado	43
• 7.9 - Diagrama para la evolución del precio de la opción Put topada	43
• 7.10 - La paridad Put-Call en las opciones sobre divisas	44
• 7.11 - El valor futuro del dólar y las opciones Call	45
• 7.12 - Amortizaciones de un crédito en dólares con pagos decrecientes para compararlo contra las opciones financieras	46
• 7.13 - Balances Generales y estados de resultados sin la cobertura de la opción Call	47
• 7.14 - Balances Generales y estados de resultados con la cobertura de la opción Call	51
• 7.15 - Posiciones de riesgo adecuadas con opciones topadas Call	55
• 7.16 - El valor futuro del dólar y las opciones Put	56
• 7.17 - Posiciones de riesgo adecuadas con opciones topadas Put	57
8. - LA GESTION DE TIPOS DE INTERES	
• 8.1 - Opciones directas sobre tasas de interés: “Caps”, “Floors” y “Collars”	58
• 8.2 - El contrato “Cap” (Techo)	58
• 8.3 - Características del contrato Cap	59
• 8.4 - Ventajas y desventajas	59
• 8.5 - El contrato “Floor” (Piso)	60
• 8.6 - Ventajas y desventajas	61
• 8.7 - El contrato “Collar” (Collares)	62

• 8.8 - Ejemplos de techos y pisos Caps y Floors	63
• 8.9 - La paridad Put-Call en las opciones Cap y Floor	67
• 8.10 - Cálculo de los resultados en el ejercicio de las opciones Cap y Floor	80

9. - OPCIONES SOBRE FUTUROS DE TIPOS DE INTERES O INSTRUMENTOS DE DEUDA

• 9.1 - Cobertura contra el riesgo de aumentos en las tasas de interés	82
• 9.2 - Cobertura contra caídas en las tasas de interés	83
• 9.3 - Futuros en tipos o tasas de interés	84
• 9.4 - Mecánica operativa de las opciones sobre futuros	87
• 9.5 - Ejemplos de opciones sobre futuros de tasas de interés	90
• 9.6 - La paridad Put-Call en las opciones sobre futuros	94
• 9.7 - Cálculo de las diferencias obtenidas con la liquidación de las opciones	117
• 9.8 - Cancelaciones de cada posición en el mercado de futuros	119
• 9.9 - Comparación contra las Amortizaciones de un crédito tradicional sin opciones sobre futuros de tasas de interés	120
• 9.10 - Cálculo del costo de capital para el crédito (sin las opciones)	121
• 9.11 - Cálculo del costo de capital para el crédito (con las opciones)	122
• 9.12 - Opciones sobre futuros de tasas de Instrumentos de deuda pública (Cetes)	124
• 9.13 - Cálculo de las diferencias obtenidas con la liquidación de las opciones sobre Cetes	144
• 9.14 - Cancelaciones de cada posición en el mercado de futuros	146
• 9.15 - Valores nominales de los certificados al terminar los períodos de las opciones	148

10. - LAS OPCIONES SOBRE TITULOS

• 10.1 - Uso de las opciones sobre títulos para reducir el riesgo	151
• 10.2 - Paridad de los valores entre las opciones Put y Call sobre títulos accionarios	153
• 10.3 - La valoración de opciones en ambiente de certeza	155
• 10.4 - Ejemplos de opciones sobre títulos accionarios	156
• 10.5 - Ejemplo de opciones de compra europeas sobre títulos	157
• 10.6 - Opciones de compra europeas con rendimiento topado sobre títulos	159
• 10.7 - Ejemplo de opciones de venta europeas sobre títulos	160
• 10.8 - Opciones de venta europeas con rendimiento topado sobre títulos	161
• 10.9 - La relación de paridad Put-Call en las opciones sobre títulos	162

• 10.10 - Posiciones de riesgo adecuadas con opciones call sobre títulos e inversión de renta fija	163
• 10.11 - Posiciones de riesgo adecuadas con opciones put sobre títulos e inversión de renta fija	165
• 10.12 - Posiciones de riesgo adecuadas con opciones topadas sobre títulos e inversión de renta fija	167
11. - CONTRATOS DE OPCIONES SOBRE INDICES	169
• 11.1 - Diferencias respecto a las opciones sobre títulos	170
• 11.2 - Especificaciones de algunos contratos de opciones sobre índices	170
• 11.3 - Opciones sobre el I.P.C. de México	171
12. - ESTRATEGIAS DE UTILIZACION DE LAS OPCIONES SOBRE INDICES	
• 12.1 - La adquisición de opciones de compra en un mercado alcista	172
• 12.2 - La adquisición de opciones de venta en un mercado bajista	172
• 12.3 - Ejemplos de opciones sobre futuros de índices accionarios	173
• 12.4 - La paridad Put-Call en las opciones sobre futuros de índices	177
• 12.5 - Esquemas de cancelación de cada posición con opciones	202
• 12.6 - Esquemas de cancelación de cada posición en el mercado de futuros con opciones	204
• 12.7 - Bosquejo de las operaciones simultáneas en el mercado de físicos (subyacente) y el I.P.C.	206
• 12.8 - Ejemplo para opciones sobre futuros del I.N.P.C.	208
• 12.9 - Esquemas de cancelación de cada posición con opciones del I.N.P.C.	229
• 12.10 - Esquemas de cancelación de cada posición en el mercado de futuros con opciones	231
13. - OPCIONES SOBRE MERCANCIAS O PRODUCTOS PERECEDEROS (COMMODITIES)	
• 13.1 - Una breve historia de las commodities	233
• 13.2 - Ejemplos de opciones commodities sobre productos perecederos	233
• 13.3 - La paridad Put-Call en las opciones sobre mercancías o commodities	236
• 13.4 - Resultados para las opciones commodities de compra y venta	244
• 13.5 - Ejemplos de opciones commodities sobre futuros del petróleo	245
• 13.6 - Cálculo de la paridad Put-Call en las opciones commodities sobre futuros	247
• 13.7 - Esquemas de cancelación de cada posición de las opciones commodities sobre futuros	265

• 13.8 - Cancelación de las posiciones en el mercado de futuros	267
14. - OPCIONES AMERICANAS	
• 14.1 - Opciones americanas sobre divisas	269
• 14.2 - Ejemplo para una opción Put tipo americano sobre divisas	270
• 14.3 - Diagrama para la obtención de la prima de la opción de venta americana sobre divisas	273
• 14.4 - Opciones americanas sobre acciones	274
• 14.5 - Valoración de opciones americanas que no reparten dividendos	274
• 14.6 - Ejemplo para opciones de venta americanas sobre títulos que no reparten dividendos	276
• 14.7 - Valoración de opciones americanas sobre acciones que reparten dividendos	279
• 14.8 - Utilización del modelo binomial para valorar opciones americanas en presencia de dividendos	279
• 14.9 - Ejemplos de opciones americanas sobre títulos que reparten dividendos	282
• 14.10 - Ejemplos de opciones americanas sobre contratos de futuros	287
15. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	291
16. - BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE INFORMACION	293
17. - ANEXOS	
• 17.1 - Términos y condiciones del contrato de futuro sobre el Certificado de la Tesorería de la Federación a 91 días, manejados por el MEXDER	295
• 17.2 - Términos y condiciones del contrato de futuro sobre la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio a 28 días, manejados por el MEXDER	298
• 17.3 - Términos y condiciones del contrato de futuro sobre el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores, manejados por el MEXDER	301
• 17.4 - Resolución Miscelánea 1999 referente a las operaciones financieras derivadas	304
• 17.5 - Cuadro de régimen fiscal para operaciones financieras derivadas concertadas en MEXDER, S.A. de C.V.	309

Indice de Gráficas y Tablas

Gráficas

	Página No.
Gráfica 1.- Perfil de riesgo financiero	3
Gráfica 2.- Representación de una opción Call	7
Gráfica 3.- Representación de una opción Put	8
Gráfica 4.- Relación de los valores de una opción contra su precio “en, dentro y fuera del dinero”	32
Gráfica 5.- Efecto de la cobertura con una opción call sobre divisas	34
Gráfica 6.- Efecto de la cobertura con una opción put sobre divisas	35
Gráfica 7.- Representación de una opción Collar	63
Gráfica 8.- Rangos de cobertura trimestrales utilizando contratos de opción Cap	81
Gráfica 9.- Rangos de cobertura trimestrales utilizando contratos de opción Floor	81
Gráfica 10.- Riesgo de la posición al contado de un título de deuda pública a las fluctuaciones de tasas de interés	83
Gráfica 11.- Cobertura de la posición al contado de un título de deuda pública con tasa de Descuento y la adquisición de una opción Call americana	84

Tablas

Tabla 1.- Comparaciones de precios entre opciones Call y Put	10
Tabla 2.- Volatilidad histórica para la Tasa Líder Interbancaria de Equilibrio	15
Tabla 3.- Volatilidad histórica para un título accionario	16
Tabla 4.- Volatilidad histórica para un contrato de futuros	17
Tabla 5.- Comportamiento de la Delta de una opción y su relación con el número de acciones Subyacentes	27
Tabla 6.- Efectos resultantes para diferentes cotizaciones del dólar utilizando una opción call	45
Tabla 7.- Amortizaciones del pago de un crédito en dólares más sus intereses	46
Tabla 8.- Efectos resultantes para diferentes cotizaciones del dólar utilizando una opción call Topada	55
Tabla 9.- Efectos resultantes para diferentes cotizaciones del dólar utilizando una opción put	56
Tabla 10.- Efectos resultantes para diferentes cotizaciones del dólar utilizando una opción put Topada	57
Tabla 11.- Amortizaciones de un crédito tradicional cubierto con opciones Cap	80
Tabla 12.- Amortizaciones de una inversión protegida con opciones Floor	80

	Página No.
Tabla 13.- Correlación de la T.I.R. para maximizar el beneficio en la entrega de bonos a la contraparte	87
Tabla 14.- Estrategias de utilización de opciones sobre tipos de interés según el riesgo a cubrir y la volatilidad esperada	88
Tabla 15.- Escenarios de una cobertura para tasas de interés mediante la combinación de Futuros y opciones	89
Tabla 16.- Amortizaciones de un crédito tradicional sin opciones sobre futuros de tasas de Interés	120
Tabla 17.- Amortizaciones de un crédito tradicional con opciones sobre futuros de tasas de Interés	121
Tabla 18.- Escenarios para distintos precios finales de opciones de compra sobre un título Accionario	152
Tabla 19.- Combinaciones resultantes para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija Y opciones Call	163
Tabla 20.- Combinaciones para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija y opciones Call, mejorando el porcentaje de rendimiento cedido	164
Tabla 21.- Combinaciones resultantes para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija Y opciones Put	165
Tabla 22.- Combinaciones para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija y opciones Put, mejorando el porcentaje de rendimiento cedido	166
Tabla 23.- Combinaciones para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija y opciones Call topadas	167
Tabla 24.- Combinaciones para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija y opciones Put topadas	168
Tabla 25.- Análisis de las opciones de compra Commodity al fin de cada período de cobertura	244
Tabla 26.- Análisis de las opciones de venta Commodity al fin de cada período de cobertura	244

INTRODUCCION

Es relativamente corto el tiempo que ha transcurrido desde que comenzamos a escuchar con frecuencia en nuestro país algunos términos socioeconómicos como "globalización comercial", "ingeniería financiera" o "productos financieros derivados". Lo cierto es que mucho de ello se debe principalmente a la pauta que otros mercados económicamente desarrollados en el ámbito internacional van marcando a los menos desarrollados. Sin embargo, sería ilógico pensar que una economía en vías de desarrollo puede hacerse a un lado de toda esta aceleración, que irremisiblemente le presiona a eficientar sus mercados financieros.

Así pues, precisamente desprendiéndose de esta necesidad, se han dado a conocer una gama de productos que a pesar de que no son algo nuevo, aún en nuestros días sí son poco difundidos y por ende manejados dentro del sistema financiero mexicano. Desafortunadamente se ha transmitido todavía muy poca información acerca de ellos y por lo mismo se teme adquirirlos, o quizás se ha subestimado su valor como instrumentos de cobertura ante los efectos trascendentales que otras economías revierten sobre la nuestra. Esto implica que ya sea en operaciones de compra o venta domésticas, importaciones o exportaciones de materias primas o productos terminados, en las transacciones financieras y de títulos accionarios, exista un rango de riesgo muy amplio para terminar obteniendo pérdidas, o de efectuar una erogación de recursos mayor a la que se preveía originalmente, poniendo así en riesgo las utilidades de los inversionistas y/o la subsistencia de un buen número de empresas.

Los contratos de opciones financieras, son entre otros, algunos de los instrumentos que caracterizan a un mercado financiero contemporáneo; entre sus diversas aplicaciones las encontraremos como un medio ideal para lograr una buena protección hacia el inminente y gran riesgo de las fluctuaciones adversas de los precios, que surgen en la mayoría de las negociaciones comerciales-económicas, habilitando así el poder efectuar planeaciones financieras más confiables.

Las opciones, además de utilizarse como una herramienta de cobertura, pueden ser empleadas como vehículo de especulación; esto es debido al alto grado de apalancamiento que ofrecen al inversionista al requerir de poco capital en relación con los beneficios que pueden aportar. No todos los instrumentos existentes en los mercados financieros tienen el privilegio de otorgar estos beneficios.

Hoy en día existen mercados de opciones directas y opciones sobre futuros en una gran cantidad de países, sobresaliendo entre otros los de Estados Unidos, Inglaterra, Canadá y Japón. En México acaba de ponerse en marcha el Mercado Mexicano de Derivados (MEXDER) a finales del mes de Abril de 1999 y se espera que poco a poco a través de esta entidad se vaya acrecentando el empleo de estos contratos.

A lo largo de la exploración y análisis de este documento, nos quedará claro cómo las condiciones de inestabilidad e incertidumbre que predominan en prácticamente todos los ámbitos de negocios afectan negativamente la operación y realización de los mismos, y podremos convencernos de que una herramienta tan valiosa como los contratos de opciones financieras tendrán que comenzar a difundirse más en México, para que de esta forma se lleguen a conocer mejores caminos de gestión del riesgo, siempre constante.

OBJETIVOS A ALCANZAR

El presente trabajo tiene como objetivos prioritarios los siguientes: dar a conocer las características esenciales de las opciones financieras, distinguir entre una opción de compra y venta, analizar las distintas variantes que presentan los contratos según los activos a los que se refieren, la terminología empleada en ellas y mostrar mediante ejemplos lo más posiblemente apegados a las condiciones nacionales e internacionales presentes, la forma de operación y manejo de las mismas. No se trata de un trabajo especializado ni exageradamente meticuloso, obstinado en la mera demostración y desarrollo de métodos matemáticos que sólo desembocarían en resultados indescifrables, sino más bien se busca cosechar elementos que se puedan comprender, interpretar y aterrizar en las circunstancias reales que muchas instituciones pueden vivir.

Cabe repetir que como no se cuenta actualmente con la información suficiente dentro del mercado financiero mexicano respecto a los contratos de opciones, en muchos momentos tendremos que apoyarnos en los aspectos concernientes a los mercados extranjeros; o bien, echar mano de casos y elementos supuestos que quizás al comenzar a ser una realidad en nuestro país lleguen a ser totalmente distintos a los aquí relatados; sin embargo, queremos dejar bien claro en este momento que el aspecto metodológico será siempre respetado y completamente apegado a lo que dicta la literatura universal sobre este tema, cubriéndose prácticamente todas las variantes que existen a la fecha con respecto a esta valiosa herramienta financiera.

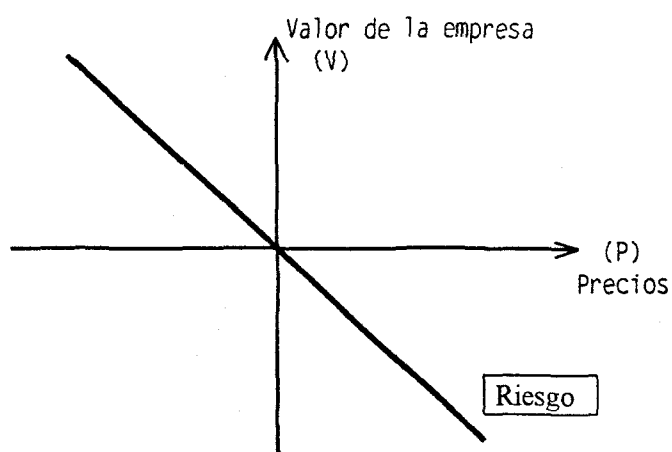
1. -ANTECEDENTES

1.1 El perfil de riesgo de una empresa

En la actualidad, una de las principales características de nuestra economía -como también la de muchas otras-, es la acentuada inestabilidad e incertidumbre que se reflejan en la mayoría de sus componentes, mismas que se traducen en altas tasas volátiles para los precios de materias primas, mercancías, el tipo de cambio en las divisas, así como en los tipos de interés del mercado tanto nacionales como extranjeros y a los cuales inevitablemente están expuestas día con día las empresas; adicionalmente, según estudios realizados a raíz del crack bursátil de octubre de 1987, otro factor que indudablemente afecta en forma importante es la **especulación**, la cuál hace que los agentes tiendan a distorsionar los precios en el mercado empresarial, provocando así que aumente la volatilidad. Muchas entidades económicas se han dado cuenta de que toda esta inestabilidad puede causarles grandes dificultades en la consecución de sus flujos de efectivo previstos, y en algunos casos, llevarles hasta la quiebra ó por lo menos a la toma de medidas de control hostiles.

A grandes rasgos, lo anterior podemos enmarcarlo como "*riesgo financiero de una empresa*", puesto que es algo que afectará los resultados de la misma debido a los cambios imprevistos que se presenten en el ambiente económico en el que se desenvuelve y que en su mayoría escapan totalmente a su control. Muchos empresarios ya han descubierto, que al margen del riesgo comercial inherente a su negocio central, así como de este posible factor distorsionante que es la especulación, el valor de su empresa está sujeto a diversos *riesgos de precio financiero*. Este riesgo deberá ser identificado y medido, puesto que la rentabilidad de una empresa no sólo obedece a lo eficientes que sean sus directivos para conducirla, sino que además dependerá mucho de lo bien que logren controlar dicho riesgo financiero; sin embargo, como podemos avizorar, la coyuntura actual muy difícilmente les permitirá prever con acierto la evolución de tales precios financieros.

Gráfica 1: "Perfil de riesgo financiero"



La figura anterior representa un perfil de riesgo, concretamente midiendo las variaciones que sufrirá el valor de la empresa (V) en la medida en que sufra variaciones algún precio (P); por ejemplo: el precio del trigo, el del dólar, el petróleo ó el de ciertas acciones o índices. Indiquemos únicamente que la magnitud del riesgo financiero de una empresa (la pendiente de ese perfil), viene determinada por la volatilidad y por el grado de exposición que la misma tiene respecto de los precios financieros.

1.2 El surgimiento de la Ingeniería Financiera

Las primeras referencias de lo que hoy es considerado como "*Ingeniería financiera*" las podemos encontrar en la simple gestión de tesorería, en operaciones como la de ajustar la fecha de emisión de efectos comerciales de manera que se puedan adaptar los períodos de descuento a los tipos de interés más bajos, ó el simple cambio de una póliza de crédito por otra en condiciones diferentes de interés ó plazo. Operaciones que habitualmente ha realizado la banca y que hoy pueden ser consideradas dentro de la Ingeniería financiera, son las de sindicación de créditos, ó el aseguramiento y colocación de una emisión de títulos.

Ahora bien, si hubiera que fijar una sola razón por la que surge la Ingeniería financiera, ésa sería la falta de estabilidad que, como se comentaba antes, produce un riesgo creciente con base en los diversos factores que la envuelven, asimismo motivada por la fuerte incertidumbre imperante en el mercado de capitales y a la especulación y falta de racionalidad que en ocasiones se demuestra en dicho mercado. En este sentido y recordando la gráfica 1, la magnitud de riesgo financiero para cualquier empresa, ya sea micro, mediana ó grande, vendrá determinada no sólo por la volatilidad de los precios, sino obviamente también por el grado de exposición que tengan a la fluctuación de estos importantes factores financieros.

Ante estos nuevos y mayores riesgos, las empresas tratan en primer lugar de examinar su propia estructura y las características de sus competidores, intentando identificar aquellas variantes que más puedan afectarles. Desde entonces ha sido necesaria la búsqueda de técnicas y elementos innovadores que ayuden entre todo este mar de indicadores económicos tan inciertos a quienes tienen sobre sí la responsabilidad de conducir eficientemente una institución que busque ser económicamente rentable; y aquí es precisamente cuando se produce el auge de la Ingeniería financiera, cuyo objetivo esencial consiste ya no en evitar el riesgo, lo que es prácticamente imposible, sino de "gestionarlo"; así pues, las empresas los identifican, luego dibujan los perfiles de los mismos con relación a cada factor que les puede perjudicar en su comportamiento y, finalmente, se centran sobre aquéllos que más les afectan.

Las características básicas de la Ingeniería Financiera, son las siguientes:

- a) La existencia de un objetivo.- Se intenta elaborar una operación con vistas a conseguir algo, ya sea la disminución del riesgo ó la consecución de un crédito.
- b) La combinación de instrumentos.- Precisamente esta fue la causa de la aparición de la Ingeniería financiera, cuando fueron combinados entre sí diversos instrumentos obteniendo efectos diferentes a aquellos para los que fueron originalmente creados.
- c) La conjunción de operaciones.- De no ser así, podrían ser consideradas aisladamente como una inversión y/ó financiación, pero la intención es que las posiciones financieras queden compensadas.
- d) Operaciones siempre a la medida.- Cada operación puede ser diferente en función de las condiciones del problema, de los instrumentos que se empleen y del objetivo a alcanzar, por lo tanto, éstas pueden llegar a ser infinitas.
- e) Internacionalización de las operaciones.- La mayor parte de las operaciones requieren la utilización de instrumentos específicos de mercados internacionales ó que sólo se negocian en dichos mercados.

1.3 Acciones contra el riesgo financiero

La mayoría de las operaciones de la Ingeniería Financiera se llevan a cabo sobre la base de cuatro instrumentos financieros principales que se mencionarán en el punto 2 de este apartado; la combinación de los mismos lleva a construir productos financieros sofisticados que se adecuan a la solución de problemas concretos.

Una variación que no sea significativa en los precios ó un aumento esperado en los mismos, quizás pueda salvarse sin mayores dificultades haciendo una buena previsión de aquéllos que sí puedan ser críticos para la empresa, aunque insistiendo en esto, realmente es muy complicado en la actualidad prever la acertada evolución para tales precios financieros; por tanto, dado que las previsiones son generalmente insuficientes para eliminar en ellas el riesgo financiero, otra alternativa - y seguramente más efectiva -, es la de gestionar los riesgos.

Esta gestión puede lograrse en principio mediante dos vías completamente diferentes:

1. - Empezar acciones de las llamadas "on balance sheet" (que aparecerán en el balance), por ejemplo: inversiones ó deudas en determinada divisa, ó trasladando parte de la producción de la empresa al extranjero, las cuáles aparecerán reflejadas en el balance general. Cabe mencionar sin embargo, que estas operaciones comúnmente suelen ser bastante costosas ó inflexibles en cuanto a su tratamiento.

2. - Acciones de las llamadas "off balance sheet" (que no aparecerán en el balance), para lo cuál se utilizan instrumentos financieros conocidos como **Forward, Swap, Futuro y la Opción**; todos ellos constituyen una forma de contrato en particular que puede adquirirse en algunos bancos ó mercados de valores financieros. Obviamente, el presente estudio se enfocará a fondo a las variantes del contrato de opción financiera (también conocidos en nuestro país como "warrants"), y de las tres primeras se hablará un poco cuando tengan algún nexo con el contrato del que es objeto este trabajo.

Es preciso mencionar en este momento que algunos contratos de opciones financieras no son estrictamente "fuera del balance", pero su ventaja es de que el monto que aparece en él es muy inferior al de un producto "on balance sheet" que fuere similar.

2. - LA OPCION FINANCIERA

Uno de los instrumentos que una empresa puede utilizar para cubrirse del riesgo financiero es pues, el contrato de la opción financiera, el cuál descrito a grandes rasgos, confiere **el derecho - mas no la obligación** - a su titular de comprar ó vender un determinado activo: ya sea un tipo de interés, una divisa, un bien perecedero ("commodity"), cualquier papel de renta fija ó variable, etc. en una fecha futura - generalmente algunos meses -, a un precio acordado en el presente. El activo sobre el que se instrumenta la opción se denomina *el activo subyacente*. Los contratos de opción son una de las piezas fundamentales de un mercado financiero moderno.

El poseedor de una opción tanto si es de compra como de venta puede optar por tres posibles decisiones:

- a) Ejercer el derecho comprando ó vendiendo los títulos o activo que la opción le permite sólo hasta su vencimiento (**Opciones europeas**).
- b) Dejar pasar la fecha de vencimiento sin ejercer su opción.
- c) Liquidarla ó venderla en cualquier momento antes de su fecha de vencimiento en el mercado secundario de opciones (**Opciones americanas**).

Los contratos de opción tienen un precio, denominado generalmente "prima"; el valor neto de la opción en la fecha de expiración será igual al valor de mercado que tenga en dicho momento menos la prima pagada. Si al vencimiento del plazo del contrato el precio de mercado de dicha inversión es superior, se podrá comprar el activo al precio estipulado en el contrato (en el caso de una opción de compra); en cambio, si el precio de mercado fuese inferior al cumplirse el plazo, entonces tendrá más razón perder el derecho de compra de tal activo y adquirirlo al que se cotiza en el mercado, perdiéndose así sólo el costo de la prima, ó lo que es lo mismo, se habrá perdido el costo del contrato, que a todas luces

funciona igual que una póliza de seguros: una vez comprada ese costo se ha perdido de todas formas si no es posible negociar con ella. En definitiva, se trata de lograr diseñar una estrategia de cobertura cuyo perfil de rendimiento contrarreste perfectamente el perfil de riesgo al que se halle expuesta una empresa.

En un contrato de opción, los derechos y obligaciones y, en consecuencia, la posición ante el riesgo del comprador y del vendedor son asimétricas. Así, el comprador tiene el derecho de comprar ó vender, es decir, ejercer la opción en el plazo correspondiente a la misma. Sin embargo, el vendedor sólo tiene obligaciones, en el sentido de que tendrá que vender ó comprar si el poseedor de la opción decide ejercerla, y en caso contrario no hará nada. Evidentemente, los compradores ejercerán las opciones cuando la evolución de los precios de mercado del activo subyacente les permita obtener beneficios con el ejercicio. Precisamente estos beneficios del ejercicio de las opciones suponen pérdidas para los vendedores, por lo que el riesgo asumido por ambas partes es muy distinto.

En vista del razonamiento anterior, nos podríamos preguntar: ¿Por qué un agente económico vende una opción?

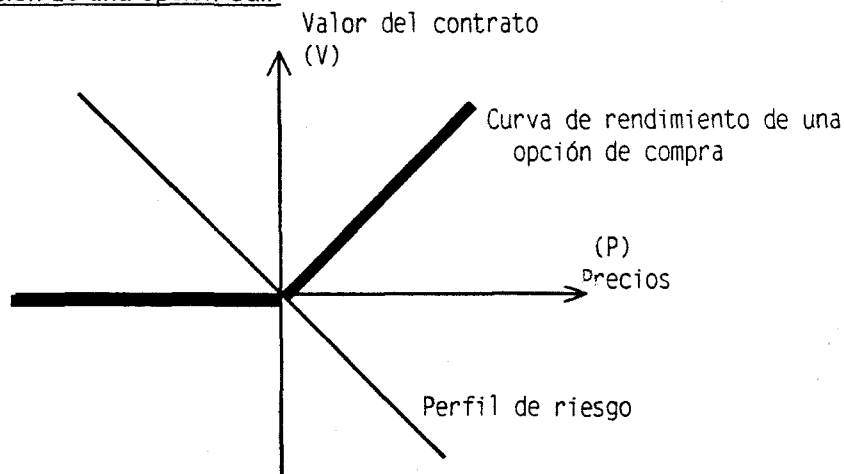
La respuesta es muy sencilla: porque recibe a cambio una compensación monetaria del comprador, es decir, la prima, que deberá compensar al vendedor por el riesgo que asume.

2.1 Las Opciones básicas: El contrato Call y el Put

Dos de las primeras variantes que trataremos sobre las opciones financieras son sus formas básicas, denominadas "call" (Compra) y "put" (Venta).

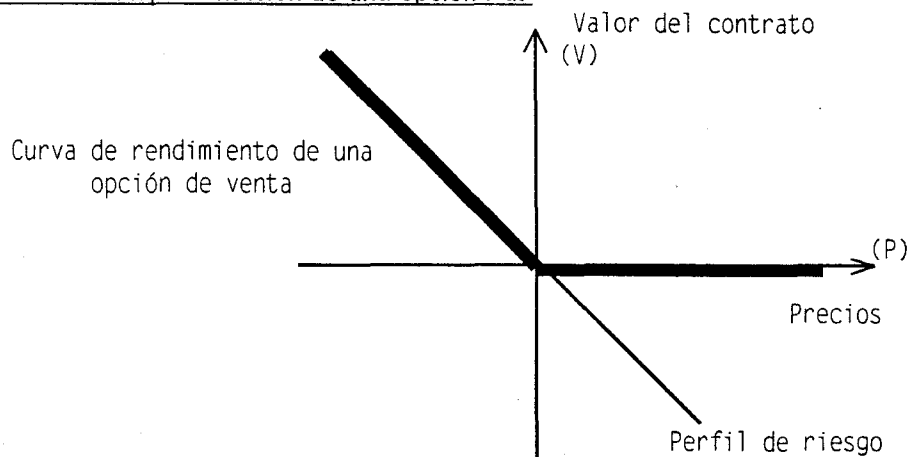
El "call", es el derecho de comprar en un plazo futuro a un precio de ejercicio ó de cierre (Exercise price ó strike price), con la lógica de que el valor de la opción por debajo de ese precio será nulo. En cambio, a partir del momento de su contratación, el valor del mismo crecerá en igual medida que el precio de mercado.

Gráfica 2: "Representación de una opción Call"



El efecto inverso se producirá en el contrato "put", que es el derecho de vender en el futuro a un cierto precio (también llamado "precio de ejercicio"). Al comprar una opción de venta ó "put", el beneficio que pudiera obtenerse por medio de él será nulo para cualquier precio de mercado futuro superior al precio de ejercicio, puesto que en tal caso, venderíamos sin el contrato. Contrariamente, a medida que el precio de mercado del bien objeto del contrato decrezca por debajo del precio de ejercicio, el beneficio que aportará el "put" crecerá linealmente, puesto que tenemos asegurada la venta al precio de ejercicio.

Gráfica 3: "Representación de una opción Put"



Los contratos de opción también pueden venderse o liquidarse (mercado secundario), pero es necesario mencionar en este momento que el vendedor de una opción, ya sea que se trate de un "call" ó un "put", tendrá la obligación incondicional de cumplir con el contrato, si la otra parte decide ejercitar el derecho de compra ó venta.

Estos dos términos han llegado a crear confusión acerca del momento en que se realizan, tratando de definir si un contrato "call" ó un "put" realmente se diferencian entre sí, dado que ambos en determinados escenarios producen efectivamente los mismos resultados. Por ejemplo, una empresa que quisiera cubrir el riesgo de sus acciones frente a una posible subida en las tasas de interés, podría optar por comprar un "call" de tipos de interés. Sin embargo, expresado en términos de precios de acciones, la estrategia adecuada para gestionar el riesgo financiero sería la de comprar un "put" sobre acciones, puesto que las mismas bajarán de precio si los tipos de interés suben y viceversa.

2.2 Opciones "dentro", "en" y "fuera del dinero" (In, at y out of the money)

Al momento de su colocación, durante su vigencia y al momento de expiración, se considera que un título opcional está "dentro del dinero" cuando tiene valor intrínseco, esto significa que el precio de ejercicio en relación con el de mercado aporta ya un diferencial benéfico para el comprador de la opción al momento de la firma del contrato; en este sentido, se dice que está "en el dinero", cuando el

precio de ejercicio y el de mercado son exactamente iguales. Por último, se dice que el título opcional está "fuera del dinero" cuando no tiene valor intrínseco, es decir, su precio de ejercicio excede a su precio de mercado.

Con el fin de detallar aún más el término "valor intrínseco" es preciso señalar que para el tenedor de títulos opcionales de compra existirá tal, cuando el precio de mercado sea superior al de ejercicio; y para el tenedor de títulos de opciones de venta existirá valor intrínseco cuando el precio de mercado sea inferior al de ejercicio.

2.3 El precio de ejercicio

Las opciones son creadas con un rango de precios de ejercicio, que incluye al menos un precio inferior y otro superior al precio actual del activo subyacente. Por ejemplo, si una acción de Rolls-Royce vale actualmente en el mercado de valores de Londres \$ 129 peniques, podríamos emitir, como mínimo, una opción de compra sobre la misma a \$ 125 p y otra a \$ 135 p. Aquí, la primera será una opción "dentro del dinero" por su precio inferior al de mercado; y una "fuera del dinero" la de 135 p. Si en el primer caso se tratase de una opción americana, podría ser ejercida en el mismo momento de emitirla si no fuese porque el precio de la prima es algo superior a la posible ganancia. Finalmente, se le llamará una opción "en el dinero" cuando el precio de mercado y el de ejercicio sea de \$ 129 p.

3. - FACTORES PARA LA VALORACION DE UNA OPCION

Precisamente el hecho de que las opciones tengan un valor como instrumento de seguro de riesgo, introduce una dificultad particular de la misma, que radica sobre todo en ponerle precio a ese derecho que adquiere el comprador. En los otros tres instrumentos de la ingeniería financiera (recordando: el forward, el swap y el futuro) dicho valor está incluido ya sea en un tipo fijo ó variable de referencia. En las opciones, el vendedor cotizará un precio en pesos ó en cualquier otra divisa, antes de la firma del contrato. Por lo tanto, en definitiva, el método del valor actual neto (VAN) para los posibles flujos esperados de efectivo asignando una distribución de probabilidades, no se adecua convincentemente a la valoración de opciones. En los próximos apartados profundizaremos respecto a uno de los métodos usados en la actualidad para determinar el valor de la prima de un contrato de opción; por el momento, comentaremos sobre aspectos generales pero a su vez fundamentales de conocer para la comprensión de dicho método.

El precio de una opción estará determinando básicamente por cinco factores:

1. - El valor intrínseco sobre el activo subyacente: Cuanto mayor sea su valor, mayor será el precio de la opción suscrita sobre ese título ó bien.

2. - El precio de ejercicio: Cuanto más bajo sea el precio de ejercicio para "X" bien, mayor será el precio de la opción de compra, puesto que existirá una mayor probabilidad de que el precio de mercado de la acción ó el activo en cuestión acabe superando al de ejercicio. Ocurre justo lo contrario en el caso de las opciones de venta. En el siguiente cuadro puede observarse claramente lo anterior:

Tabla 1: "Comparaciones de precios entre opciones Call y Put"

Precio de ejercicio de "X"	C A L L S			P U T S		
	Abril	Julio	Octubre	Abril	Julio	Octubre
\$ 140	\$ 32	\$ 36	\$ 44	\$ 8	\$ 12	\$ 15
\$ 160	\$ 18	\$ 24	\$ 31	\$ 13	\$ 20	\$ 23
\$ 180	\$ 13	\$ 18	\$ 25	\$ 25	\$ 32	\$ 35

3. - La volatilidad del mercado ó del activo en cuestión: La magnitud de las oscilaciones diarias del precio de un título ó bien subyacente influye directamente en el tamaño del precio. De tal manera que a mayor riesgo, mayor precio, y viceversa. Lo mismo puede decirse del caso de opciones "put". La volatilidad, por su relevancia para los títulos opcionales, será analizada con mayor detalle más adelante.

4. - El tiempo de vida de la opción o "valor tiempo": El precio incluye un elemento temporal, que tiende a decrecer al aproximarse la fecha de expiración del contrato de la opción. Es decir, cuanto menos le quede de vigencia a la opción, menor será su valor, puesto que es menos probable que el precio de mercado sea superior al de ejercicio. Este efecto también puede observarse en el cuadro del punto número 2, donde podemos ver cómo si la opción vence en abril vale menos que si lo hace en julio, y ya no digamos si se produce en octubre.

5. - El tipo de interés sin riesgo: El valor de la opción depende además de la tasa de descuento que se aplica en el mercado financiero a las inversiones financieras libres de riesgo; por ejemplo, la de los Cetes. Esto es así porque al combinar la emisión de opciones de compra sobre acciones con la tenencia de las propias acciones, es posible eliminar totalmente el riesgo de la inversión.

Se ha observado que el rendimiento de una opción es construible basándose en combinaciones de transacciones en el mercado "spot" con operaciones de compraventa de bonos sin riesgo; y también, que a su vez puede construirse un forward mediante una combinación adecuada de "calls" y "puts". Estas dos particularidades permitirán obtener un modelo de diseño a la medida para cubrir el riesgo financiero de cualquier situación en particular.

4. - LA VARIABLE FUNDAMENTAL: LA VOLATILIDAD

En varios de los apartados anteriores se ha hecho mención de un parámetro de magnitud trascendental: la volatilidad, que siempre influirá notablemente en el precio de cada contrato de opción. Evidentemente la volatilidad tiene gran importancia para los modelos matemáticos de valoración de opciones, pero ¿qué significado tiene para los operadores del mercado?... los operadores de un mercado de opciones están interesados en la dirección de los precios del subyacente y en la "velocidad" de los movimientos del mismo. Esta "velocidad" es la volatilidad.

Como indica Natemberg (1988), si los precios de un subyacente no se mueven con la suficiente rapidez, las opciones sobre dicho subyacente valdrán poco dinero ya que disminuyen las posibilidades de que el mercado cruce los precios de ejercicio de las opciones. Los mercados cuyos precios se mueven lentamente son mercados de baja volatilidad; los mercados cuyos precios se mueven a gran velocidad, son mercados de alta volatilidad. Un principio importante a tener en cuenta es que sólo tienen éxito las opciones cuyo subyacente tiene por lo menos **algún nivel de volatilidad**. Si el subyacente es poco volátil, los agentes que acuden al mercado a cubrir riesgos no tendrán ningún incentivo para comprar opciones. Por otra parte, **la especulación** con opciones no tiene ningún sentido en un mercado de baja volatilidad. De hecho, dado que los operadores más profesionales especulan sobre los valores futuros de la volatilidad, podemos conceptuar a un mercado de opciones como un **"mercado de volatilidad"**. Es decir, la "mercancía" sobre la que se realizan muchas transacciones en los mercados de opciones es la propia volatilidad.

Una observación importante es que un incremento en la volatilidad no alterará el rendimiento esperado del activo subyacente; sin embargo, un incremento en la volatilidad aumentará considerablemente el valor de la prima de la opción. Siendo cuidadosos podemos notar que esto se debe a la característica especial de las opciones: **ofrecen un derecho de compra ó venta a futuro, pero no una obligación**, por lo que en las situaciones desfavorables la pérdida se limita a la prima pagada, mientras que en las favorables se ejerce el derecho y se toma la utilidad. El efecto de cambios en la volatilidad es similar para opciones de compra que de venta, aunque dicho efecto dependerá de las condiciones de la opción.

Se presenta brevemente a continuación algunos de los efectos de cambios en la volatilidad en el precio de la opción:

1. El precio de las opciones aumenta con movimientos al alza de la volatilidad y se reduce con movimientos a la baja.

2. En general, la volatilidad afecta más a opciones "en precio" que "dentro del precio". El efecto sobre las opciones "fuera de precio" también es considerable. Un aumento en la volatilidad incrementa la cantidad de escenarios en que la opción tiene un rendimiento positivo, por esto las opciones que aún no tienen valor intrínseco aumentan su precio de manera más considerable.
3. El efecto de cambios en la volatilidad es mayor para las opciones de mayor plazo. El valor de los posibles movimientos positivos aumenta, incrementando las posibles ganancias de una opción; por otro lado, a pesar de que las posibles pérdidas - de una acción por ejemplo - también aumentan, la opción no se ve afectada por éstos.

En una distribución normal y en general en cualquier variable aleatoria, el nivel de dispersión de los valores posibles de la variable lo podemos medir por la varianza ó desviación típica. En el caso del subyacente de una opción, la dispersión de los posibles precios al vencimiento se corresponde con la volatilidad de dicho subyacente. Es decir, la volatilidad se puede asociar a la desviación típica de los precios del subyacente. En términos más precisos, *la volatilidad la podemos asociar a la desviación típica de las variaciones de los precios del subyacente.*

4.1 La volatilidad histórica

Una primera aproximación a la estimación de la volatilidad del subyacente es analizar cuál ha sido su volatilidad en el pasado. A la volatilidad de un subyacente calculada según series históricas de precios se le denomina **volatilidad histórica**.

Evidentemente si un determinado activo subyacente ha tenido una volatilidad en el pasado entre un 15 y un 20 %, en general será más probable que su volatilidad en el futuro se encuentre dentro de este intervalo a que alcance un 30 %. El cálculo de la volatilidad histórica se puede realizar de dos formas:

1. Sobre la base de los precios de cierre del subyacente.
2. Sobre la base de los precios "alto" y "bajo" registrados en las diferentes sesiones de negociación del subyacente en el período de cálculo.

El primer enfoque es el más utilizado en los estudios académicos de los mercados de opciones y por los profesionales que negocian estos instrumentos.

El rendimiento periódico del subyacente se calcula basándose en la siguiente expresión:

$$R_t = \ln(S_t / S_{t-1})$$

donde :

R_t = Rendimiento del activo subyacente del período anterior (t-1) al actual (t).

S_t = Precio de cierre del subyacente en la fecha t.

S_{t-1} = Precio de cierre del subyacente en la fecha t - 1.

La utilización de logaritmos convierte la variación de precios (S_t / S_{t-1}) en una tasa de **rentabilidad continua**, que como ya hemos dicho es la más apropiada para los modelos de valoración de opciones. A partir de la serie de " R_t " calculamos la media y varianza de los rendimientos mediante las expresiones:

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n R_t \quad \text{para la media}$$

$$v^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (R_t - \bar{r})^2 \quad \text{para la varianza}$$

Donde " n " es el número de datos utilizados en los cálculos, $\bar{r}$ la media y v^2 la varianza. Nótese que en el cálculo de la varianza se divide por ($n - 1$) y no por " n " para corregir la estimación por el número de "grados de libertad". La desviación típica " v ", nos dará una estimación de la volatilidad histórica en términos del período elegido para calcular " R_t ". Es decir, si " R_t " se calcula en base semanal, " v " será la volatilidad histórica en términos semanales, mensuales, etc. Dado que generalmente se utilizan volatilidades en términos anuales, debemos entonces anualizar nuestras estimaciones de " v ". Así, si:

Los rendimientos se han obtenido con datos diarios

$$v^{anual} = \sqrt{252} * v^{diaria}$$

suponiendo que el número de días hábiles del mercado del subyacente ha sido 252. (si no han sido tal cantidad, multiplicamos por la raíz cuadrada del número de días correspondiente)

Los rendimientos se han obtenido con datos semanales:

$$v^{anual} = \sqrt{52} * v^{semanal}$$

Los rendimientos se han obtenido con datos mensuales:

$$v^{anual} = \sqrt{12} * v^{mensual}$$

El sistema de cálculo aconsejable es el utilizar datos diarios para estimar " R_t ", pues se obtienen dos importantes ventajas:

1. Nos permite un tamaño grande de la muestra, sin necesidad de incluir datos poco significativos por su lejanía en el tiempo.
2. Logramos que la estimación de la volatilidad sea insensible a la estimación de la media.

Por otra parte, nos podemos preguntar cómo se elige el período histórico sobre el que se van a realizar los cálculos. La respuesta no es clara. Depende mucho del mercado que estemos analizando; en general, una regla más o menos válida es utilizar un período equivalente al del vencimiento de las opciones que estamos analizando. Por ejemplo, si nuestros cálculos de volatilidad histórica se van a utilizar para analizar opciones de vencimiento a tres meses, es conveniente calcular la volatilidad histórica del subyacente en los tres últimos meses, y para períodos anteriores, con una "longitud" también de tres meses, aunque repetimos, un lapso distinto quizá no perjudicaría en los cálculos. Un consejo adecuado es que a partir de esta premisa conviene probar con períodos más cortos; al final, el período ideal es el que ajusta mejor nuestros cálculos a las volatilidades implícitas y futuras.

Observemos todo lo anterior en las tablas de los casos siguientes, que ejemplifican las operaciones aritméticas necesarias para encontrar la volatilidad histórica sobre cualquier tipo de activo subyacente.

4.2 Ejemplos para la determinación de la volatilidad histórica.

En la tabla siguiente se muestra un ejemplo del cálculo de la volatilidad para la tasa líder interbancaria aplicable a créditos comerciales en los últimos 12 meses.

Siguiendo las fórmulas para cada variable y las de los encabezados de columna en la tabla siguiente, las operaciones serían las siguientes:

(Tasas promedio publicadas en IDC de la 1er. quincena de Abril' 98)

Tabla 2: Volatilidad histórica para la tasa líder interbancaria.

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \ln (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Ene-97	25.9597				
28-Feb-97	22.1063	-0.1606827	-0.0215471	-0.13913557	0.01935871
31-Mar-97	23.9508	0.08013909	-0.0215471	0.10168622	0.01034009
30-Abr-97	23.9803	0.001230934	-0.0215471	0.02277806	0.00051884
31-May-97	20.6472	-0.149652943	-0.0215471	-0.12810581	0.0164111
30-Jun-97	22.5316	0.087339051	-0.0215471	0.10888618	0.0118562
31-Jul-97	20.4952	-0.094728056	-0.0215471	-0.07318093	0.00535545
31-Ago-97	20.6367	0.006880332	-0.0215471	0.02842746	0.00080812
30-Sep-97	20.2857	-0.01715484	-0.0215471	0.00439229	1.9292E-05
31-Oct-97	19.6971	-0.029444788	-0.0215471	-0.00789766	6.2373E-05
30-Nov-97	22.1807	0.118751125	-0.0215471	0.14029825	0.0196836
31-Dic-97	20.4816	-0.079695619	-0.0215471	-0.05814849	0.00338125
Suma :		-0.237018413		Suma :	0.08779501

$$\bar{r} \text{ media} = -0.237018413 / 11 = -0.02154713$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.08779501 = 0.00877951 = 0.8780\%$$

$$v = \sqrt{0.00877951} = 0.0936989 = 9.370\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.0936989 = 0.3245825 = 32.459\%$$

Con base en esta información histórica y según los cálculos que se realizaron para este activo en particular, podemos conocer que para encontrar el costo de la prima de una opción call o put en el momento actual, debemos aplicar una tasa volátil del 32.459% anual, como referencia para un contrato que tenga como activo subyacente a la tasa líder.

En la tabla siguiente se muestra un ejemplo del cálculo de la volatilidad histórica para una acción de una empresa cualquiera en las últimas 12 semanas de su cotización en el mercado de valores:

Tabla 3: Volatilidad histórica para un título accionario.

Semana	Precio de cierres	$R_t = \ln(S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
1	100.00				
2	105.00	0.048790164	0.0238513	0.02493887	0.00062195
3	107.00	0.018868484	0.0238513	-0.00498281	2.4828E-05
4	105.00	-0.018868484	0.0238513	-0.04271978	0.00182498
5	106.00	0.009478744	0.0238513	-0.01437255	0.00020657
6	109.00	0.027908788	0.0238513	0.00405749	1.6463E-05
7	112.00	0.027150989	0.0238513	0.00329969	1.0888E-05
8	115.00	0.026433257	0.0238513	0.00258196	6.6665E-06
9	119.00	0.034191365	0.0238513	0.01034007	0.00010692
10	121.00	0.016667052	0.0238513	-0.00718424	5.1613E-05
11	126.00	0.040491361	0.0238513	0.01664006	0.00027689
12	130.00	0.031252544	0.0238513	0.00740125	5.4778E-05
Suma :		0.262364264		Suma :	0.00320254

$$\bar{r} \text{ media} = 0.262364264 / 11 = 0.0238513$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.00320254 = 0.00032025 = 0.032\%$$

$$v = \sqrt{0.00032025} = 0.017896 = 1.789\% \text{ semanal.}$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{52} * 0.017896 = 0.129019 = 12.901\% \text{ anual}$$

Con base en esta información histórica y según los cálculos que se realizaron para este activo, podemos saber que para obtener la prima de una opción call o put en el momento actual, debemos aplicar una volatilidad del 12.901% anual como referencia para los contratos que tengan como activo subyacente a tal título accionario.

En la tabla siguiente se muestra un ejemplo del cálculo de la volatilidad histórica para **un contrato de futuros** sobre un índice cualquiera en las últimas 12 semanas de su cotización en el mercado bursátil.

Siguiendo las fórmulas para cada variable y las de los encabezados de columna en la tabla siguiente, las operaciones serían las siguientes:

Tabla 4: Volatilidad histórica para un contrato de futuros.

Semana	Precio de cierres (pbs.)	$R_t = \ln(S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
1	97.00				
2	97.50	0.0051414	0.0004674	0.004674	2.1846E-05
3	98.00	0.005115101	0.0004674	0.0046477	2.1601E-05
4	95.00	-0.031090587	0.0004674	-0.03155799	0.00099591
5	94.00	-0.010582109	0.0004674	-0.01104951	0.00012209
6	95.50	0.015831465	0.0004674	0.01536407	0.00023605
7	96.00	0.005221944	0.0004674	0.00475454	2.2606E-05
8	97.50	0.015504187	0.0004674	0.01503679	0.0002261
9	96.50	-0.01030937	0.0004674	-0.01077677	0.00011614
10	95.00	-0.015666117	0.0004674	-0.01613352	0.00026029
11	96.50	0.015666117	0.0004674	0.01519872	0.000231
12	97.50	0.01030937	0.0004674	0.00984197	9.6864E-05
Suma:		0.0051414		Suma:	0.00235051

$$\bar{r} \text{ media} = 0.0051414 / 11 = 0.0004674$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.00235051 = 0.00023505 = 0.0235\%$$

$$v = \sqrt{0.00023505} = 0.0153313 = 1.533\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{52} * 0.0153313 = 0.110555 = 11.055\% \text{ anual}$$

Con base en esta información histórica y según los cálculos que se realizaron para el comportamiento de este activo en particular, podemos conocer que para el costo de una prima de opción call o put en el momento actual, debemos aplicar una volatilidad del 11.055% al referimos a un contrato que tenga como activo subyacente el referido futuro financiero.

Ahora bien, la otra alternativa de cálculo es utilizar los precios máximo y mínimo de las sesiones históricas de cotización del subyacente. Si los precios del subyacente se distribuyen según una distribución lognormal, una utilización correcta de los máximos/mínimos diarios sobre los últimos "n" días puede proporcionar un buen estimador de la volatilidad según precios de cierre de los últimos 5 por "n" días. La fórmula de cálculo es:

$$v = \frac{0.627}{n} \sum_{t=1}^n \text{Log}\left(\frac{P_{mt}}{P_t}\right)$$

donde:

P_{mt} = Precio máximo del día "t".

P_t = Precio mínimo del día "t".

La utilización de este enfoque tiene dos problemas:

1. Las discontinuidades de la negociación del subyacente en el día. Esto supone que el máximo registrado puede ser menor al que se habría logrado con una negociación continua durante todo el día para el subyacente.
2. La información de máximos y mínimos para muchos subyacentes es más difusa que la de precios de cierre.

Estos dos inconvenientes explican por qué la gran mayoría de los analistas de mercados de opciones utilicen los precios de cierre para estimar las volatilidades históricas.

4.3 La volatilidad implícita

La volatilidad implícita se obtiene "invirtiendo" los modelos de valoración, en el sentido de que la incógnita será la desviación típica "v" y la prima de la opción será un dato. El cálculo de la volatilidad implícita exige, en primer lugar, la selección del modelo de valoración que pensamos se está utilizando por la mayoría del mercado. En segundo lugar, cada opción tendrá una determinada volatilidad implícita, lo que exige calcular tal para cada "serie de opciones" en los mercados organizados.

La volatilidad implícita refleja las expectativas del mercado sobre la volatilidad del subyacente hasta el vencimiento de la correspondiente opción. Esto explica que se le conozca también como "volatilidad de mercado".

La volatilidad implícita cambia continuamente en función de las alteraciones de las primas, del precio del bien subyacente, etc. Realmente es el auténtico precio de los mercados de opciones. Así, algunos especialistas de los mercados de opciones suelen denominar a esta volatilidad como "nivel de primas", si la volatilidad implícita está por encima de sus valores históricos, dirán que el nivel de primas es alto y viceversa.

4.4 La volatilidad futura

Este es el dato que a cualquier operador de opciones le gustaría conocer. Todos los modelos de estimación de volatilidades intentan determinar este valor. Conociéndolo se podría valorar correctamente las opciones y por supuesto ganar dinero aprovechando los errores en las expectativas de otros agentes operadores, pero este conocimiento es muy complicado en la realidad. Conocer la volatilidad futura del subyacente de una opción tiene tanto valor como saber con certeza que en el mes próximo los tipos de interés del dólar caerán 200 puntos básicos. Para ningún mercado financiero ó no financiero existen "bolas de cristal" que nos permitan averiguar perfectamente lo que acontecerá en el futuro, así que las aproximaciones que podemos lograr para los factores volátiles se acotan a lo manejado en los apartados recién estudiados.

5. - LA VALORACION DE OPCIONES MEDIANTE EL METODO BINOMIAL

Uno de los temas más estudiados por la teoría financiera moderna son los modelos de valoración de opciones. A partir del trabajo germinal de Black-Scholes (1973), se han investigado diferentes modelos de evaluación que se intentan aplicar a opciones sobre activos subyacentes específicos.

A efectos metodológicos, los modelos de valoración se pueden dividir en dos enfoques:

- Modelos analíticos, que en general se plantean en tiempo continuo y suelen ser extensiones del modelo Black-Scholes.
- Modelos que exigen la utilización de algoritmos de cálculo numérico. El más conocido dentro de este enfoque es el modelo Cox-Ross-Rubinstein (1979), denominado generalmente **modelo ó método binomial**; a efectos didácticos es más eficaz el entendimiento de este que el de Black-Scholes, y en el presente trabajo será el que analizaremos con detalle y utilizaremos en todos los casos prácticos.

5.1 Aplicación del método para opciones Call y Put europeas.

El establecimiento de los límites teóricos al valor de las opciones exige previamente la asunción de ciertas hipótesis, que permiten fundamentalmente, que el arbitraje funcione sin trabas. Estas hipótesis son las siguientes:

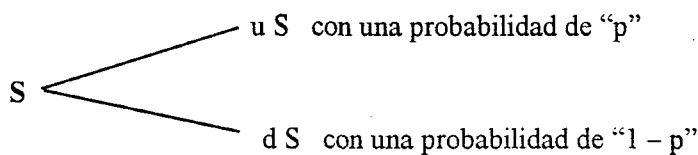
1. No existen impuestos y costos de transacción (corretajes, diferenciales entre precios de compra y venta en el mercado, etc.).
2. Los activos son completamente divisibles. Es decir, podemos comprar 1.65 acciones o vender medio contrato de opción.
3. Se pueden vender los activos "en descubierto" o "a crédito" sin límites. Esto es, podemos vender una acción sin poseerla previamente con el compromiso de entrega en una fecha posterior.
4. No se exigen depósitos de garantía a la venta de opciones y a las ventas en descubierto.
5. Se puede prestar y tomar prestado al mismo tipo de interés.
6. Todas las transacciones se pueden realizar de forma simultánea.
7. Las transacciones se realizan sin que afecten a los precios de mercado. Es decir, el mercado tiene una gran profundidad y no se ve influido por las transacciones de un agente económico en particular.

Evidentemente, estas hipótesis no se cumplen en su totalidad en los mercados financieros actuales; sin embargo, generalmente su incumplimiento afecta sólo en el hecho de que los precios de las opciones se alejan ligeramente de sus límites teóricos.

El modelo propuesto por Cox-Ross-Rubinstein parte del cumplimiento de las hipótesis numeradas con anterioridad más un supuesto adicional sobre la evolución del activo subyacente. En esencia puede asumirse a partir de los supuestos siguientes:

- La eficiencia y profundidad de los mercados.
- La ausencia de costos de transacción.
- Es posible comprar y vender en descubierto, sin límite.
- Los activos son perfectamente divisibles.
- Se puede prestar y tomar prestado al mismo tipo de interés.
- Todas las transacciones se pueden realizar en forma simultánea.
- El precio del subyacente evoluciona según un **proceso binomial multiplicativo**.

La última hipótesis implica lo siguiente: si "S" es el precio del subyacente en el momento presente, en un período la evolución del mismo será:



donde :

"u" representa el movimiento multiplicativo al alza del precio del subyacente en un período, con una probabilidad asociada de "p".

"d" representa el movimiento multiplicativo a la baja del precio del subyacente en un período, con una probabilidad asociada de 1 - p.

Si denominamos al factor de interés aplicable al **activo con riesgo** " $R = (1 + r_f)$ ", siendo r_f la rentabilidad del **activo libre de riesgo**, que generalmente se asocian con los títulos de la deuda pública (Normalmente Cetes en México) al principio de período, se debe verificar que:

$u > R > d$; con u y R mayor que 1, y d menor que 1.

La demostración de esta desigualdad es simple:

49834

Si $u > d > R$, siempre fuese mejor adquirir el activo subyacente (activo con riesgo) en vez del activo libre de riesgo, ya que la opción en este caso, tendría un rango muy elevado de pérdidas.

Si $R > u > d$, nadie comprase el activo subyacente a los precios actuales. Los mercados rebajarían el precio "S" hasta el nivel en que se cumpliera la ecuación $u > R > d$.

De forma análoga se puede evaluar una opción de venta, constituyendo una cartera con posiciones largas ó cortas en acciones y en opciones. También en el caso de las opciones Put es más recomendable valorar la opción, calculando los valores intrínsecos en el último período y "retrocediendo en el tiempo", como veremos en el ejemplo que se desarrollará en los apartados posteriores.

5.2 Determinación de los valores "u" y "d" para la valoración de opciones europeas.

Para el presente modelo existe un conjunto de parámetros de fácil obtención (S, E, t), pero otros no son directamente observables de la información disponible sobre los mercados financieros; en concreto, se trata de "u" y "d" (el factor multiplicativo al alza y a la baja del activo subyacente, respectivamente) para el modelo binomial.

Una muy buena aproximación de los parámetros mencionados se logra obtener por medio de las expresiones siguientes:

$$u = e^{v \cdot (t/n)^{1/2}} \quad ; \text{y para "d": } d = 1/u$$

donde :

t = plazo en años de la opción.

n = Número de períodos del modelo binomial.

v = volatilidad en términos anuales prevista para el activo subyacente.

Por otra parte, el factor de interés que se aplica al activo con riesgo "R", se puede estimar por la expresión:

$$R = e^{r \cdot t/n}$$

Siendo "r" el tipo de interés "instantáneo", es decir, $r = \ln(1 + i)$.

5.3 Ejemplos de valoración de opciones europeas mediante el método binomial.

A continuación se ofrece un ejemplo general para conocer el desarrollo del método binomial mediante las fórmulas y parámetros anteriores en la valoración de los contratos de opciones financieras.

Aunque manejaremos inicialmente una opción call, el mecanismo para la opción put es el mismo, sólo difiere un poco por su naturaleza en lo tocante al árbol binomial que corresponde a la prima de la opción, pero podrá observarse que esta diferencia no representa dificultad alguna.

Desarrollo para una opción call y put europea sobre acciones:

Plazo (en años) :	0.5	(6 meses)
Precio actual de la acción	\$ 150.00	(al 26 de Dic/97)
Precio ejercicio de opción	\$ 150.00	(La opción está "En el dinero")
Tasa de interés pesos :	20.70%	(Cetes a 182 días)
Volatilidad anual (Ptje.) :	12.901%	
No. de períodos opción :	6	

$$r = \ln (1 + 0.2070) = 0.1881 \text{ Tipo de interés "instantáneo".}$$

$$u = e^{0.12901 * (0.50/6)^{1/2}} = 1.0379 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al subyacente).}$$

$$d = 1 / 1.0379 = 0.9635 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al subyacente).}$$

$$R = e^{0.1881 * (182 / 365) / 6} = 1.0158 \text{ Tasa de interés "instantáneo" aplicable a la valoración del contrato de opción (Activo con riesgo).}$$

$$p = R - d / (u - d) \quad \text{entonces,}$$

$$p = \frac{1.0158 - 0.9635}{1.0379 - 0.9635} = 0.7030$$

El parámetro "p" representa la probabilidad asociada al factor del movimiento multiplicativo al alza del activo subyacente (u); nos será útil para determinar el valor de la opción en cada nodo del árbol mediante un método recursivo asociándolo con el elemento del período inmediato anterior, hasta llegar al valor de la prima.

$$1 - p = 0.2970$$

Este parámetro representa a su vez la probabilidad asociada al factor del movimiento multiplicativo hacia la baja del precio del activo subyacente (d); "1 - p" al igual que "p", nos sirve también para la determinación del valor de la prima de la opción retrocediendo en cada nodo del árbol binomial.

Diagrama para la evolución del activo subyacente :

En este primer diagrama de árbol, se calcularán los valores probables en el futuro del activo subyacente según los elementos que obtuvimos para el alza y la baja del mismo ("u" y "d" respectivamente), los cuáles quedarían de la siguiente manera:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
					\$ 180.67	\$ 187.52
				\$ 174.07		\$ 174.08
			\$ 167.71		\$ 167.72	
		\$ 161.59		\$ 161.60		\$ 161.61
\$ 150.00	\$ 155.69		\$ 155.70		\$ 155.71	
	\$ 144.53	\$ 150.01		\$ 150.02		\$ 150.03
		\$ 139.25	\$ 144.53		\$ 144.54	
			\$ 134.17	\$ 139.25	\$ 134.17	\$ 139.26
				\$ 129.27		\$ 129.27
					\$ 124.55	\$ 120.00

Diagrama para la evolución del precio de la opción :

El siguiente paso es calcular los valores intrínsecos para el contrato al final de los "n" períodos, y por medio de un procedimiento "recursivo en el tiempo" calcular el valor de la opción en cada nodo del diagrama, mediante la siguiente expresión:

$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde :

- "p" y "R" : Expresan lo mismo que en ocasiones anteriores.
- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
- C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", del período anterior "t-1" al actual "t".
- C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

El cálculo se inicia en "n", último período asumido para la valoración. A partir de los valores intrínsecos en "n" (calculados en el árbol anterior), se calculan los valores C_{n-1} y retrocediendo en el tiempo se calculan los C_{n-2} , C_{n-3} , etc., hasta llegar a "C" que es el valor de la prima de la opción en el momento actual.

Diagrama de árbol mediante el método binomial para la opción de compra o call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						37.520
					33.007	
				28.708		24.080
			24.614		20.059	
		20.796		16.234		11.610
	17.325		12.864		8.044	
14.249		10.032		5.573		0.030
	7.725		3.861		0.021	
		2.675		0.015		0.000
			0.010		0.000	
				0.000		0.000
					0.000	
						0.000

Para una opción de compra europea de un período de seis meses y con las características anteriores, el valor de su prima tendría un costo de \$ 14.249 pesos por cada acción contratada mediante la opción.

En la misma forma, se calcula el precio de la prima de la opción de venta. Los valores intrínsecos en el diagrama de árbol serán inversos a los obtenidos en la opción de compra, y se observarán en la parte baja de dicho diagrama.

Por otro lado, es factible también reducir la prima de una opción europea a cambio de ceder posibles rendimientos; esto es, topando el valor intrínseco de la opción hasta un determinado monto. Posteriormente valoraremos opciones europeas con un rendimiento intrínseco topado para la misma acción o para cualquier activo subyacente.

Diagrama de árbol mediante el método binomial para la opción de venta o put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						0.000
					0.000	
				0.000		0.000
			0.000		0.000	
		0.078		0.000		0.000
	0.315		0.268		0.000	
0.766		0.894		0.918		0.000
	1.874		2.424		3.140	
		4.292		6.118		10.740
			8.941		13.494	
				16.098		20.730
					23.118	
						30.000

El árbol de la opción de venta equivalente nos arroja un resultado de \$ 0.766 pesos por cada acción contratada mediante este instrumento. La gran diferencia en los valores de ambos contratos es debido a que las tendencias en el comportamiento de cada variable actualmente es mucho más propicio para la compra de calls que de puts.

5.4 La delta de una opción.

La valuación de una opción, tomando en cuenta el valor presente de los posibles pagos futuros de ésta, permite dar una explicación intuitiva del comportamiento en la prima.

Sin embargo, en la práctica el definir todos los posibles escenarios y sus posibilidades de ocurrencia es una labor no sólo ardua, sino posiblemente inútil.

La valuación de una opción se calcula de acuerdo al costo aproximado de cobertura para el emisor de dicha obligación. Es decir, en el costo se asume que el emisor de una opción neutraliza su riesgo y busca obtener un rendimiento similar al de "renta fija".

Esta idea de cobertura es la base para la mayoría de los modelos de valuación utilizados en la práctica. Tal vez el más conocido de estos modelos es el "Black and Scholes" y el método binomial.

¿Pero que significa estar cubierto? o ¿contra qué se neutraliza el valor de un portafolio que contiene una opción?

El emisor de opciones está totalmente cubierto cuando el valor total de su portafolio, que puede incluir otras opciones, futuros e instrumentos primarios, se mantiene fijo a pesar de los movimientos experimentados por las variables que afectan el valor de las opciones.

El valor de una opción se ve afectado por: los movimientos del subyacente que ampara, las tasas de interés, el tiempo a vencimiento y la volatilidad. Dado lo anterior, es necesario saber cual es la variable contra la que se desea cubrir el valor del portafolio de opciones.

La cobertura contra movimientos del valor subyacente que ampara la opción es tal vez, la más obvia. Así para cubrir la emisión de una opción de compra de un título "Cemex B", cuyo valor aumentará con alzas en el precio de esta acción y se reducirá ante bajas, se requiere de la compra de algún instrumento cuyo valor experimente un comportamiento similar. Instrumentos que podemos considerar incluyen acciones u otras opciones de "Cemex B".

La siguiente pregunta sería, ¿cuál es la cantidad de acciones o sus derivados que mantendrán el valor del portafolio constante?. A este número se le conoce como **delta**.

Podemos definir la delta de una opción como la cantidad de títulos del subyacente necesarios para mantener el valor de un portafolio que la contiene, constante para variaciones en el precio del subyacente. Ejemplificaremos la cobertura delta para 100 títulos opcionales de compra vigentes sobre

la emisión denominada CMX509A DC031. Dicha emisión ampara una acción de Cemex B, tiene un precio de ejercicio 19.88 y vence el 5 de septiembre de 1995. Utilizaremos los precios de la emisora del 24 al 28 de abril y el precio teórico de la opción.

Tabla 5: "Comportamiento de la delta de una opción y su relación con el número de acciones subyacentes"

Día	Número opciones	Precio opción	Valor opciones	Delta	Número acciones	Precio acción	Valor acciones	Efectivo	Valor portafolio	Cambio
								1500	1500.0	
24	-100	3.86	\$ (386)	0.79	79	19.40	1533	353	1500.0	0.0
25	-100	3.99	\$ (399)	0.80	80	19.60	1568	334	1502.6	2.6
26	-100	3.67	\$ (367)	0.79	79	19.20	1517	353	1502.8	0.2
27	-100	3.50	\$ (350)	0.76	76	19.00	1444	410	1503.8	1.0
28	-100	3.63	\$ (363)	1.79	79	19.20	1517	352	1506.3	2.5

El cuadro superior asume que el cliente comienza con un portafolio en efectivo de \$1,500. La explicación de los movimientos de los días siguientes se presenta a continuación. Empezamos con el Día 24:

El inversionista emite 100 opciones cada una con valor de 3.86, por lo que recibe \$386, pero adquiere un pasivo del mismo valor.

La delta teórica para una opción en este día es 0.79 que por 100 opciones implicaría la compra de 79 acciones. 79 acciones de Cemex B que valían \$19.40 implicarían un costo de \$1,533.

El inversionista recibió \$386 de prima, tenía al día anterior \$1,500 en efectivo y necesita \$1,533 para comprar las Cemex B, por lo que el efectivo que le quedará al final del día es \$353.

Finalmente, el valor de su portafolio en este primer día, acciones, más efectivo, menos pasivos, será \$1500; es decir se mantiene sin cambio. El día 25: La acción aumentó a \$19.60 con lo que el pasivo del inversionista aumentó a \$399, \$13 más que contra el día anterior. La delta aumentó a 0.80 por lo que las acciones que requiere ahora son 80. El valor de 80 Cemex B a 19.60 es de \$1568.

El inversionista compró una acción extra (de 79 a 80) por lo que su efectivo se reduce en 19.60.

El valor final del portafolio es \$1502.60.

El cambio en el valor del portafolio producto de un movimiento en Cemex B es 2.60. Nótese que la idea era mantenerlo neutral ante estos cambios.

Para los siguientes días los movimientos pueden analizarse de manera similar.

Algunas observaciones sobre el comportamiento de la delta:

- 1.- La delta que se presenta se fija anterior al movimiento. Por lo que no necesariamente el portafolio se mantiene sin cambio.
- 2.- La delta es la sensibilidad de la opción a cambios "muy pequeños" en el subyacente. En realidad los cambios en las acciones son al menos de una puja de tamaño.
- 3.- La delta cambia con cada movimiento del subyacente, con el paso del tiempo, con cambios en la volatilidad y la tasa de interés.
- 4.- La cobertura delta sólo es perfecta en teoría, en la práctica, se puede ganar o perder dinero. En el ejemplo, seguir la delta teórica implica una ganancia en cada movimiento.
- 5.- El precio de una opción también se ve afectado por otras variables distintas al subyacente.

Como puede verse la cobertura de delta implica un costo para quien se cubre pues se compran acciones cuando el movimiento es al alza y se venden a la baja.

En resumen, la cobertura delta permite aislar el valor de un portafolio de movimientos en el subyacente, o equivalentemente, permite conocer la sensibilidad del precio de una opción a movimientos pequeños en su subyacente.

Este parámetro lo volveremos a manejar durante los ejemplos que corresponden a los contratos de opciones sobre futuros de índices.

6. - CONTRATOS DE OPCIONES SOBRE DIVISAS

La función más importante de cualquier opción negociada, es la de hacer que el inversor se beneficie, ó se proteja, del riesgo inherente en cualquier tipo de inversión.

Por lo tanto, las opciones sobre divisas proporcionan un vehículo para transferir el riesgo en las oscilaciones de los tipos de cambio, desde aquellos agentes que desean protegerse a cambio de un precio a aquellos otros que están dispuestos a asumirlos. Una opción sobre una divisa da a su propietario el derecho a adquirir (call) ó a vender (put), una cantidad fija de dicha divisa a un tipo de cambio predeterminado (el precio de ejercicio ó exercise price), a cambio de pagar una prima sobre dicho derecho. Como es lógico, el tratamiento de este tipo de opciones es similar al de las opciones sobre muchos otros activos, puesto que lo único que cambia es dicho subyacente.

Ordinariamente los inversores se ven necesitados de una herramienta que les proteja contra los movimientos adversos de los tipos de cambio. Esto es así porque cualquiera que posea una cartera formada por títulos de empresas internacionales se encuentra expuesto, no sólo al riesgo sistemático de los títulos que operan en su mercado de valores local, sino también a las fluctuaciones de los tipos de cambio. Como resultado, hay una creciente necesidad de un vehículo que facilite la gestión del riesgo de los tipos de cambio. Las opciones sobre divisas ayudan a desagaviar esta necesidad posibilitando que un amplio rango de inversores y hombres de negocios limiten su exposición al riesgo de movimientos adversos en dichos tipos de cambio, ó se beneficien de los movimientos favorables de los mismos.

Dos sencillos ejemplos comentados pueden ser suficientes para ilustrar cómo se pueden utilizar las opciones sobre divisas para cubrir dicho tipo de riesgo: Un contratista mexicano, que deberá pagar en una fecha futura una cierta cantidad en dólares americanos para adquirir una serie de materiales, podría adquirir una opción de compra sobre dicha divisa con objeto de proteger el poder adquisitivo de sus pesos; también, una empresa norteamericana que pretenda invertir en títulos mexicanos podría adquirir una opción de compra para asegurar la adquisición de pesos a un tipo ventajoso.

El efecto de las variaciones en los tipos de cambio de las dos monedas se puede resumir de la siguiente forma:

a) si el valor del dólar subiera en relación con el peso, el precio de la opción de compra aumentaría, decreciendo el de la opción de venta; esto es porque el activo subyacente se estaría revaluando.

b) si el dólar bajara su valor en relación con el peso, el precio de la opción de compra disminuiría, ascendiendo el de la opción de venta.

Las opciones sobre divisas ofrecen al inversor una mayor flexibilidad en la gestión de su inversión y de sus riesgos, puesto que le ayudan a proteger el poder adquisitivo de su dinero a cambio de pagar una cantidad conocida (la prima). El valor de una opción sobre una divisa depende de la relación entre la divisa subyacente y de la que se toma para valorar el contrato (dólares y pesos respectivamente, en los ejemplos anteriores). Además, el precio de una opción tiende a cambiar como resultado del movimiento del tipo de cambio de ambas monedas. De esta forma, el peso quizás pueda mantenerse estable frente a una gran variedad de divisas, pero **el precio de la opción en pesos** reaccionará a las fluctuaciones del tipo de cambio peso - dólar.

6.1 Características de algunos contratos sobre divisas

A efectos de conocer un típico contrato de opciones sobre divisas, vamos a analizar dos de los existentes en la Bolsa Internacional de Londres:

El Dólar/Libra esterlina y el Dólar/Marco alemán.

Dólar/Libra esterlina

Datos:

Tamaño del contrato: **12,500 Libras.**

Precios de ejercicio: en dólares y centavos por cada Libra esterlina; intervalos de 5 centavos.

Cotización de las primas: en centavos de dólar por cada libra; la oscilación mínima del precio será de 0.05 centavos (valor del contrato \$ 6.25).

Clave nemotécnica: YBP.

Dólar/Marco alemán

Datos:

Tamaño del contrato: **62,500 Marcos alemanes.**

Precios de ejercicio: en dólares y centavos por cada marco alemán; intervalos de 1 centavo.

Cotización de las primas: en centavos de dólar por cada marco; la oscilación mínima del precio será de 0.01 centavos (valor del contrato \$ 6.25).

Clave nemotécnica: YDM.

Las fechas de vencimiento de los contratos son en marzo, junio, septiembre, diciembre más dos de los tres meses más cercanos, así que se negocian simultáneamente seis fechas.

El momento de la entrega será el tercer día hábil siguiente al envío de la notificación del ejercicio de la opción.

Método de entrega: las libras ó marcos, van a ser entregados a un banco inglés ó alemán, propuesto por la I.C.C.H. (International Commodities Clearing House) contra pagos del precio de ejercicio, en dólares y centavos americanos, a un banco de Nueva York propuesto por la I.C.C.H.

El pago de la prima se realizará durante la totalidad del día siguiente al de la adquisición de la opción.

La comisión (incluyendo la parte correspondiente a la Cámara de compensación), será negociable. En México, "Asigna, liquidación y compensación", es la entidad encargada de representar este papel de contraparte en las operaciones de divisas.

6.2 Análisis del precio de la opción sobre divisas

Los mismos factores sobre los que incidimos en la sección referente a los ejemplos en el cálculo del valor de una opción call o put sobre un título cualquiera, también son aplicables para las opciones sobre divisas; sólo que estos giran en torno a un distinto activo subyacente y de cualquier manera es bueno hacer un resumen de las mismas aplicándolo a las opciones sobre divisas.

6.3 Relación entre el tipo de cambio de contado y el precio de ejercicio de la opción.

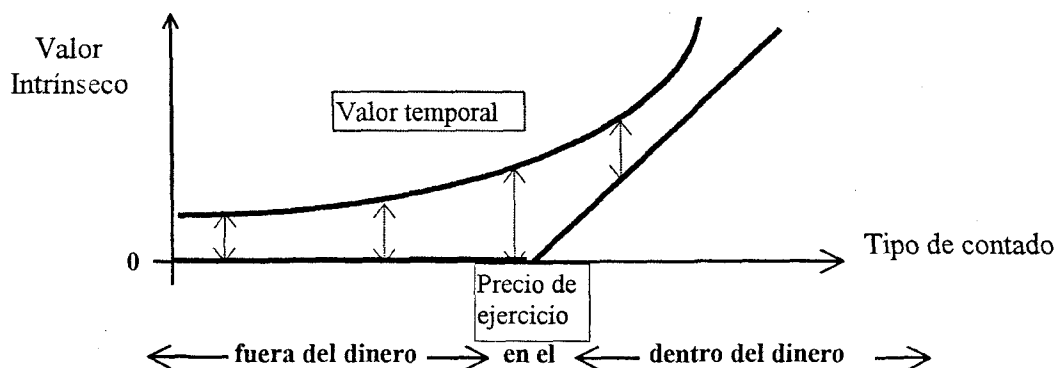
Cuanto mayor sea la diferencia entre el tipo de cambio al contado y el precio de ejercicio de la opción, mayor será el valor intrínseco de la opción de compra y mayor la prima que se deberá pagar por ella. Por el contrario, la prima de una opción de venta cae cuando el valor de la divisa aumenta y el valor intrínseco descende.

Una opción de compra que se encuentre bien adentrada en la zona "fuera del dinero" tendrá una prima muy pequeña, puesto que la probabilidad de que el tipo de contado supere al de ejercicio es muy pequeña.

Por otro lado, el valor temporal existente en una opción "dentro del dinero" será realmente pequeño porque hay un ligero riesgo de que el precio de contado caiga por debajo del de ejercicio. Ahora bien, el adquirente de una opción de este tipo deberá pagar un alto precio intrínseco, que se moverá en la misma línea que los cambios en el tipo de contado o spot.

La siguiente figura ilustra el valor intrínseco y temporal de una **opción de compra**, teniendo en cuenta sus precios "en, dentro y fuera del dinero".

Gráfica 4: "Relación de los valores de una opción contra su precio en, dentro y fuera y del dinero"



6.4 La volatilidad del tipo al contado

Sabemos que la volatilidad es una medida del movimiento esperado en el precio del activo subyacente durante un cierto período de tiempo. Como hemos analizado con anterioridad, ésta se expresa habitualmente como un porcentaje anual sobre el precio del activo.

Si la volatilidad del tipo de cambio se duplicase, se podría esperar una desviación en el tipo del doble de la originalmente supuesta, lo que quiere decir que una opción que se encontrase en la zona "en el dinero", podría adquirir un valor intrínseco del doble del supuesto al principio. Resumiendo, el precio de una opción "en el dinero" tiende a aumentar casi en línea con la volatilidad anticipada del tipo de cambio de contado subyacente (Ver gráfica del apartado anterior).

6.5 El tiempo de vida de la opción

La prima también es afectada por el tiempo que le queda de vida a la opción antes de su vencimiento. Cuanto mayor sea éste, mayor será la posibilidad de alteraciones en el tipo de cambio antes del vencimiento, por tanto, dicha probabilidad se reflejará en el precio de la opción.

6.6 Los tipos de interés

Los tipos de interés a corto plazo sobre las monedas subyacente y doméstica juegan un papel importante en la valoración de los contratos de opción. Primero, la relación entre ambos tipos de interés determina de qué forma el tipo de cambio a plazo se mueve con relación al tipo de contado; y éste a su vez, influye en el precio que los participantes en el mercado están deseando establecer sobre una opción, que está valorada según el tipo a plazo.

En segundo lugar, el comprador de una opción espera un rendimiento sobre su inversión en línea con el vigente tipo de interés del dólar. Esta relación se vuelve más obvia cuando el tipo de interés del dólar aumenta y el valor de la opción cae debido a que los compradores potenciales están más renuentes a invertir dinero en opciones (suponiendo que la volatilidad se mantenga inalterable).

7. - ESTRATEGIAS DE UTILIZACION DE LAS OPCIONES SOBRE DIVISAS

Como ya hemos indicado anteriormente, la adquisición de opciones de compra ó de venta sitúa a su propietario en una posición en la que los beneficios potenciales son virtualmente ilimitados, pero donde las posibles pérdidas sólo alcanzan, a lo mucho, a la prima pagada por las mismas.

Por otra parte, el emisor se enfrenta a la situación opuesta, pues sus pérdidas son virtualmente ilimitadas mientras que su beneficio máximo se limita a la prima recibida al principio. La adquisición de opciones es una estrategia intrínsecamente más conservadora que su emisión. Ahora bien, el riesgo asociado a esta última no es tan grande como en un principio pudiera parecer, y ello se debe a que:

- a) Las posiciones pueden estar cubiertas al disponer de la divisa subyacente.
- b) El ejercicio de la opción es improbable a menos que el valor temporal de la opción sea desproporcionalmente pequeño con relación al valor teórico de la misma; esto sobre todo en los contratos put.
- c) El precio de la opción es dictado por la contraposición de la oferta y la demanda en el mercado, y cualquier anomalía en la valoración del mismo es corregida automáticamente.
- d) Cualquier posición abierta en opciones negociadas puede cerrarse si el riesgo aumenta peligrosamente.

7.1 Adquisición de opciones de compra para cubrirse del posible aumento en el valor de una divisa.

Ejemplo :

El gerente de una cartera británica mantiene depósitos en dólares valorados en 2 millones de dólares, que al tipo de cambio prevaleciente de 1.40 Dlls. por libra, representan 1.43 millones de libras esterlinas. Él desea proteger el valor de las libras de su depósito por un período no mayor de nueve meses, por lo que adquiere 115 opciones de compra de libras a 140 cts./libra de precio de ejercicio

(cada contrato de opción está amparando 12,500 libras en el mercado londinense, como se vio en un detalle anterior de los mismos).

$$\frac{2,000,000}{1.40 \text{ Dlls./Lb.} \times 12,500 \text{ Lbs.}} = 114.30 = 115 \text{ contratos.}$$

La prima se establece en 7.9 cts., lo que representa un costo total de:

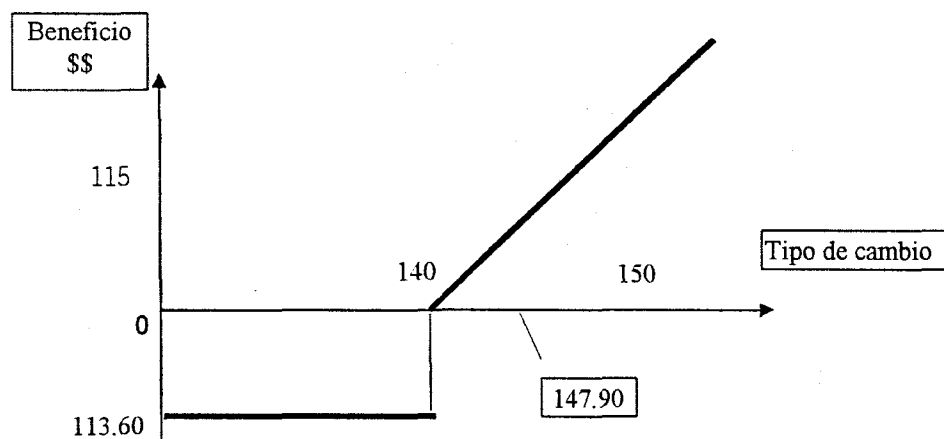
$$115 \text{ contratos} \times 12,500 \text{ Lbs.} \times 0.079 \text{ Dlls./Lb.} = \$ 113,563 \text{ Lbs.}$$

Dos meses más tarde, el dólar se ha debilitado, así que el tipo de cambio se ha establecido en 1.45 Dlls./Lb. El valor del depósito en libras ha descendido hasta 1.38 millones en libras (50,000 libras menos), pero el valor neto de la opción es, ahora, de 11.20 cts. (valor teórico de 5 cts. y valor temporal de 6.2 cts.). La ganancia en la posición de la opción es:

$$115 \times (0.112 \text{ Dlls/lb.} - 0.079 \text{ Dlls/lb.}) \times \frac{12,500 \text{ Lb.}}{1.45 \text{ Dlls/lb.}} = 32,715 \text{ Lbs.}$$

Lo que reduce una buena proporción de la pérdida del valor del depósito (en un 65 %).

Gráfica 5: "Efecto de la cobertura con una opción call sobre divisas"



7.2 Adquisición de opciones de venta para protegerse contra una caída en el valor de una divisa.

Las opciones de venta se pueden utilizar para asegurar que las libras -retomando el caso-, mantengan su poder adquisitivo con respecto al dólar. Por ejemplo, una empresa norteamericana, que exporta a

Gran Bretaña y recibe los pagos en libras, podría adquirir opciones de venta con objeto de protegerse de una caída de la divisa británica.

Si en el mes de junio la empresa americana espera recibir un millón de libras dentro de tres meses, y el tipo de cambio de contado es de 1.25 Dlls./Libra, la empresa podría adquirir 80 contratos de opción de venta de libras (1,000,000 Lb./ 12,500 Lb.) con vencimiento en septiembre con un precio de ejercicio de 125 valoradas en 3.80 cts. la unidad.

Si en el transcurso de agosto se pagan 1.15 Dlls. por libra, el valor de mercado de la opción ha ascendido hasta los 11.90 cts., por lo que la empresa podría cerrar su posición con un beneficio que le compensaría en gran parte por los 100,000 Dlls. de caída en el valor de la moneda británica:

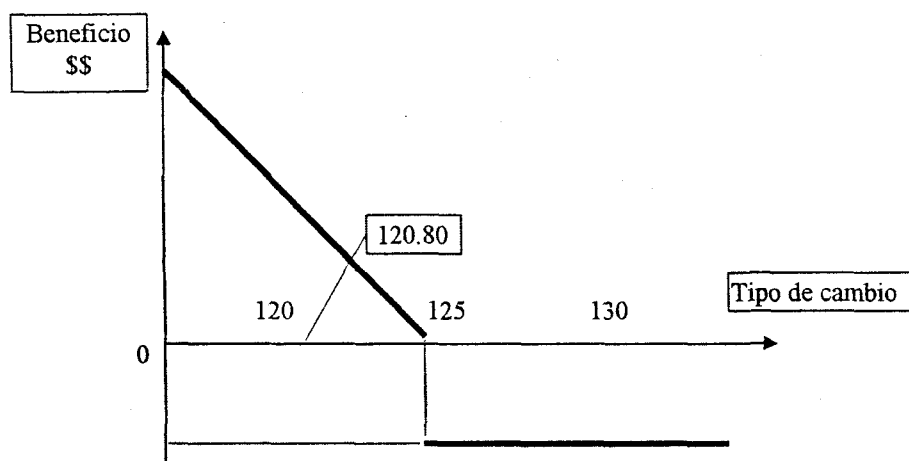
Valor de mercado de la opción \$ 0.119 Dlls.

(-) Costo de la opción 0.038 Dlls.

B e n e f i c i o : $\$ 0.081 \times 12,500 \times 80 = \$ 81,000$ Dlls.

En enero, cuando el tipo de cambio de contado se encuentra en 1.25 Dlls./Lb., una empresa americana que posee depósitos en libras, los cuáles han aumentado su valor en dólares desde, por ejemplo, 2 a 2.5 millones de dólares, cree que un posterior aumento es improbable, por lo que pretende asegurar su beneficio adquiriendo 160 contratos de opciones de venta, con vencimiento en marzo, con un precio de ejercicio de 125 cts., que están valoradas en 4.20 cts. la unidad. Si la libra cae, el precio de la opción aumentará para contrarrestar las pérdidas de los depósitos en libras.

Gráfica 6: "Efecto de la cobertura con una opción put sobre divisas"



Si el mercado de opciones de divisas cuenta con suficiente eficiencia y liquidez, los inversores no tendrán que mantener sus contratos hasta su expiración y un inversor podrá cerrar ó ejercer sus contratos en cualquier momento.

7.3 Ejemplos de opciones de compra y de venta sobre divisas

En los siguientes ejemplos se mostrará el procedimiento completo para la valoración de contratos de opciones europeas sobre el dólar - tanto call como put -, con la intención de cubrirse de una posible alza o baja respectivamente sobre dicha divisa con relación al peso mexicano. También se verá el caso de las opciones conocidas como "topadas", las cuáles implican pagar una prima de adquisición más baja pero a cambio de tener limitado el rango de la cobertura; estos contratos topados, así como los no topados, ya se manejan en algunas casas de bolsa mexicanas.

7.4 Ejemplo para una opción call europea sobre divisas:

Inicialmente, en la tabla que sigue se muestra un ejemplo del cálculo de la volatilidad para el dólar en las últimas 12 semanas del ejercicio de 1997: (Los tipos de cambio se consultaron de la revista IDC)

Fecha	Precio de cierres	$R_t = \ln(S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
10-Oct-97	7.7700				
17-Oct-97	7.7300	-0.005161302	0.00450564	-0.00966694	9.345E-05
24-Oct-97	7.7630	0.004259995	0.00450564	-0.00024565	6.0343E-08
31-Oct-97	8.3433	0.072089964	0.00450564	0.06758432	0.00456764
07-Nov-97	8.3650	0.002597513	0.00450564	-0.00190813	3.641E-06
14-Nov-97	8.3800	0.00179158	0.00450564	-0.00271406	7.3661E-06
21-Nov-97	8.2883	-0.011003033	0.00450564	-0.01550868	0.00024052
28-Nov-97	8.2165	-0.008700554	0.00450564	-0.0132062	0.0001744
05-Dic-97	8.1057	-0.01357681	0.00450564	-0.01808245	0.00032698
11-Dic-97	8.1394	0.004148949	0.00450564	-0.00035669	1.2723E-07
19-Dic-97	8.0740	-0.008067445	0.00450564	-0.01257309	0.00015808
26-Dic-97	8.1648	0.011183209	0.00450564	0.00667757	4.459E-05
Suma :		0.049562067		Suma :	0.00561686

$$\bar{r} \text{ media} = 0.049562067 / 11 = 0.00450564$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.00561686 = 0.00056168 = 0.0562\%$$

$$v = \sqrt{0.00056168} = 0.0237100 = 2.371\% \text{ semanal.}$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{52} * 0.0237100 = 0.170975 = 17.098\% \text{ anual}$$

Con base en esta información histórica y según los cálculos que se realizaron para este activo, podemos saber que para calcular la prima de una opción call o put en el momento actual, debemos aplicar una volatilidad del 17.098% para referirnos a un contrato que tenga como activo subyacente a la divisa del dólar. Esta información es de primera necesidad para realizar los pasos siguientes en la valoración del contrato.

Consideremos las siguientes características para un contrato call sobre el dólar, calculando toda la información necesaria para conocer la prima de esta opción de compra:

Plazo (en años) :	0.5	(6 meses)
Tipo de cambio actual :	\$ 8.165	(al 26 de Dic/97)
Tipo de cambio de ejercicio	\$ 8.165	(La opción está "en el dinero")
Tasa de interés dólares:	11.842%	(Libor + 6 puntos)
Tasa de interés pesos :	20.700%	(Cetes a 182 días)
Volatilidad anual (Ptje.) :	17.098%	
No. de períodos opción :	6	

$$r_f = \ln(1 + 0.11842) = 0.1119$$

" r_f " representa el interés nominal de la divisa extranjera libre de riesgo, definido como "tasa instantánea" dado el descuento continuo que se aplica en la fórmula.

$$r_d = \ln(1 + 0.2070) = 0.1881$$

" r_d " representa el interés nominal de la divisa doméstica libre de riesgo, definido como "tasa instantánea" dado el descuento continuo que se aplica en la fórmula.

$$u = e^{0.17098 * (0.50/6)^{1/2}} = 1.0506 \text{ Factor de probabilidad al alza asociado al subyacente.}$$

$$d = 1 / 1.0506 = 0.9518 \text{ Factor de probabilidad a la baja asociado al subyacente.}$$

$$R = e^{0.1881 * (182 / 365) / 6} = 1.0158 \text{ Tasa de "interés instantáneo" en la opción, aplicable a la divisa doméstica.}$$

$$F = e^{0.1119 * (182 / 365) / 6} = 1.0094 \text{ Tasa de "interés instantáneo" en la opción, aplicable a la divisa extranjera.}$$

Como habíamos manifestado, la fórmula de "p" para opciones sobre divisas es igual a:

$$p = [(R / F) - d / (u - d)]$$

$$p = \frac{(1.0158 / 1.0094) - 0.9519}{1.0505 - 0.9519} = 0.5522$$

$$1 - p = 0.4478$$

El parámetro "p" representa la probabilidad asociada al factor del movimiento multiplicativo al alza del activo subyacente ("u") y el parámetro "1-p" a la baja; como sabemos, nos serán útiles para determinar el valor de la opción en cada nodo del árbol mediante un método recursivo asociándolo con el elemento del período inmediato anterior, hasta llegar al valor de la prima. Los valores para cada árbol se desarrollan en los siguientes apartados.

Comenzamos por calcular el árbol binomial para el activo subyacente, asociando su precio de mercado con los factores de probabilidad "u" y "d":

Diagrama para la evolución del activo subyacente :

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						\$ 10.979
				\$ 9.947	\$ 10.450	\$ 9.946
		\$ 9.012	\$ 9.468	\$ 9.011	\$ 9.467	\$ 9.010
\$ 8.165	\$ 8.578	\$ 8.164	\$ 8.577	\$ 8.163	\$ 8.576	\$ 8.163
	\$ 7.771	\$ 7.396	\$ 7.770	\$ 7.395	\$ 7.770	\$ 7.395
			\$ 7.040	\$ 6.701	\$ 7.039	\$ 6.700
					\$ 6.378	\$ 6.071

Aplicando el ya conocido método recursivo para los valores en cada nodo del árbol, calculamos en el último período los valores intrínsecos, para luego llegar a conocer la prima de la opción de compra mediante la ya analizada expresión siguiente:

$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						2.814
				1.850	2.315	1.781
		1.041	1.416	0.931	1.341	0.845
0.5112	0.740	0.395	0.616	0.250	0.459	0.000
	0.247	0.074	0.136	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	0.000	0.000
				0.000	0.000	0.000
					0.000	0.000

Para una opción de compra europea de un período de seis meses y con las características anteriores, el valor de su prima tendrá un costo de \$ 0.5112 pesos por cada dólar contratado.

De igual forma que para las anteriores, calcularemos ahora el diagrama de árbol correspondiente a la misma opción si consideramos un tope en su valor intrínseco hasta de \$1.185 pesos por dólar contratado.

7.5 Diagrama para la evolución del activo subyacente (Con límite):

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						\$ 9.350
					\$ 9.350	
			\$ 9.350	\$ 9.350	\$ 9.350	\$ 9.350
		\$ 9.012		\$ 9.012		\$ 9.011
	\$ 8.578		\$ 8.578		\$ 8.577	
\$ 8.165		\$ 8.165		\$ 8.164		\$ 8.163
	\$ 7.771		\$ 7.771		\$ 7.770	
		\$ 7.396		\$ 7.396		\$ 7.395
			\$ 7.040		\$ 7.040	
				\$ 6.701		\$ 6.701
					\$ 6.378	
						\$ 6.071

Aplicando el ya conocido método recursivo para los valores en cada nodo del árbol, calculamos ahora la prima de la opción de compra topada:

7.6 Diagrama para la evolución del precio de la opción call topada:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						1.185
					1.167	
				1.083		1.185
			0.922		1.017	
		0.731		0.756		0.846
	0.549		0.521		0.460	
0.3950		0.343		0.250		0.000
	0.219		0.136		0.000	
		0.074		0.000		0.000
			0.000		0.000	
				0.000		0.000
					0.000	
						0.000

Para una opción de compra europea con rendimiento intrínseco topado, obtenemos una prima menor al de la opción no topada; esto es obvio ya que de esta forma estamos limitando los posibles beneficios que nos dejaría la opción en el supuesto caso de que la divisa subyacente se revaluara más allá del valor límite estipulado en el contrato.

Comparando las primas de cada tipo de opción, notamos que en esta última se disminuyó en \$0.1162 pesos el costo por cada dólar contratado, lo que puede significar un buen ahorro en el manejo de montos importantes.

7.7 Ejemplo para una opción put europea sobre divisas :

Considerando los mismos datos de la opción call, calculemos ahora la información necesaria para la opción de venta:

Plazo (en años) :	0.5	(6 meses)
Tipo de cambio actual :	\$ 8.165	(al 26 de Dic/97)
Tipo de cambio de ejercicio	\$ 8.165	(La opción está "en el dinero")
Tasa de interés dólares:	11.842%	(Libor + 6 puntos)
Tasa de interés pesos :	20.700%	(Cetes a 182 días)
Volatilidad anual (Ptje.) :	17.098%	
No. de períodos opción :	6	

$$r_f = \ln(1 + 0.11842) = 0.1119$$

" r_f " representa el interés nominal de la divisa extranjera libre de riesgo, definido como "tasa instantánea" dado el descuento continuo que se aplica en la fórmula.

$$r_d = \ln(1 + 0.2070) = 0.1881$$

" r_d " representa el interés nominal de la divisa doméstica libre de riesgo, definido como "tasa instantánea" dado el descuento continuo que se aplica en la fórmula.

$$u = e^{0.17098 * (0.50/6)^{1/2}} = 1.0506 \text{ Factor de probabilidad al alza asociado al subyacente.}$$

$$d = 1 / 1.0506 = 0.9518 \text{ Factor de probabilidad a la baja asociado al subyacente.}$$

$$R = e^{0.1881 * (182/365) / 6} = 1.0158 \text{ Tasa de interés "instantáneo" aplicable a la divisa doméstica.}$$

(aplicable a la probabilidad del activo con riesgo)

$$F = e^{0.1119 * (182/365) / 6} = 1.0094 \text{ Tasa de interés "instantáneo" aplicable a la divisa extranjera.}$$

(aplicable a la probabilidad del activo con riesgo)

Para opciones sobre divisas, la fórmula de "p" es igual a:

$$p = [(R / F) - d / (u - d)]$$

$$p = \frac{(1.0158 / 1.0094) - 0.9518}{1.0506 - 0.9518} = 0.5522$$

$$1 - p = 0.4478$$

Recordemos que el parámetro "p" representa la probabilidad asociada al factor del movimiento multiplicativo al alza del activo subyacente ("u") y el parámetro "1-p" a la baja; como sabemos, nos serán útiles para determinar el valor de la opción en cada nodo del árbol mediante un método recursivo asociándolo con el elemento del período inmediato anterior, hasta llegar al valor de la prima.

Los valores para cada árbol se desarrollan en los siguientes apartados.

Diagrama para la evolución del activo subyacente :

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
					\$ 10.450	\$ 10.979
				\$ 9.947		\$ 9.947
			\$ 9.468		\$ 9.468	
		\$ 9.012		\$ 9.012		\$ 9.011
	\$ 8.578		\$ 8.578		\$ 8.577	
\$ 8.165		\$ 8.165		\$ 8.164		\$ 8.164
	\$ 7.771		\$ 7.771		\$ 7.770	
		\$ 7.396		\$ 7.396		\$ 7.395
			\$ 7.040		\$ 7.040	
				\$ 6.701		\$ 6.701
					\$ 6.378	
						\$ 6.071

Aplicando el ya conocido método recursivo para los valores en cada nodo del árbol, calculamos ahora la prima de la opción:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						0.000
					0.000	
				0.000		0.000
			0.000		0.000	
		0.029		0.000		0.000
	0.103		0.066		0.000	
0.2235		0.199		0.150		0.001
	0.380		0.370		0.340	
		0.617		0.654		0.770
			0.944		1.064	
				1.336		1.464
					1.719	
						2.094

Para una opción de venta europea de un período de seis meses y con las características anteriores, el valor de su prima tendrá un costo de \$ 0.2235 pesos por cada dólar contratado mediante la opción.

Por otro lado, es factible también reducir la prima de esta opción europea a cambio de ceder posibles rendimientos; esto es, topando el valor intrínseco de la opción hasta un determinado monto.

A continuación valoraremos una opción put europea con un **rendimiento intrínseco topado** hasta \$1.165 pesos para la misma divisa subyacente. Los valores del árbol binomial para el contrato se encuentran a continuación. Nótese que la diferencia con el primer árbol se encuentra en el período cuatro, en el cuál la divisa alcanza el tipo de cambio propuesto por la opción como valor máximo (\$7.00); a partir de dicho valor, el árbol sólo considerará tal límite para calcular los siguientes períodos en los que evolucionaría el subyacente, siempre sin excederse.

7.8 Diagrama para la evolución del activo subyacente (Con límite):

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						\$ 10.979
					\$ 10.450	
				\$ 9.947		\$ 9.947
			\$ 9.468		\$ 9.468	
		\$ 9.012		\$ 9.012		\$ 9.011
	\$ 8.578		\$ 8.578		\$ 8.577	
\$ 8.165		\$ 8.165		\$ 8.164		\$ 8.163
	\$ 7.771		\$ 7.771		\$ 7.770	
		\$ 7.396		\$ 7.396		\$ 7.396
			\$ 7.040		\$ 7.040	
				\$ 7.000		\$ 7.000
					\$ 7.000	
						\$ 7.000

Aplicando el ya conocido método recursivo para los valores en cada nodo del árbol, calculamos ahora la prima de la opción de venta topada:

7.9 Diagrama para la evolución del precio de la opción put topada:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						0.000
					0.000	
				0.000		0.000
			0.000		0.000	
		0.029		0.000		0.000
	0.099		0.066		0.001	
0.2011		0.188		0.150		0.002
	0.334		0.344		0.340	
		0.526		0.596		0.769
			0.770		0.932	
				1.012		1.165
					1.147	
						1.165

Para una opción de venta europea con rendimiento intrínseco topado, obtenemos una prima menor a la de la opción no topada; esto resulta obvio, ya que de esta forma estamos limitando los posibles beneficios que nos dejaría la opción en el supuesto caso de que la divisa subyacente se devaluara más allá del valor límite estipulado en el contrato financiero.

Comparando las primas de cada tipo de opción, notamos que en esta última se disminuyó en \$0.0224 pesos el costo por cada dólar contratado, lo que puede significar un buen ahorro en el manejo de montos importantes.

7.10 La paridad Put-Call en las opciones sobre divisas.

La paridad put-call enuncia la equivalencia de posiciones en la compra (ó venta) de opciones put con la compra (ó venta) de opciones call y posiciones en el activo subyacente de las respectivas opciones. Seguiremos haciendo mención de esta característica de los contratos de opciones en distintos ejemplos posteriores y para diversos subyacentes.

Para opciones europeas sobre divisas, la paridad put-call se puede establecer del siguiente modo:

$$P = C - X_o * (1 + rf)^{-T} + X_e * (1 + rd)^{-T} \quad \text{para las opciones de venta.}$$

siendo:

P = Costo de la prima de la opción put para la divisa correspondiente.

C = Costo de la prima de la opción call para la divisa correspondiente.

X_o = Tipo de cambio al contado de la divisa a adquirir en moneda nacional.

X_e = Tipo de cambio al contado de ejercicio de la opción.

T = Plazo hasta el vencimiento en términos anuales.

rf = tipo de interés libre de riesgo en el país de la divisa extranjera, definido como tasa instantánea.

rd = tipo de interés libre de riesgo en la moneda nacional, definido como tasa instantánea.

Ejemplo:

Para la opción call anterior, cuyo costo resultó ser de \$0.5112 pesos por cada dólar contratado, calcular el valor de la prima de la opción put equivalente considerando los mismos datos que para la opción call:

$$P = 0.5112 - 8.165 * (1 + 0.11842)^{-0.5} + 8.165 * (1 + 0.2070)^{-0.5}$$

$$P = 0.5112 - 7.7205 + 7.4321$$

$$P = \quad \$ 0.2235 \text{ Pesos por cada dólar contratado.}$$

Que como vemos, es el valor encontrado desarrollando el árbol binomial para la opción de venta sin tope.

7.11 El valor futuro del dólar y las opciones Call.

Para lograr tener una mejor visión de las opciones sobre divisas, consideremos la posibilidad de que una empresa importadora mexicana tenga una deuda en dólares y que deberá pagarla dentro de seis meses, pero ante la dificultad de predecir con exactitud el tipo de cambio futuro, desee cubrir el principal y/o los intereses de manera que su valor en pesos sea conocido, ó al menos tenga un valor máximo.

Lo anterior puede lograrse haciendo una cobertura con opciones de compra sobre la divisa del dólar:

Monto de la deuda (Dls.): 500,000.00
Precio actual del dólar : \$ 8.165 (al 26/dic/97)
Precio de ejercicio Call : \$ 8.165
Costo de la prima por opción: \$ 0.5112 pesos por dólar contratado
Período del contrato : 6 meses.

La tabla siguiente muestra distintos escenarios posibles al término de la operación:

Tabla 6: Efectos resultantes para diferentes cotizaciones del dólar utilizando una opción call.

Valor del dólar a vcto.	Valor de la deuda	Ganancia en opción Call	Costo de la prima	Costo total en pesos
\$ 7.70	\$ 3,850,000.00	\$ 0.00	\$ 255,600.00	\$ 4,105,600.00
\$ 7.80	\$ 3,900,000.00	\$ 0.00	\$ 255,600.00	\$ 4,155,600.00
\$ 7.90	\$ 3,950,000.00	\$ 0.00	\$ 255,600.00	\$ 4,205,600.00
\$ 8.165	\$ 4,082,500.00	\$ 0.00	\$ 255,600.00	\$ 4,338,100.00
\$ 8.30	\$ 4,150,000.00	\$ 67,500.00	\$ 255,600.00	\$ 4,338,100.00
\$ 8.50	\$ 4,250,000.00	\$ 167,500.00	\$ 255,600.00	\$ 4,338,100.00
\$ 8.70	\$ 4,350,000.00	\$ 267,500.00	\$ 255,600.00	\$ 4,338,100.00
\$ 9.00	\$ 4,500,000.00	\$ 417,500.00	\$ 255,600.00	\$ 4,338,100.00

Como se observa en la tabla anterior, por medio de una opción de compra para el tipo de cambio, se tendrá garantizado un costo máximo en pesos de la deuda (\$ 4,338,100.00), sin ceder todos los posibles escenarios positivos como lo sería utilizando otro tipo de instrumento rígido, como por ejemplo, un Futuro. Las ganancias irán en aumento toda vez que el tipo de cambio al cierre sea mayor al contratado en la opción.

Por otro lado, en caso de que el tipo de cambio spot no sobrepasara al de ejercicio, la empresa no ejercerá la opción y a la vez sabe que su deuda habrá disminuído.

7.12 Amortizaciones de un crédito por 500,000 dólares (con pagos decrecientes) para compararlo contra el efecto de cobertura con las opciones financieras

Ahora bien, podemos comparar el costo que hubiese tenido la deuda de la empresa, si en dado caso se hubiese hecho el pago mediante depósitos bancarios indexados a una tasa Libor más 6 puntos; calculando la tabla del crédito y comparando ambos mecanismos llegaremos a los siguientes resultados:

Tabla 7 Amortizaciones del pago de un crédito en dólares más intereses.

Mes	Crédito en dólares	Intereses Libor* + 6 pts.	Amortización Capital (Dlls.)	Pago en dólares	Tipo de cambio al final de mes	Intereses en pesos	Total pago en pesos
1	500,000.00	4,962.50	83,333.33	88,295.83	\$ 8.360	\$ 41,486.50	\$ 738,153.14
2	416,666.67	4,041.67	83,333.33	87,375.00	\$ 8.583	\$ 34,689.65	\$ 749,939.63
3	333,333.34	3,230.56	83,333.33	86,563.89	\$ 8.516	\$ 27,511.45	\$ 737,178.09
4	250,000.01	2,435.42	83,333.33	85,768.75	\$ 8.482	\$ 20,657.23	\$ 727,490.54
5	166,666.68	1,623.61	83,333.33	84,956.94	\$ 8.880	\$ 14,417.66	\$ 754,417.63
6	83,333.35	811.81	83,333.33	84,145.14	\$ 9.041	\$ 7,339.57	\$ 760,756.21

*Tasas Libor Anuales:

5.910%	Ene-98
5.640%	Feb-98
5.630%	Mar-98
5.690%	Abr-98
5.690%	May-98
5.690%	Jun-98

Resumen:

Total de pagos del crédito (en pesos) :	\$ 4,467,935.24
Monto del pago con opción incluyendo prima	\$ 4,338,100.00
Pago total si la deuda se pagara a \$ 9.041	\$ 4,520,500.00

Como puede observarse en la tabla del crédito anterior, el beneficio que se obtendría con la opción resulta bastante superior al que podría obtenerse con el sistema de pagos decrecientes de una deuda en dólares, ya que los intereses y el posible tipo de cambio a la fecha de cada amortización mensual sería un riesgo bastante fuerte en caso de que el mismo se comportara como en la proyección hecha en cada período del árbol binomial, pues hemos visto que las cotizaciones reales no las superan y aún así el costo manejando el crédito según los tipos de cambio en las fechas de pago resulta alto. Con la opción en contraste, se amarraría el tipo de cambio en \$ 8.165 pesos y la deuda tendría un valor máximo de \$4,082,500 pesos más el costo de la prima pagada, dando como máximo \$4,338,100.00. Adicionalmente, al concertar la operación por medio de la opción, la empresa tendría liquidez disponible hasta la fecha de vencimiento de la misma.

Por último, vemos a cuánto ascendería el pago total de la deuda si dado el caso ésta se hubiere pagado sin ninguno de los dos métodos anteriores; es decir, el costo de la deuda al final de su vencimiento pudiera llegar a ser de \$4,520,500 pesos, si a su vez el dólar se estableciera a un precio de \$ 9.041 pesos en el momento de realizar el pago al acreedor.

En base a los resultados anteriores, se presentan los estados financieros de la empresa deudora del crédito en dólares, atendiendo a los distintos escenarios para la cotización final del mismo en la fecha de cada pago. En estos primeros estados de resultados y balances no se considera la cobertura con los contratos de opciones, por lo que podremos observar cómo variarán los renglones de bancos y de pasivo a corto plazo. Las cantidades que no provienen de las tablas manejadas anteriormente son supuestas.

7.13 Balances generales de la empresa sin la cobertura de la opción Call al término de los seis meses de la deuda, si el dólar quedara a las siguientes cotizaciones :

(Cantidades en miles de pesos)

	Inicial Dólar \$ 8.165	1er. Pago Dólar:\$ 8.360	2do. Pago Dólar:\$ 8.583	3er. Pago Dólar:\$ 8.516
Activo				
<i>Circulante</i>				
Bancos	1,300.00	1,120.32	925.01	755.96
Clientes	57.50	57.50	57.50	57.50
Inventarios	700.00	700.00	700.00	700.00
<i>Fijo</i>				
Terrenos	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Edificios	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Equipo de transporte	275.00	275.00	275.00	275.00
Maquinaria y equipo	800.00	800.00	800.00	800.00
Depreciaciones Acumuladas	-	-18.65	-37.30	-55.95
<i>Diferido</i>				
Gtos. de organización	675.00	675.00	675.00	675.00
Amortización de Gtos. Organización		-2.81	-5.62	-8.43
Total de Activo :	6,307.50	6,106.36	5,889.59	5,699.08
Pasivo				
<i>A corto plazo</i>				
Acreedores diversos	500.00	500.00	500.00	500.00
Imptos. por pagar	150.00	150.00	150.00	150.00
Crédito por pagar (saldo insoluto)	4,082.50	3,483.33	2,861.00	2,129.00
<i>A largo plazo</i>				
Seguros pagados x anticipado	75.00	75.00	75.00	75.00
Capital				
Capital social	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Utilidad / pérdida del período	-	495.53	498.48	519.16
Utilidades de ejercicios anteriores		-	495.53	994.01
Superávit / Déficit de capital	-	-97.50	-190.42	-168.09
Total Capital Contable	1,500.00	1,898.03	2,303.59	2,845.08
Total Pasivo más Capital	6,307.50	6,106.36	5,889.59	5,699.08

Podemos observar inicialmente en el renglón de bancos, la notable disminución del efectivo disponible para la empresa después de cada pago, tomando como referencia el tipo inicial de \$ 8.165. Sin las opciones de compra el costo de cada amortización podría llegar a ser incontrolable y estaría completamente a merced del movimiento de los tipos de cambio en el mercado spot: si el dólar bajase, se reflejaría una ganancia de capital, pero en caso contrario, las pérdidas podrían llegar a ser muy significativas.

Suponiendo que la empresa importadora tiene entradas y salidas constantes por las siguientes cantidades para cada período, realizamos los estados de pérdidas y ganancias según los diferentes escenarios del dólar. En estos primeros estados de resultados se considerará el pago de los intereses correspondientes a cada período del crédito, al no utilizarse las opciones; por lo tanto, éstos afectarán los resultados netos que se obtengan para cada cotización.

Estados de resultados de la empresa sin la cobertura de un Call para dólares :

(Cantidades en miles de pesos)

	Dólar:\$ 8.360	Dólar:\$ 8.583	Dólar:\$ 8.516
Ventas	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Costo de ventas	350.00	350.00	350.00
Utilidad bruta:	1,150.00	1,150.00	1,150.00
Gastos de operación:			
Gastos de venta	140.00	140.00	140.00
Gastos de administración	170.00	170.00	170.00
Depreciaciones	18.65	18.65	18.65
Amortizaciones	2.81	2.81	2.81
Utilidad de operación	818.54	818.54	818.54
Gastos y productos financieros			
Comisiones	10.00	10.00	10.00
Intereses pagados	41.49	34.69	27.51
Pérdidas o ganancias cambiarias	16.25	18.58	-5.58
Utilidad antes de Imptos.	750.80	755.27	786.61
I.S.R. 34 %	255.27	256.79	267.45
Utilidad Neta	495.53	498.48	519.16
<u>Indices Financieros:</u>			
Rentabilidad de operación : (Utilidad de operación / Total del activo)	13.405%	13.898%	14.363%
Rentabilidad de los socios : (Utilidad Neta / Total Capital contable)	26.108%	21.639%	18.248%
Rentabilidad de la inversión : (Utilidad Neta / Total del activo)	8.115%	8.464%	9.110%
Indice de solvencia o razón circulante (en pesos): (Total activo circulante / Total pasivo circulante)	0.4543	0.4792	0.5446

Como sabemos, mediante el renglón de los gastos financieros es posible deducir la cantidad correspondiente a los intereses pagados por causa del crédito (tomados de la tabla de amortizaciones del crédito). Por su parte, observemos los efectos para cada estado financiero en cuanto a los índices que denotan la rentabilidad de operación, de los socios, rentabilidad de la inversión y la solvencia, para después compararlos contra los obtenidos en los estados que sí incluyen los contratos de opciones.

Ahora, se presentan los estados financieros de la empresa contratante del crédito en dólares para los tres últimos meses del crédito, según los escenarios posibles para la cotización final en dichos meses de la operación. En estos balances podemos notar de nuevo el efecto de la continua disminución del efectivo circulante a pesar de que las utilidades netas irán en aumento al irse reduciendo el saldo pendiente de amortizar.

Balances generales de la empresa sin la cobertura de la opción Call al término de los seis meses de la deuda, si el dólar quedara a las siguientes cotizaciones :

(Cantidades en miles de pesos)

	4to. Pago Dólar:\$ 8.482	5to. Pago Dólar:\$ 8.880	6to. Pago Dólar:\$ 9.041
Activo			
<i>Circulante</i>			
Bancos	592.46	376.15	164.12
Clientes	57.50	57.50	57.50
Inventarios	700.00	700.00	700.00
<i>Fijo</i>			
Terrenos	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Edificios	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Equipo de transporte	275.00	275.00	275.00
Maquinaria y equipo	800.00	800.00	800.00
Depreciaciones Acumuladas	-74.60	-93.25	-111.90
<i>Diferido</i>			
Gtos. de organización	675.00	675.00	675.00
Amortización de Gtos. Organización	-11.24	-14.05	-16.86
Total de Activo :	5,514.12	5,276.35	5,042.86
Pasivo			
<i>A corto plazo</i>			
Acreedores diversos	500.00	500.00	500.00
Imptos. por pagar	150.00	150.00	150.00
Crédito por pagar (saldo insoluto)	1,413.67	740.00	-
<i>A largo plazo</i>			
Seguros pagados x anticipado	75.00	75.00	75.00
Capital			
Capital social	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Utilidad/pérdida del período	521.87	502.23	519.93
Utilidades de ejercicios anteriores	1,513.17	2,035.04	2,537.27
Superávit / Déficit de capital	-159.59	-225.92	-239.34
Total Capital Contable	3,375.45	3,811.35	4,317.86
Total Pasivo más Capital	5,514.12	5,276.35	5,042.86

En el renglón del superávit/déficit de capital está demostrado también el resultado sin la cobertura con las opciones: al no estar protegido con los contratos, se ha convertido en un gran riesgo que será mayor mientras más grande sea la diferencia entre el precio spot del dólar del período actual con el anterior. Además, los movimientos del renglón del crédito en el pasivo circulante siempre estuvo expuesto a las libres fluctuaciones del tipo de cambio para la deuda sin amortizar, que en muchos casos llegaron a ser muy desfavorables.

Los estados de resultados para la empresa según los diferentes escenarios en los que quedaría el dólar al término de los últimos tres meses, variarán también según los intereses pagados y las ganancias o pérdidas cambiarias. En estos últimos tres estados de resultados se notará la disminución en la cantidad de intereses pagados por el crédito, sin embargo, el riesgo de las pérdidas cambiarias seguirá latente, siendo muy importante la del 5to. mes.

Estados de resultados de la empresa sin la cobertura de un Call para dólares :

(Cantidades en miles de pesos)

	Dólar:\$ 8.482	Dólar:\$ 8.880	Dólar:\$ 9.041
Ventas	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Costo de ventas	350.00	350.00	350.00
Utilidad bruta:	1,150.00	1,150.00	1,150.00
Gastos de operación:			
Gastos de venta	140.00	140.00	140.00
Gastos de administración	170.00	170.00	170.00
Depreciaciones	18.65	18.65	18.65
Amortizaciones	2.81	2.81	2.81
Utilidad de operación	818.54	818.54	818.54
Gastos financieros			
Comisiones	10.00	10.00	10.00
Intereses pagados	20.66	14.42	7.34
Pérdidas o ganancias cambiarias	-2.83	33.17	13.42
Utilidad antes de Imptos.	790.71	760.95	787.78
I.S.R. 34 %	268.84	258.72	267.85
Utilidad Neta	521.87	502.23	519.93

Indices Financieros:

Rentabilidad de operación : (Utilidad de operación / Total del activo)	14.844%	15.513%	16.232%
Rentabilidad de los socios : (Utilidad Neta / Total Capital contable)	15.461%	13.177%	12.041%
Rentabilidad de la inversión : (Utilidad Neta / Total del activo)	9.464%	9.519%	10.310%
Indice de solvencia o razón circulante: (Total activo circulante / Total pasivo circulante)	0.6542	0.8156	1.4179 pesos

Notemos en cuanto a los índices financieros que seguirán en aumento la rentabilidad de operación, de inversión y la liquidez, siendo desfavorable sólo el índice de rentabilidad de los socios, ello provocado por el ligero aumento de las utilidades netas en relación con el crecimiento del capital contable. Los efectos para cada estado financiero en lo referente al índice de solvencia se incrementarán notoriamente, ya que el pasivo se ha ido amortizando y la presión que ejerce sobre el activo circulante es proporcionalmente menor después de cada pago.

En base a los resultados anteriores, se presentan los estados financieros de la empresa deudora del crédito en dólares, atendiendo a los distintos escenarios para la cotización final del mismo en la fecha de cada pago. En estos primeros estados de resultados y balances sí se considera la cobertura con los contratos de opciones, por lo que podremos observar cómo variarán los renglones de bancos y de pasivo a corto plazo. Las cantidades que no provienen de las tablas manejadas anteriormente son supuestas.

7.14 Balances generales de la empresa con la cobertura de la opción Call al término de los seis meses de la deuda, si el dólar quedara a las siguientes cotizaciones :

(Cantidades en miles de pesos)

	Inicial Dólar \$ 8.165	1er. Pago Dólar:\$ 8.360	2do. Pago Dólar:\$ 8.583	3er. Pago Dólar:\$ 8.516
Activo				
<i>Circulante</i>				
Bancos	1,300.00	1,783.90	2,450.50	2,972.10
Clientes	57.50	57.50	57.50	57.50
Inventarios	700.00	700.00	700.00	700.00
<i>Fijo</i>				
Terrenos	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Edificios	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Equipo de transporte	275.00	275.00	275.00	275.00
Maquinaria y equipo	800.00	800.00	800.00	800.00
Depreciaciones Acumuladas	-	-18.65	-37.30	-55.95
<i>Diferido</i>				
Gtos. de organización	675.00	675.00	675.00	675.00
Amortización de Gtos. Organización		-2.81	-5.62	-8.43
Total de Activo :	6,307.50	6,769.94	7,415.08	7,915.22
Pasivo				
<i>A corto plazo</i>				
Acreedores diversos	500.00	500.00	500.00	500.00
Imptos. por pagar	150.00	150.00	150.00	150.00
Crédito por pagar (saldo insoluto)	4,082.50	4,082.50	4,082.50	4,082.50
<i>A largo plazo</i>				
Seguros pagados x anticipado	75.00	75.00	75.00	75.00
Capital				
Capital social	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Utilidad / pérdida del período	-	364.94	533.64	533.64
Utilidades de ejercicios anteriores		-	364.94	898.58
Superávit / Déficit de capital	-	97.50	209.00	175.50
Total Capital Contable	1,500.00	1,962.44	2,607.58	3,107.72
Total Pasivo más Capital	6,307.50	6,769.94	7,415.08	7,915.22

Podemos observar inicialmente en el renglón de bancos, el notable incremento del efectivo disponible para la empresa, tomando como referencia el tipo inicial de \$ 8.165. Con las opciones de compra el costo del total de la deuda llegará a ser un monto máximo conocido y fijo. Además, la posibilidad de obtener ganancias de capital siempre estarán latentes durante la cobertura según el mercado spot: si el dólar subiera, se reflejaría una ganancia de capital, pero en caso contrario, la pérdida tendría como tope el importe de la prima pagada al inicio de la operación.

Suponiendo nuevamente que la empresa tiene entradas y salidas constantes por las siguientes cantidades para cada período, realizamos los estados de pérdidas y ganancias para la empresa según los diferentes escenarios del dólar. En el primer estado de resultados se considerará el pago de la prima correspondiente a los contratos de opciones, por lo tanto éste afectará al resultado neto que se obtenga para el período de la primera cotización. La suma de prima pagada más el monto amparado al precio de ejercicio con opciones nos dará el punto de equilibrio de la operación.

Estados de resultados de la empresa con la cobertura de un Call para dólares :
(Cantidades en miles de pesos)

	Dólar:\$ 8.360	Dólar:\$ 8.583	Dólar:\$ 8.516
Ventas	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Costo de ventas	350.00	350.00	350.00
Utilidad bruta:	1,150.00	1,150.00	1,150.00
Gastos de operación:			
Gastos de venta	140.00	140.00	140.00
Gastos de administración	170.00	170.00	170.00
Depreciaciones	18.65	18.65	18.65
Amortizaciones	2.81	2.81	2.81
Utilidad de operación	818.54	818.54	818.54
Gastos y productos financieros			
Comisiones	10.00	10.00	10.00
Intereses pagados	255.60	-	-
Pérdidas o ganancias cambiarias	-	-	-
Utilidad antes de Imptos.	552.94	808.54	808.54
I.S.R. 34 %	188.00	274.90	274.90
Utilidad Neta	364.94	533.64	533.64
<u>Indices Financieros:</u>			
Rentabilidad de operación : (Utilidad de operación / Total del activo)	12.091%	11.039%	10.341%
Rentabilidad de los socios : (Utilidad Neta / Total Capital contable)	18.596%	20.465%	17.171%
Rentabilidad de la inversión : (Utilidad Neta / Total del activo)	5.391%	7.197%	6.742%
Indice de solvencia o razón circulante (en pesos): (Total activo circulante / Total pasivo circulante)	0.5370	0.6779	0.7881

En el renglón de los gastos financieros es posible deducir la cantidad correspondiente a la prima pagada por causa de la cobertura con las opciones. Como sabemos, este pago será un desembolso único, por lo que afectará sólo la utilidad del primer período. Por su parte, notaremos los efectos para cada estado financiero en cuanto a los índices que denotan la rentabilidad de operación, de los socios, rentabilidad de la inversión y la solvencia, al compararlos contra los obtenidos en los estados que no incluyen los contratos de opciones.

En base a los resultados anteriores, se presentan los estados financieros de la empresa deudora del crédito en dólares, atendiendo a los distintos escenarios para la cotización final del mismo en la fecha de cada pago. En estos primeros estados de resultados y balances no se considera la cobertura con los contratos de opciones, por lo que podremos observar cómo variarán los renglones de bancos y de pasivo a corto plazo. Las cantidades que no provienen de las tablas manejadas anteriormente son supuestas.

Balances generales de la empresa con la cobertura de la opción Call al término de los seis meses de la deuda, si el dólar quedara a las siguientes cotizaciones :

(Cantidades en miles de pesos)

	4to. Pago Dólar:\$ 8.482	5to. Pago Dólar:\$ 8.880	6to. Pago Dólar:\$ 9.041
Activo			
<i>Circulante</i>			
Bancos	3,510.20	4,264.30	4,785.90
Clientes	57.50	57.50	57.50
Inventarios	700.00	700.00	700.00
<i>Fijo</i>			
Terrenos	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Edificios	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Equipo de transporte	275.00	275.00	275.00
Maquinaria y equipo	800.00	800.00	800.00
Depreciaciones Acumuladas	-74.60	-93.25	-111.90
<i>Diferido</i>			
Gtos. de organización	675.00	675.00	675.00
Amortización de Gtos. Organización	-11.24	-14.05	-16.86
Total de Activo :	8,431.86	9,164.50	9,664.64
Pasivo			
<i>A corto plazo</i>			
Acreedores diversos	500.00	500.00	500.00
Imptos. por pagar	150.00	150.00	150.00
Crédito por pagar (saldo insoluto)	4,082.50	4,082.50	4,082.50
<i>A largo plazo</i>			
Seguros pagados x anticipado	75.00	75.00	75.00
Capital			
Capital social	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Utilidad / pérdida del período	533.64	533.64	533.64
Utilidades de ejercicios anteriores	1,432.22	1,965.86	2,499.50
Superávit / Déficit de capital	158.50	357.50	324.00
Total Capital Contable	3,624.36	4,357.00	4,857.14
Total Pasivo más Capital	8,431.86	9,164.50	9,664.64

Podemos observar inicialmente en el renglón de bancos, la notable disminución del efectivo disponible para la empresa tomando como referencia el tipo inicial de \$ 8.165. Sin las opciones de compra el costo de cada amortización podría llegar a ser incontrolable y estaría completamente a merced del movimiento de los tipos de cambio en el mercado spot: si el dólar bajase, se reflejaría una ganancia de capital, pero en caso contrario, las pérdidas también podrían llegar a ser considerables.

Suponiendo que la empresa tiene entradas y salidas constantes por las siguientes cantidades para cada período, realizamos los estados de pérdidas y ganancias para la empresa según los diferentes escenarios del dólar. En estos primeros estados de resultados se considerará el pago de los intereses correspondientes a cada período del crédito, por lo tanto éstos afectarán los resultados netos que se obtengan para cada cotización.

Estados de resultados de la empresa con la cobertura de un Call para dólares :

(Cantidades en miles de pesos)

	Dólar:\$ 8.482	Dólar:\$ 8.880	Dólar:\$ 9.041
Ventas	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Costo de ventas	350.00	350.00	350.00
Utilidad bruta:	1,150.00	1,150.00	1,150.00
Gastos de operación:			
Gastos de venta	140.00	140.00	140.00
Gastos de administración	170.00	170.00	170.00
Depreciaciones	18.65	18.65	18.65
Amortizaciones	2.81	2.81	2.81
Utilidad de operación	818.54	818.54	818.54
Gastos y productos financieros			
Comisiones	10.00	10.00	10.00
Intereses pagados	-	-	-
Pérdidas o ganancias cambiarias	-	-	-
Utilidad antes de Imptos.	808.54	808.54	808.54
I.S.R. 34 %	274.90	274.90	274.90
Utilidad Neta	533.64	533.64	533.64
<u>Indices Financieros:</u>			
Rentabilidad de operación : (Utilidad de operación / Total del activo)	9.708%	8.932%	8.469%
Rentabilidad de los socios : (Utilidad Neta / Total Capital contable)	14.724%	12.248%	10.987%
Rentabilidad de la inversión : (Utilidad Neta / Total del activo)	6.329%	5.823%	5.522%
Indice de solvencia o razón circulante (en pesos): (Total activo circulante / Total pasivo circulante)	0.9018	1.0611	1.1713

Por su parte, los efectos para cada estado financiero en cuanto a los índices que denotan la rentabilidad de operación, de los socios y rentabilidad de la inversión, fueron mejores en los estados financieros sin opciones con excepción del de solvencia, puesto que una de las ventajas principales que otorgaron los contratos de opciones fué un alto nivel de apalancamiento al requerir de poco capital inicial (desembolso) y brindar grandes beneficios al término de la cobertura.

7.15 Posiciones de Riesgo adecuadas con "Opciones de compra topadas".

Por otro lado, la empresa importadora podría decidir comprar opciones que ofrezcan rendimientos de cobertura positivos hasta un límite determinado sobre la divisa subyacente; por ejemplo, hasta un valor de \$9.35 pesos por dólar, si el tipo de cambio subiese más, **no se recibirán** rendimientos adicionales.

Se consideran para este supuesto los mismos datos que para los anteriores, con excepción de la prima pagada, que será menor por el hecho de ser una "opción topada".

Monto de la deuda (DlIs.): 500,000.00
Precio actual del dólar : \$ 8.165 (26/dic/97)
Precio de ejercicio Call : \$ 8.165
Costo de la prima por opción: \$ 0.3950 pesos por dólar contratado
Período del contrato : 6 meses.

La tabla siguiente muestra distintos escenarios posibles al término de la operación:

Tabla 8: Efectos resultantes para diferentes cotizaciones del dólar utilizando una opción call topada.

Valor del dólar a vcto.	Valor de la deuda	Ganancia en opción Call	Costo de la prima	Costo total en pesos
\$ 7.800	\$ 3,900,000.00	\$ 0.00	\$ 197,500.00	\$ 4,097,500.00
\$ 7.900	\$ 3,950,000.00	\$ 0.00	\$ 197,500.00	\$ 4,147,500.00
\$ 8.165	\$ 4,082,500.00	\$ 0.00	\$ 197,500.00	\$ 4,280,000.00
\$ 8.450	\$ 4,225,000.00	\$ 142,500.00	\$ 197,500.00	\$ 4,280,000.00
\$ 8.650	\$ 4,325,000.00	\$ 242,500.00	\$ 197,500.00	\$ 4,280,000.00
\$ 9.000	\$ 4,500,000.00	\$ 417,500.00	\$ 197,500.00	\$ 4,280,000.00
\$ 9.350	\$ 4,675,000.00	\$ 592,500.00	\$ 197,500.00	\$ 4,280,000.00
\$ 9.500	\$ 4,750,000.00	\$ 592,500.00	\$ 197,500.00	\$ 4,355,000.00
\$ 9.750	\$ 4,875,000.00	\$ 592,500.00	\$ 197,500.00	\$ 4,480,000.00

Bajo estas circunstancias de contratación, se hace notorio que la cobertura con la opción resulta ser menos eficiente que cuando no existía un tope en el precio de ejercicio, ya que dado el caso de que la divisa se disparara por arriba de \$9.350 pesos, el monto de la deuda volvería a aumentar; a cambio, reduce el monto del desembolso inicial del pago de la prima.

Las opciones con esta característica suelen ser útiles cuando las expectativas del comprador de opciones son hasta cierto punto especulativas, queriendo de esta manera mejorar los flujos de efectivo de la empresa al establecer un equilibrio entre lo pagado y el rango de cobertura en la operación para la misma.

7.16 El valor futuro del dólar y las opciones Put.

Un caso inverso al anterior es considerar ahora una venta -pactada en dólares- de una empresa exportadora, que recibirá el pago correspondiente a sus productos dentro de seis meses más tarde.

Sus costos se encuentran denominados en pesos, por lo que una apreciación del tipo de cambio podría hacer de una venta originalmente atractiva, una operación perdedora; por tanto, puede establecer un contrato de opciones de venta sobre dólares para cubrirse de dicho riesgo.

Monto de la venta (Dls.):	500,000
Precio actual del dólar:	\$ 8.165 (al 26/dic/97)
Precio de ejercicio Put:	\$ 8.165
Costo de la prima por opción:	\$ 0.2235 pesos por dólar contratado
Período del contrato:	6 meses.

La tabla siguiente muestra distintos escenarios posibles al término de la operación:

Tabla 9: Efectos resultantes para diferentes cotizaciones del dólar utilizando una opción put.

Valor del dólar a vcto.	Pago recibido por la venta	Ganancia en opción Put	Costo de la prima	Ingreso Total en pesos
\$ 7.35	\$ 3,675,000.00	\$ 407,500.00	\$ 111,750.00	\$ 3,970,750.00
\$ 7.50	\$ 3,750,000.00	\$ 332,500.00	\$ 111,750.00	\$ 3,970,750.00
\$ 7.80	\$ 3,900,000.00	\$ 182,500.00	\$ 111,750.00	\$ 3,970,750.00
\$ 8.00	\$ 4,000,000.00	\$ 82,500.00	\$ 111,750.00	\$ 3,970,750.00
\$ 8.165	\$ 4,082,500.00	\$ 0.00	\$ 111,750.00	\$ 3,970,750.00
\$ 8.30	\$ 4,150,000.00	\$ 0.00	\$ 111,750.00	\$ 4,038,250.00
\$ 8.55	\$ 4,275,000.00	\$ 0.00	\$ 111,750.00	\$ 4,163,250.00
\$ 8.70	\$ 4,350,000.00	\$ 0.00	\$ 111,750.00	\$ 4,238,250.00

Inversamente al ejemplo de cobertura con opciones Call, en este caso de empleo de opciones Put para dólares, se tendrá garantizado un ingreso mínimo en pesos (\$ 3,970,750.00), sin ceder además todos los posibles escenarios positivos como lo fuera utilizando otro tipo de instrumento rígido, como un Futuro, en el que habría que cumplirse el contrato al término del mismo indistintamente del beneficio o perjuicio que conllevara el tipo de cambio a esa fecha.

En contraparte, en caso de que el tipo de cambio spot sea superior al de ejercicio en la fecha de vencimiento, la empresa no ejercería la opción y sabe que tiene garantizado un beneficio por dicha circunstancia.

7.17 Posiciones de Riesgo adecuadas con "Opciones de venta topadas".

Asimismo, la empresa exportadora podría decidir comprar opciones de venta que ofrezcan rendimientos positivos hasta un límite determinado sobre la divisa subyacente; por ejemplo, hasta un valor de \$ 7.00 pesos por dólar, si el tipo de cambio bajase más, **no se recibirán** rendimientos adicionales.

Se consideran para este supuesto los mismos datos que para los anteriores, con excepción de la prima pagada, que será menor por el hecho de ser una "opción topada".

Monto de la deuda (Dls.): 500,000.00
 Precio actual del dólar : \$ 8.165 (26/dic/97)
 Precio de ejercicio Put : \$ 8.165
 Costo de la prima por opción: \$ 0.2011 pesos por dólar contratado
 Período del contrato : 6 meses.

La tabla siguiente muestra distintos escenarios posibles al término de la operación:

Tabla 10: Efectos resultantes para diferentes cotizaciones del dólar utilizando una opción put topada.

Valor del dólar a vcto.	Pago recibido por la venta	Ganancia en opción Put	Costo de la prima	Ingreso Total en pesos
\$ 6.750	\$ 3,375,000.00	\$ 582,500.00	\$ 100,550.00	\$ 3,856,950.00
\$ 7.000	\$ 3,500,000.00	\$ 582,500.00	\$ 100,550.00	\$ 3,981,950.00
\$ 7.350	\$ 3,675,000.00	\$ 407,500.00	\$ 100,550.00	\$ 3,981,950.00
\$ 7.850	\$ 3,925,000.00	\$ 157,500.00	\$ 100,550.00	\$ 3,981,950.00
\$ 8.165	\$ 4,082,500.00	\$ 0.00	\$ 100,550.00	\$ 3,981,950.00
\$ 8.300	\$ 4,150,000.00	\$ 0.00	\$ 100,550.00	\$ 4,049,450.00
\$ 8.650	\$ 4,325,000.00	\$ 0.00	\$ 100,550.00	\$ 4,224,450.00
\$ 9.000	\$ 4,500,000.00	\$ 0.00	\$ 100,550.00	\$ 4,399,450.00
\$ 9.350	\$ 4,675,000.00	\$ 0.00	\$ 100,550.00	\$ 4,574,450.00

Bajo estas circunstancias de contratación, se hace notorio que la cobertura con la opción put resulta ser menos eficiente que cuando no existía un tope en el precio de ejercicio, ya que dado el caso de que la divisa se devaluara por debajo de \$7.00 pesos, el monto de los ingresos al cobro volvería a disminuir; a cambio, se reduce el monto en el desembolso inicial del pago de la prima.

Las opciones con esta característica suelen ser útiles cuando las expectativas del comprador de opciones son hasta cierto punto especulativas, queriendo de esta manera mejorar los flujos de efectivo de la empresa al establecer un equilibrio entre lo pagado y el rango de cobertura en la operación para la misma.

8. - LA GESTION DE RIESGOS DE TIPO DE INTERES

Una situación típica de exposición al riesgo de tipos de interés, es la que surge cuando una empresa intenta endeudarse a largo plazo. Los bancos nacionales no están dispuestos a conceder créditos a largo plazo a una tasa de interés fija, dado precisamente lo propicio para la inestabilidad de las mismas y porque para ellos su financiación a una tasa variable es mucho más conveniente. En consecuencia, casi siempre los productos disponibles en el mercado no cubren perfectamente las necesidades concretas de la empresa - incluyendo aún las formas básicas de la opción -, dada su mínima estandarización para hacerlos operativos a escala masiva, haciéndose entonces necesaria la combinación de diversos productos entre sí de la mejor manera posible. De esta forma es como han llegado a surgir las siguientes variantes en el mercado financiero relacionados con las opciones sobre tipos de interés:

8.1 Opciones directas sobre tasas de interés (CAPS, FLOORS Y COLLARS)

A partir de 1984 han aparecido una serie de productos sobre este elemento financiero inspirados en las opciones y los otros tres instrumentos principales de la Ingeniería financiera que protegen al comprador de las variaciones de dichos tipos, los que se denominan *caps*, *floors* y *collars* (*Techos*, *pisos* y *collares*) entre otros tantos. Con ellos, el comprador puede limitar la exposición desfavorable a los movimientos en los tipos de interés. Por otra parte, su vida puede ser mucho mayor que la que estará disponible en el mercado de otras opciones. Claro que no son fácilmente negociables y una vez adquiridos, estos no pueden ser revendidos sino sólo cancelados con la contraparte.

8.2 El contrato "Cap" (Techo)

Este tipo de contrato es un instrumento de gestión de riesgo financiero a mediano y largo plazo, que permite al empresario protegerse durante una serie de períodos de interés flotantes. Al tratarse de una opción, el empresario será el comprador del Cap, lo que garantizará un tipo de interés máximo en el caso de un préstamo ó deuda. Siempre que los tipos se muevan por debajo del límite superior, se paga la tasa variable; pero en cuanto se supera el límite, el pagador del tipo variable tiene el derecho de pagar hasta el tipo fijo acordado como límite. La contraparte de la opción Cap suele ser una entidad bancaria, que al venderlo recibe una prima por garantizar que la carga financiera debida a los intereses directamente, no traspasará un límite máximo indicado en tal contrato.

El Cap es un conjunto de opciones de compra europeas sobre el valor máximo de un interés variable basado en un índice determinado: Libor en España (LIBOR es la referencia estándar para determinar el costo de préstamos en eurodólares), podría ser T.I.I.E en México, papel comercial, interés tipo

preferencial ó Certificados de la Tesorería, por las que el comprador paga al vendedor una prima, y si los tipos se mueven hacia arriba, recibirá una cantidad de dinero igual a la diferencia entre el valor actual del índice elegido y el tipo límite especificado en el contrato (que hace la función del precio de ejercicio) en la fecha de comparación especificada.

Por ejemplo, en el caso de la Libor española, si la empresa ha adquirido un Cap con un tipo límite del 9.0 % indexado a dicha tasa a tres meses por 10 millones de pesetas, y el Libor al contado ha aumentado al 10.0 % al pasar los tres meses, entonces el comprador del Cap recibirá en la fecha de comparación:

$$(10.0 \% - 9.0 \%) \times 90/360 \times \$10'000,000 = \$ 25,000.00 \text{ pesetas}$$

8.3 Características del contrato "CAP"

Hasta este momento, estos contratos se manejan casi con exclusividad en las casas de Bolsa de Estados Unidos y Europa. Las peculiaridades de este tipo de contrato son:

- a). - Tipo de interés de referencia: tipo de interés interbancario a uno, tres ó seis meses, tipo preferencial, etc.
- b). - Vencimiento: van desde tres meses hasta diez años.
- c). - Frecuencia (fechas de pago): se refiere a las fechas de comparación en las que el nivel de los tipos de interés se compara con el interés acordado como máximo para concretar el pago a realizar. La frecuencia más común puede ser de uno, tres y seis meses.
- d). - Tipo de interés Cap: tipo de interés de ejercicio de la opción que, aunque suele ser fijo, podría variar a lo largo del tiempo de una manera predeterminada.
- e). - Principal teórico: es la cantidad teórica sobre la que se realiza el contrato, que puede ser fija ó variar a lo largo del tiempo.

8.4 Ventajas y desventajas

El beneficio primario de un Cap es que proporciona al titular una cobertura contra las alzas de los tipos de interés, así como también se beneficia de las caídas de dichos tipos, mientras permite a los

prestatarios financiarse ellos mismos hasta el final de la curva de rendimientos positivos. Aún más importante, su costo máximo es conocido con certeza.

Sus principales desventajas son: el tamaño limitado de la cobertura, el tipo de interés exacto no es conocido con certeza y se requiere el desembolso de una prima inicial para adquirir su cobertura, la cuál podrá hacerse efectiva mediante pagos realizados al principio de cada período anual, ó con un solo pago global durante los dos días hábiles siguientes a la fecha de adquisición del contrato. Esta prima se expresa en porcentaje del valor nominal del contrato y depende de los siguientes parámetros: el precio de ejercicio, de la duración del contrato y de las condiciones del mercado (volatilidad y nivel de los tipos de interés).

Otro riesgo - aunque poco común -, es que una de las contrapartes no realice los pagos a la otra. La mayoría de los emisores de Caps intentan cubrir dicho riesgo de no pago durante el período que dura el Cap.

8.5 El contrato "Floor" (Piso)

Este tipo de contrato es lo opuesto al del Cap. El contrato floor es un instrumento de gestión del riesgo de interés a medio y largo plazo que permite al inversor protegerse durante una serie de períodos contra una bajada de los tipos de interés flotantes ó variables. Al tratarse de una opción, el inversionista será el comprador del floor, lo que le garantizará un tipo de interés mínimo en el caso de su inversión. La contraparte del floor suele ser también una entidad bancaria, que al venderlo recibe una prima por garantizar que la carga financiera debida a los intereses no traspasará un límite mínimo indicado en el contrato.

En resumen, un contrato de tipo floor es un acuerdo entre el comprador y el vendedor por lo que el primero, después de pagar una prima, recibirá un pago cuando el tipo floor caiga por debajo del índice elegido (Libor, tipo preferencial, podría ser T.I.I.E. en México, etc.). Este instrumento financiero equivale a una serie de opciones de venta europeas sobre el índice señalado por las que el comprador paga al vendedor una prima; si los tipos se mueven hacia abajo, recibirá una cantidad de dinero igual a la diferencia entre el tipo límite especificado en el contrato y el valor actual del índice elegido (Precio de ejercicio) en la fecha de comparación.

Por ejemplo, si una sociedad tiene un activo financiero con un tipo de interés variable indexado a una tasa Libor a tres meses por 10 millones de pesetas y desea garantizarse un tipo mínimo de rendimiento del 7.5 %, y si suponemos que el tipo cae hasta el 6.5 %, entonces el titular del contrato floor recibirá:

$$(7.5 \% - 6.5 \%) \times 90/360 \times \$10'000,000 = \$ 25,000.00 \text{ pesetas}$$

Al igual que en el caso del contrato Cap, el Floor es una opción de venta sobre tipos de interés diseñada por un banco a deseos de su cliente. El principal es teórico y por lo tanto, no se intercambia, y el tipo de interés es a corto plazo.

Las características de este contrato son las mismas que las que se especificaron para el contrato Cap.

8.6 Ventajas y desventajas

La ventaja inicial del Floor es que proporciona una cobertura para el inversionista contra descensos marcados en los tipos de interés, así como se beneficia de las alzas de los mismos.

Sus principales desventajas coinciden con las del contrato Cap, es decir, el tamaño limitado de su cobertura, el tipo de interés exacto no es conocido con certeza y se requiere una prima inicial para adquirir la cobertura. Los típicos usuarios de los Floors son inversionistas que los adquieren con objeto de cubrirse de las posibles caídas de los rendimientos de sus inversiones por debajo de un cierto nivel; ó también los emisores de préstamos a tipos de interés fijo que los permutan en tipo flotante y venden un Floor para realzar su nivel de financiación.

8.7 El contrato "Collar" (Collares)

Con objeto de mitigar el inconveniente del coste de la prima por la adquisición de una opción Cap ó Floor, es posible combinar ambos productos financieros para formar lo que se denomina un "Collar", de tal manera que la prima pagada por la compra de uno de ellos sea reducida por la venta del otro.

Ya sea que la empresa compre un Cap ó un Floor, en un Collar, acepta simplemente limitar el beneficio que tendría con una bajada de los tipos de interés en el caso de un préstamo, ó de un alza si se tratase de una inversión. Un Collar es, por lo tanto, un acuerdo por el que el comprador posee la cobertura contra ascensos de los tipos de interés y la obligación de pagar al vendedor del Collar si el tipo indexado desciende por debajo del tipo Floor. Tanto el Cap como el Floor tendrán el mismo principal teórico, la misma duración y el mismo tipo de referencia a corto plazo: sólo los precios de ejercicio serán distintos. Como el Cap fija el tipo de interés máximo, mientras que el Floor fija el tipo mínimo, se produce un "túnel" en el cuál evolucionará la tasa efectiva del préstamo ó de la inversión.

Para ejemplificar las características de un contrato Collar, se presenta el siguiente ejemplo:

Una empresa tiene contratada una deuda que se extiende a lo largo de dos años a un tipo de interés variable de tasa Libor-90 días, por lo que decide fijar un tipo máximo del 15 %. Para ello adquiere un contrato Cap de una duración de tres meses contra el Libor-90, a un precio de ejercicio del 15 %, por lo que paga una prima del 0.55 %.

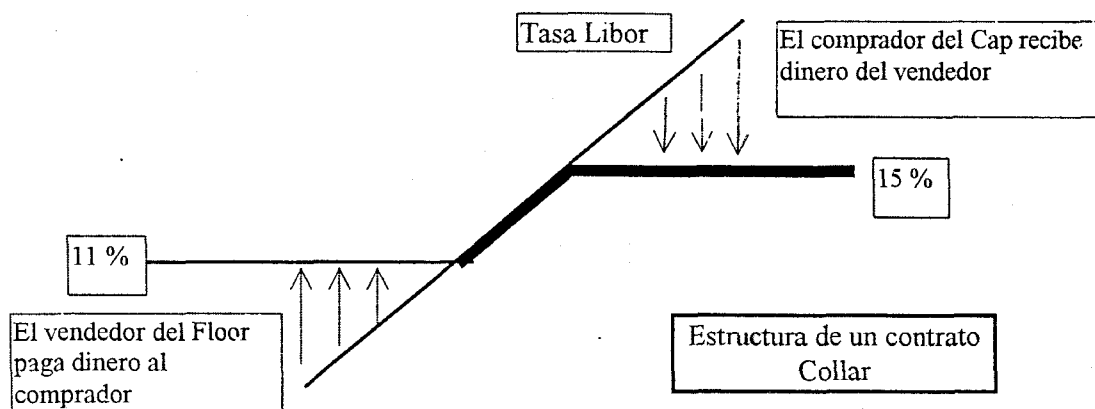
Con objeto de reducir el costo de la cobertura, la empresa acepta no beneficiarse de un descenso de los tipos de interés que se presenten por debajo del 11 %. Así pues, vende un contrato Floor de dos años de duración contra un Libor-90 al precio de ejercicio del 11 %, por lo que recibe una prima del 0.35 %.

Así pues, el costo total de la cobertura Collar es del 0.20 %, bastante más bajo que los 0.55 % que costaría el Cap; eso sí, a cambio de **no beneficiarse** de un descenso de los tipos de interés después del estipulado en el floor. En cada una de las fechas de comparación podría ocurrir lo siguiente:

- A) Si el Libor-90 es mayor que el tipo Cap del 15 %, la contraparte del Collar pagará a la empresa el Libor menos el tope de 15 %.
- B) Si se da que: $11 \% < \text{Libor-90} < 15 \%$, no tendrá lugar ningún traspase de fondos entre las contrapartes, ya que la tasa mínima de interés para la parte acreedora es del 11% por el contrato floor.

C) Si el Libor-90 es inferior al tipo Floor del 11 %, la empresa pagará a su contraparte la disparidad de 11 % menos Libor.

Gráfica 7: "Representación de una opción Collar"



8.8 Ejemplos de Opciones (Techos y Pisos) Caps y floors

A continuación se ofrecerán ejemplos de la utilización de los contratos cap y floor, con el ánimo de sólo ilustrar el mecanismo del cálculo de los precios para sus primas y algunas circunstancias en las que serían útiles a una empresa que llegase a estar interesada en adquirirlos.

A la fecha de realización de este trabajo no se cuenta aún con este tipo de instrumentos en el mercado de derivados ni casas de bolsa mexicanos, por lo cuál las cantidades manejadas como nominales de los contratos serán ficticias, mas no así el mecanismo del cálculo de la volatilidad ni el procedimiento del cálculo de los costos para las opciones, desarrollado mediante el método binomial.

Determinación de la volatilidad histórica para la T.I.I.E. (Opciones Cap y Floor)

En las siguientes tablas se muestran ejemplos de cálculos de la volatilidad para la **tasa de interés interbancaria de equilibrio** aplicable a créditos comerciales en los últimos 12 meses : (Tasas promedio publicadas por la revista de consultoría IDC)

Se calculará la volatilidad para cada año anterior al mes de contratación de cada opción sobre dicha tasa.

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \ln (St / St - 1)$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Ene-96	42.6075				
28-Feb-96	40.3055	-0.055542358	-0.03213908	-0.02340328	0.000547713
31-Mar-96	43.2218	0.069857062	-0.03213908	0.101996141	0.010403213
30-Abr-96	36.6240	-0.165641234	-0.03213908	-0.13350215	0.017822825
31-May-96	32.7195	-0.112732533	-0.03213908	-0.08059345	0.006495305
30-Jun-96	30.1025	-0.083363006	-0.03213908	-0.05122393	0.002623891
31-Jul-96	33.2740	0.100168086	-0.03213908	0.132307166	0.017505186
31-Ago-96	29.6576	-0.115057895	-0.03213908	-0.08291881	0.006875553
30-Sep-96	27.9762	-0.058364268	-0.03213908	-0.02622519	0.00068776
31-Oct-96	28.6845	0.025002758	-0.03213908	0.057141838	0.00326519
30-Nov-96	32.1730	0.114770684	-0.03213908	0.146909764	0.021582479
31-Dic-96	29.9192	-0.072627177	-0.03213908	-0.0404881	0.001639286
Suma :		-0.353529879		Suma :	0.089448378

$$\bar{r} \text{ media} = -0.35352988 / 11 = -0.03213908$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0894484 = 0.00894484 = 0.8945\%$$

$$v = \sqrt{0.00894484} = 0.094577 = 9.458\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.094577 = 0.327625 = 32.762\% \text{ anual}$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al primer período de contratación de las opciones.

Ejemplo de opciones directas de tasas de interés: "Techos" y "Pisos" (Caps y Floors)

Si una empresa mexicana adquiriera un crédito bancario por \$2'000,000 de dólares en el mes de Enero de 1997, el cuál deba pagarse mediante amortizaciones trimestrales fijas de 250,000 dls. con un costo indexado a la tasa de interés interbancaria de equilibrio (TIIE) final más doce puntos, y quisiera protegerse de las posibles alzas de la misma ¿Cuál sería el costo de obtener una cobertura con tope máximo de riesgo con opciones Cap (Techo) sobre tipos de interés?

Consideraremos además el caso inverso, es decir, suponiendo que la empresa pudiera hacer inversiones trimestrales equivalentes a 250,000 dólares con una rentabilidad variable igual a la TIIE y quisiera protegerse de los descensos en dicha tasa de interés; ¿Cuál sería el costo de la prima de la opción Floor (Piso) que le pueda garantizar rendimientos mínimos sobre dicha inversión?

También a efecto de ilustración solamente, manejaremos opciones de tipo europeo que amparan depósitos subyacentes con valor nominal de 250,000 dólares cada uno, cuya prima total será el resultado de las primas para cada una de las opciones del período y multiplicados éstos por el valor del depósito para conocer su importe monetario. Los intereses se calcularán sobre cada una de las amortizaciones trimestrales. Consideraremos los mismos detalles para ambos contratos y se calcularán sólo para el primer año de la cobertura, es decir, los primeros cuatro trimestres, los cuáles se muestran a continuación:

Datos:

Opciones Cap y Floor europeas sobre la TIIE.

Plazo en años de la opción: tres meses = 0.250 años.
 Tasa TIIE estimada (Curva de tasas) 23.9508% para el 01/Abr/97.
 El precio de ejercicio de la opción es de 25.5000% + 12 pts. de margen
 El tipo de interés a corto plazo actual es de 29.9192% 01 de Enero de 1997.
 La volatilidad estimada de la TIIE es de 32.762%
 El número de periodos de la opción es: 4
 El nominal del contrato es de \$ 250,000 dólares.

Como los depósitos subyacentes son por 250,000 dls. y sobre ellos se generarán los intereses, será necesario comprar un sólo contrato para cada amortización trimestral; es preciso recordar, que en este tipo de opciones el costo de la cobertura contempla el total del tiempo que esta tendrá vigencia, por tanto, se debería calcular el total de las primas trimestrales para los dos años que duraría la cobertura de dólares y su suma sería el costo a pagar.

$$r = \ln(1 + 0.299192) = 0.26174 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.32762 * (0.250 / 4)^{1/2}} = 1.0854 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0854 = 0.9214 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.26174 * (90 / 360) / 4} = 1.0165 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$p = \frac{1 - d}{u - d}$

$$p = \frac{1 - 0.9214}{1.0854 - 0.9214} = 0.4795 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5205 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución de la tasa partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

En esta parte se desarrolla como de costumbre el árbol para conocer la evolución posible del activo subyacente:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				33.2358
			30.6221	
		28.2139		28.2139
	25.9951		25.9951	
23.9508		23.9508		23.9508
	22.0673		22.0673	
		20.3319		20.3319
			18.7329	
				17.2597

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				7.7358
			5.0389	
		3.0327		2.7139
	1.7399		1.2803	
0.9667		0.6040		0.0000
	0.2849		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol ya se expresan en puntos de tasa de interés.

Por lo tanto, habrá que notar que para el presente cálculo no es necesario multiplicar por 100 el costo de la prima, ya que estamos desarrollando el árbol partiendo de la misma tasa de interés. Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 0.9667 puntos o 0.9667%, y si suponemos que para este tipo de instrumentos cada punto de la prima equivale a multiplicarlo sobre el valor nominal al tipo de cambio en esta fecha, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 250,000 dls * 0.9667% * 7.8509 = \$18,973.66 pesos.

A efectos de dar respuesta al segundo planteamiento de este problema, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta floor correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción Floor put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.4061		0.0000
	1.2685		0.7932	
2.4178		2.1033		1.5492
	3.5533		3.3770	
		5.0018		5.1681
			6.6573	
				8.2403

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 2.4178 puntos básicos (pbs) o 2.4178%.

Para este tipo de instrumentos donde cada punto equivale a multiplicar sobre el valor nominal al tipo de cambio actual, la prima a pagar por la opción floor anterior sería de: 250,000 dls * 2.4178% * 7.8509 = \$ 47,454.76 pesos.

8.9 La paridad put - call en las opciones Cap y Floor.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = (E - F)e^{-r \cdot t} + C \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = (F - E)e^{-r \cdot t} + P \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Tasa de Interés Futura.

"E" = Tasa de ejercicio de la opción.

"e" = Base exponencial de los logaritmos neperianos.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = (25.5000 - 23.9508) * e^{-0.2617 * 0.25} + 0.9667 = \underline{\underline{2.4178}}$$

Que es precisamente el valor encontrado con el diagrama de árbol binomial para la opción de venta.

A continuación se efectúan los cálculos necesarios para conocer la volatilidad aplicable al segundo período de cobertura con las opciones:

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \ln (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
30-Abr-96	36.6240				
31-May-96	32.7195	-0.112732533	-0.03860928	-0.07412326	0.005494257
30-Jun-96	30.1025	-0.083363006	-0.03860928	-0.04475373	0.002002896
31-Jul-96	33.2740	0.100168086	-0.03860928	0.138777363	0.019259156
31-Ago-96	29.6576	-0.115057895	-0.03860928	-0.07644862	0.005844391
30-Sep-96	27.9762	-0.058364268	-0.03860928	-0.01975499	0.00039026
31-Oct-96	28.6845	0.025002758	-0.03860928	0.063612035	0.004046491
30-Nov-96	32.1730	0.114770684	-0.03860928	0.15337996	0.023525412
31-Dic-96	29.9192	-0.072627177	-0.03860928	-0.0340179	0.001157218
31-Ene-97	25.9597	-0.141955079	-0.03860928	-0.1033458	0.010680355
28-Feb-97	22.1063	-0.1606827	-0.03860928	-0.12207342	0.014901921
31-Mar-97	23.9508	0.08013909	-0.03860928	0.118748367	0.014101175
Suma :		-0.424702037		Suma :	0.101403532

$$\bar{r} \text{ media} = -0.424702037 / 11 = -0.03860928$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.1014035 = 0.01014035 = 1.0140\%$$

$$v = \sqrt{0.01014035} = 0.100699 = 10.070\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.10069 = 0.34883 = 34.883\% \text{ anual}$$

En base a los datos históricos manejados, el resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual que tendrá efecto para el segundo período de contratación de las opciones.

En lo referente al cálculo de las primas para el 2do. Trimestre se requerirán de datos tomados de las "curvas de referencias proyectadas" para la cotización de la TIIE y para el tipo de cambio dólar-peso que posiblemente cotizarían en la fecha en la que se pagaría la opción correspondiente a este período.

Datos a manejar:

Opciones Cap y Floor europeas sobre la TIIE.

Plazo en años de la opción: tres meses = 0.250 años.
 Tasa TIIE estimada (Curva de tasas) 22.5316% para el 01/Jul/97.
 El precio de ejercicio de la opción es de 25.5000% + 12 pts. de margen
 El tipo de interés a corto plazo actual es de 23.9508% 01 de Abril de 1997.
 La volatilidad estimada de la TIIE es de: 34.883%
 El número de períodos de la opción es: 4
 El nominal del contrato es de \$ 250,000 dólares.

$$r = \ln(1 + 0.239508) = 0.21471 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.34883 * (0.250/4)^{1/2}} = 1.0911 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0911 = 0.9165 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.21471 * (90 / 360) / 4} = 1.0135 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$p = \frac{1 - d}{u - d}$

$$p = \frac{1 - 0.9165}{1.0911 - 0.9165} = 0.4782 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5218 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución de la tasa partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				31.9366
			29.2694	
		26.8250		26.8250
	24.5848		24.5848	
22.5316		22.5316		22.5316
	20.6499		20.6499	
		18.9254		18.9254
			17.3448	
				15.8963

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				6.4366
			3.7192	
		2.0767		1.3250
	1.1317		0.6252	
0.6057		0.2950		0.0000
	0.1392		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol ya se expresan en puntos de tasa de interés.

Por lo tanto, habrá que notar que para el presente cálculo no es necesario multiplicar por 100 el costo de la prima, ya que estamos desarrollando el árbol partiendo de la misma tasa de interés. Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 0.6057 puntos o 0.6057%.

Si suponemos que para este tipo de instrumentos cada punto de la prima equivale a multiplicarlo sobre el valor nominal al tipo de cambio proyectado para la fecha, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 250,000 dls * 0.6057% * 7.8905 = \$11,948.20 pesos.

Para conocer el valor actual de la prima de la opción de venta floor, podemos calcular el costo de su prima, aplicando las mismas reglas que para la opción call cap:

Diagrama para la evolución del precio de la opción Floor put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.7868		0.0000
	2.0109		1.5282	
3.4189		3.1848		2.9684
	4.7979		4.7854	
		6.4005		6.5746
			8.0465	
				9.6037

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 3.4189 puntos básicos (pbs) 3.4189%.

Para este tipo de instrumentos donde cada punto equivale a multiplicar sobre el valor nominal según el tipo de cambio proyectado a esta fecha, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: 250,000 dls * 3.4189% * 7.8905 pesos = \$ 67,442.08 pesos.

La paridad put - call en las opciones Cap y Floor.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = (E - F) \cdot e^{-r \cdot t} + C \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = (F - E) \cdot e^{-r \cdot t} + P \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Tasa de Interés Futura.

"E" = Tasa de ejercicio de la opción.

"e" = Base exponencial de los logaritmos neperianos.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = (25.5000 - 22.5316) * e^{-0.2147 * 0.25} + 0.6057 = \underline{\underline{3.4189}}$$

Que es precisamente el valor encontrado con el diagrama de árbol binomial para la opción de venta.

A continuación se efectúan los cálculos necesarios para conocer la volatilidad aplicable al tercer período de cobertura con las opciones:

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Jul-96	33.2740				
31-Ago-96	29.6576	-0.115057895	-0.03544159	-0.0796163	0.006338755
30-Sep-96	27.9762	-0.058364268	-0.03544159	-0.02292267	0.000525449
31-Oct-96	28.6845	0.025002758	-0.03544159	0.060444353	0.00365352
30-Nov-96	32.1730	0.114770684	-0.03544159	0.150212279	0.022563729
31-Dic-96	29.9192	-0.072627177	-0.03544159	-0.03718558	0.001382768
31-Ene-97	25.9597	-0.141955079	-0.03544159	-0.10651348	0.011345122
28-Feb-97	22.1063	-0.1606827	-0.03544159	-0.1252411	0.015685334
31-Mar-97	23.9508	0.08013909	-0.03544159	0.115580685	0.013358895
30-Abr-97	23.9803	0.001230934	-0.03544159	0.036672529	0.001344874
31-May-97	20.8472	-0.140013013	-0.03544159	-0.10457142	0.010935182
30-Jun-97	22.5316	0.077699122	-0.03544159	0.113140716	0.012800822
Suma :		-0.389857543		Suma :	0.099934449

$$\bar{r} \text{ media} = -0.389857543 / 11 = -0.03544159$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0999344 = 0.009993445 = 0.9993\%$$

$$v = \sqrt{0.009993445} = 0.0999672 = 9.9967\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.0999672 = 0.346296 = 34.630\% \text{ anual}$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual que tendrá efecto para el cálculo del tercer período de contratación de las opciones.

Asimismo, para el cálculo de las primas para el 3er. Trimestre se requerirán los datos tomados de "las curvas de referencias proyectadas", tanto para los tipos TIIE como para el tipo de cambio dólar-peso que posiblemente cotizaría en la fecha en la que se pagaría la opción correspondiente. Lo mismo se aplicaría para el resto de cada una de las opciones de los siguiente trimestres.

Datos a manejar:

Opciones Cap y Floor europeas sobre la TIIE.

Plazo en años de la opción: tres meses = 0.250 años.
Tasa TIIE estimada (Curva de tasas) 20.2857% para el 01/Oct/97.
El precio de ejercicio de la opción es de 25.5000% + 12 pts. de margen
El tipo de interés a corto plazo actual es de 22.5316% 01 de Julio de 1997.
La volatilidad estimada de la TIIE es de: 34.630%
El número de periodos de la opción es: 4
El nominal del contrato es de \$ 250,000 dólares.

$$r = \ln(1 + 0.225316) = 0.20320 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.34630 \cdot (0.250/4)^{1/2}} = 1.0904 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0904 = 0.9171 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.21471 \cdot (90 / 360) / 4} = 1.0128 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$p = \frac{1 - d}{u - d}$

$$p = \frac{1 - 0.9171}{1.0904 - 0.9171} = 0.4784 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5216 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución de la tasa partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				28.6804
			26.3018	
		24.1206		24.1206
	22.1202		22.1202	
20.2857		20.2857		20.2857
	18.6034		18.6034	
		17.0605		17.0605
			15.6457	
				14.3481

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1 - p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
- C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
- C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				3.1804
			1.5022	
		0.7095		0.0000
	0.3351		0.0000	
0.1583		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol ya se expresan en puntos de tasa de interés.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 0.1583 puntos básicos (pbs) 0.1583%.

Si suponemos que para este tipo de instrumentos cada punto de la prima equivale a multiplicarlo sobre el valor nominal, según el tipo de cambio proyectado, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: $250,000 \text{ dls} \cdot 0.1583\% \cdot 7.9577 = \$3,149.26 \text{ pesos}$.

Para conocer el valor actual de la prima de la opción de venta floor, podemos calcular el costo de su prima correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call cap:

Diagrama para la evolución del precio de la opción Floor put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.7105	
		2.0544		1.3794
	3.5886		3.3372	
5.1143		5.0835		5.2143
	6.6388		6.8096	
		8.2278		8.4395
			9.7300	
				11.1519

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 5.1143 puntos básicos (pbs) 5.1143%.

Para este tipo de instrumentos donde cada punto equivale a multiplicar cada punto sobre el valor nominal al tipo de cambio proyectado, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $250,000 \text{ dls} * 5.1143\% * 7.9577 = \$ 101,745.16$ pesos mexicanos.

La paridad put - call en las opciones Cap y Floor.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = (E - F) \cdot e^{-r \cdot t} + C \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = (F - E) \cdot e^{-r \cdot t} + P \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Tasa de Interés Futura.

"E" = Tasa de ejercicio de la opción.

"e" = Base exponencial de los logaritmos neperianos.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = (25.5000 - 20.2857) * e^{-0.20320 * 0.25} + 0.1583 = \underline{\underline{5.1143}}$$

Que es precisamente el valor encontrado con el diagrama de árbol binomial para la opción de venta.

Continuando con la aplicación de los criterios anteriores, calculamos ahora la nueva tasa de volatilidad que corresponderá al cuarto y último período de las opciones:

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \ln(S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Oct-96	28.6845				
30-Nov-96	32.1730	0.114770684	-0.03149461	0.146265294	0.021393536
31-Dic-96	29.9192	-0.072627177	-0.03149461	-0.04113257	0.001691888
31-Ene-97	25.9597	-0.141955079	-0.03149461	-0.11046047	0.012201515
28-Feb-97	22.1063	-0.1606827	-0.03149461	-0.12918809	0.016689563
31-Mar-97	23.9508	0.08013909	-0.03149461	0.1116337	0.012462083
30-Abr-97	23.9803	0.001230934	-0.03149461	0.032725543	0.001070961
31-May-97	20.8472	-0.140013013	-0.03149461	-0.1085184	0.011776244
30-Jun-97	22.5316	0.077699122	-0.03149461	0.109193731	0.011923271
31-Jul-97	20.4952	-0.094728056	-0.03149461	-0.06323345	0.003998469
31-Ago-97	20.6367	0.006880332	-0.03149461	0.038374941	0.001472636
30-Sep-97	20.2857	-0.01715484	-0.03149461	0.01433977	0.000205629
Suma :		-0.346440703		Suma :	0.094885795

$$\bar{r} \text{ media} = -0.346440703 / 11 = -0.03149461$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0948858 = 0.00948858 = 0.9489\%$$

$$v = \sqrt{0.00948858} = 0.097409 = 9.741\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.097409 = 0.337436 = 33.744\% \text{ anual}$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al cuarto período de contratación de las opciones, con base en los datos históricos manejados.

Por último, para el cálculo de las primas correspondientes al 4to. Trimestre, se requerirán también los datos tomados de "las curvas de referencias proyectadas" para los tipos de la TIE y para el tipo de cambio dólar- peso que posiblemente cotizará en la fecha en la que se pagaría la opción correspondiente. Una vez estimados los costos de cada contrato, se suman estos resultados para comunicarle al cliente el total que deberá cubrir por la cobertura completa.

Datos a manejar:

Opciones Cap y Floor europeas sobre la TIE.

Plazo en años de la opción: tres meses = 0.250 años.

Tasa TIE estimada (Curva de tasas) 20.4816% para el 01/Ene/98.

El precio de ejercicio de la opción es de 25.5000% + 12 pts. de margen

El tipo de interés a corto plazo actual es de 20.2857% 01 de Octubre de 1997.

La volatilidad estimada de la TIE es de: 33.744%

El número de períodos de la opción es: 4

El nominal del contrato es de \$ 250,000 dólares.

$$r = \ln(1 + 0.202857) = 0.18470 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.33744 \cdot (0.250/4)^{1/2}} = 1.0880 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0880 = 0.9191 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18470 \cdot (90/360) / 4} = 1.0116 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$p = \frac{1 - d}{u - d}$

$$p = \frac{1 - 0.9191}{1.0880 - 0.9191} = 0.4789 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5211 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución de la tasa partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				28.7019
			26.3799	
		24.2458		24.2458
	22.2844		22.2844	
20.4816		20.4816		20.4816
	18.8247		18.8247	
		17.3018		17.3018
			15.9021	
				14.6156

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				3.2019
			1.5159	
		0.7176		0.0000
	0.3398		0.0000	
0.1608		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol ya se expresan en puntos de tasa de interés.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 0.1608 puntos básicos (pbs) 0.1608%.

Si suponemos que para este tipo de instrumentos cada punto de la prima equivale a multiplicar dicho valor sobre el valor nominal y al tipo de cambio proyectado, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 250,000 dls * 0.1608 * 7.8199 = \$ 3,143.60 pesos.

Para conocer el valor actual de la prima de la opción de venta floor, podemos calcular el costo de su prima correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call cap:

Diagrama para la evolución del precio de la opción Floor put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.6460	
		1.9432		1.2542
	3.4459		3.1787	
4.9528		4.9039		5.0184
	6.4481		6.5987	
		8.0111		8.1982
			9.4878	
				10.8844

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 4.9528 puntos básicos (pbs) 4.9528%.

Para este tipo de instrumentos donde cada punto equivale a multiplicar sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción put anterior, y según el tipo de cambio proyectado sería de: 250,000 dls * 4.9528% * 7.8199 = \$ 96,826.00 pesos.

La paridad put - call en las opciones Cap y Floor.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = (E - F) \cdot e^{-r \cdot t} + C \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = (F - E) \cdot e^{-r \cdot t} + P \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Tasa de Interés Futura.

"E" = Tasa de ejercicio de la opción.

"e" = Base exponencial de los logaritmos neperianos.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = (25.5000 - 20.4816) * e^{-0.18470 * 0.25} + 0.1608 = \underline{\underline{4.9528}}$$

8.10 Cálculo de los resultados en el ejercicio de las opciones:

Como resultado de cada uno de los cálculos hechos anteriormente, podemos observar que el costo estimado para el primer año de la opción Cap nos dará un total de \$ 37,214.72 pesos. Por su parte, el costo de la opción Floor nos arroja una prima de \$ 313,468.00 pesos. La diferencia en cada modalidad se debe principalmente a que dadas las características de los contratos, las opciones Floor se encuentran muy "dentro del dinero" para todos los casos prácticamente, sucediendo lo contrario para las opciones Cap, lo que obviamente achica mucho su rango de cobertura y hace que la prima disminuya considerablemente.

Tabla No. 11 Amortizaciones de un crédito tradicional cubierto con opciones Cap.

(Amortizaciones constantes con pagos trimestrales)

Fecha de pago	Capital Insoluto (Dls.)	Tasa interés a vencimiento	Interés + 12 pts. trimest.	Interés máximo con el Cap	Amortización Mensual (Dls.)	Intereses sin opción (Dls.)
01-Ene-97	\$ 2,000,000.00					
01-Abr-97	\$ 1,750,000.00	23.9508%	8.9877%	9.3750%	250,000.00	\$ 22,469.25
01-Jul-97	\$ 1,500,000.00	22.5316%	8.6329%	9.3750%	250,000.00	\$ 21,582.25
01-Oct-97	\$ 1,250,000.00	20.2857%	8.0714%	9.3750%	250,000.00	\$ 20,178.56
01-Ene-98	\$ 1,000,000.00	20.4816%	8.1204%	9.3750%	250,000.00	\$ 20,301.00
Pago Total (Dls.)	Pago Total (Pesos)					
\$ 272,469.25	\$ 2,149,918.62					
\$ 271,582.25	\$ 2,161,170.07					
\$ 270,178.56	\$ 2,112,769.34					
\$ 270,301.00	\$ 2,184,924.07					
	\$ 8,608,782.10					

Mediante esta tabla nos damos cuenta el porqué del bajo costo en la prima de la opción Cap: dadas sus características y el comportamiento que se espera tener en el mercado de dinero, el Cap no nos dejaría beneficio alguno en ninguna de las amortizaciones del primer año de cobertura, dado que las tasas en el mercado no llegan al tope máximo estipulado como tasa de ejercicio en dicha opción.

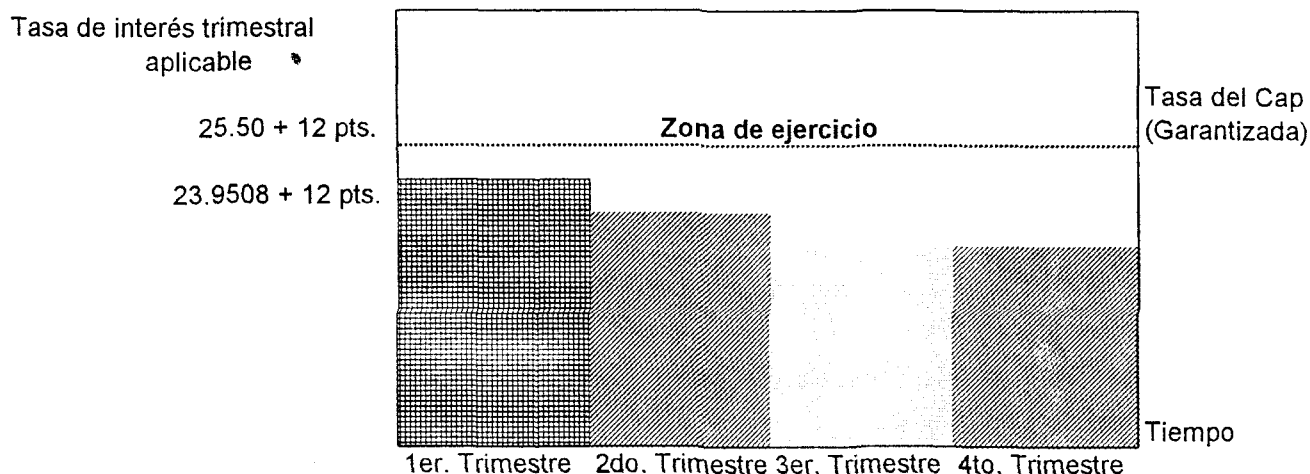
Tabla No. 12 Amortizaciones de una inversión protegida con opciones Floor.

(Amortizaciones constantes con depósitos trimestrales)

Fecha de pago	Capital Invertido (Dls.)	Tasa interés a vencimiento	Interés + 12 pts. trimest.	Interés mínimo con el Floor	Amortización Mensual (Dls.)	Intereses con opción (Dls.)
01-Ene-97	\$ 0.00					
01-Abr-97	\$ 250,000.00	23.9508%	8.9877%	9.3750%	250,000.00	\$ 23,437.50
01-Jul-97	\$ 500,000.00	22.5316%	8.6329%	9.3750%	250,000.00	\$ 23,437.50
01-Oct-97	\$ 750,000.00	20.2857%	8.0714%	9.3750%	250,000.00	\$ 23,437.50
01-Ene-98	\$ 1,000,000.00	20.4816%	8.1204%	9.3750%	250,000.00	\$ 23,437.50
Pago Total (Dls.)	Pago Total (Pesos)					
\$ 273,437.50	\$ 2,157,558.59					
\$ 273,437.50	\$ 2,175,933.59					
\$ 273,437.50	\$ 2,138,253.91					
\$ 273,437.50	\$ 2,210,277.34					
	\$ 8,682,023.44					

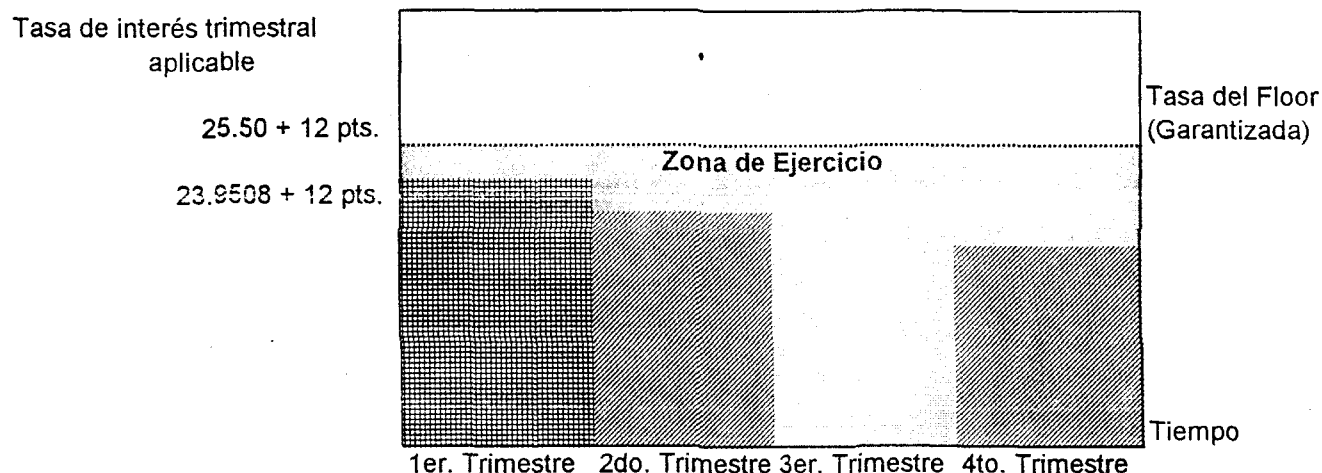
Por otro lado, vemos como con el Floor la tasa mínima de rendimiento que tendríamos en cada trimestre sería la de dicho instrumento, ya que si la TIE terminara en cada período por debajo de lo estipulado en el Floor, el banco nos depositaría la diferencia entre la tasa de mercado y la contratada en la opción. Como todas las opciones serían ejercidas por terminar dentro del dinero, es obvio dada esta característica que el costo de su prima sea muy superior al de la opción Cap.

Gráfica No. 8 Rangos de cobertura trimestrales utilizando contratos de opción Cap.



Por medio de la gráfica anterior nos damos cuenta de que con la opción Cap llegaríamos a tener una cobertura lejana; sólo en el caso de que las tasas aplicables a las amortizaciones trimestrales se dispararan muy por encima de lo que se han movido en el mercado.

Gráfica No. 9 Rangos de cobertura trimestrales utilizando contratos de opción Floor.



En cuanto al Floor, por medio de la gráfica nos damos cuenta de que con la opción llegaríamos a tener una cobertura garantizada, puesto que el banco nos abonaría automáticamente la diferencia en los intereses trimestrales al no llegar éstos a la tasa mínima contratada; las tasas aplicables a los depósitos trimestrales se encuentran por debajo de lo que se ha esperado para la inversión.

9. - OPCIONES SOBRE FUTUROS DE TIPOS DE INTERES (O INSTRUMENTOS DE DEUDA)

Uno de los subyacentes sobre los que se negocian más opciones son los tipos de interés, ó más exactamente los instrumentos de deuda de diferente índole. Adicionalmente, al igual que lo que ocurre con las opciones en divisas, son objeto de constantes innovaciones con la intención de adaptar sus características a las necesidades de cobertura y modulación de riesgos de gran parte de los agentes económicos.

Dada su variedad, una definición global de las opciones en tipos de interés es difícil; no obstante, en términos generales se pueden conceptuar del siguiente modo:

Una opción en tipos de interés es un contrato que da derecho a su poseedor a invertir (tomar prestado) a un determinado tipo de interés (tipo ó precio de ejercicio) en una fecha (ó durante un período) también prefijada (fecha de vencimiento), para un plazo estipulado. Como se mencionaba más arriba, el activo subyacente de las opciones en tipos de interés puede ser un título de deuda pública ó un instrumento bancario.

9.1 Cobertura contra el riesgo de aumentos en las tasas de interés.

El riesgo más frecuente que enfrentan las empresas es que las tasas de interés se eleven, sobre todo la T.I.I.E. -o en su caso, la Libor- de tres ó seis meses (Recordemos que LIBOR significa "London Interbank Offered Rate", y es la referencia estándar para determinar el costo de préstamos en eurodólares).

Como ejemplo, considérese el caso de una empresa mexicana que obtiene un préstamo a un año de 10 millones de dólares a tasa flotante ó variable y que en ese momento, la tasa Libor es de 10 %. El préstamo implica dos pagos de intereses: uno en seis meses con base en la tasa Libor vigente más 1.5 puntos porcentuales; esto es, a 11.5 %. El segundo, al vencimiento del préstamo, se determina sobre Libor + 1.5 puntos; esto es, el segundo pago está en función de la Libor vigente dentro de seis meses. Obviamente la empresa sabe cuál es la tasa para el primer pago de intereses (11.5 %), sin embargo, no sabe a cuánto ascenderá el segundo pago; por lo tanto, está expuesta al riesgo de que en seis meses la tasa Libor haya aumentado.

La empresa puede cubrir tal riesgo por medio de opciones. Para ilustrar esto, consideraremos un producto sencillo del mercado extrabursátil y que analizamos anteriormente: el "techo" de tasas de interés. La empresa mexicana podría comprar un techo de tasas de interés de seis meses a 11.5 % con un operador de opciones (supuestamente un banco extranjero bien capitalizado), a cambio del pago de una prima. Si en el plazo correspondiente la tasa Libor sube, el banco paga la diferencia entre

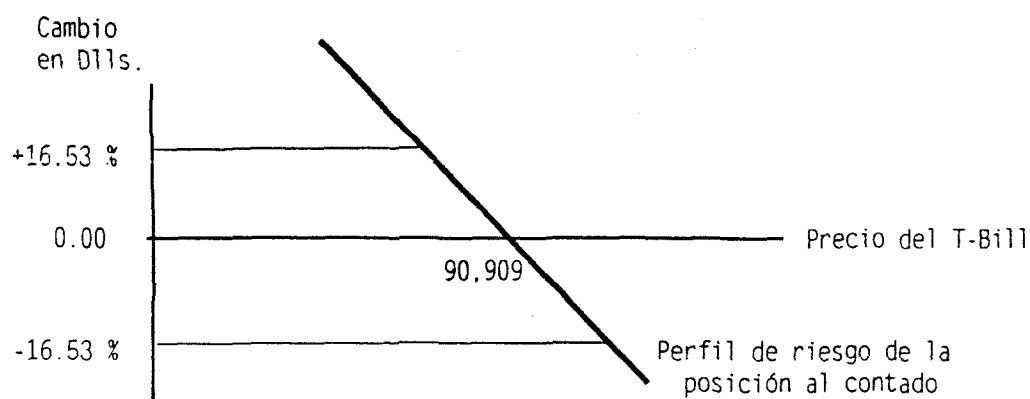
la nueva tasa aplicable al préstamo y 11.5 %. Si la Libor no aumenta, la empresa sólo pierde la prima pagada. De hecho, este contrato es una opción Put tipo europeo sobre el préstamo, con un precio de ejercicio "en el dinero" que se compensa en efectivo ó su equivalente, una opción europea call sobre tipos de interés.

Debido a la relación inversa entre los precios de obligaciones de renta fija y las tasas de interés, una opción put sobre el precio de la obligación equivale a una opción call sobre la tasa de interés, y una opción call sobre el precio del valor se equipara a una opción put sobre la tasa de interés. Esto lo observaremos y examinaremos en detalle al momento de efectuar los ejercicios correspondientes a estas opciones.

9.2 Cobertura contra caídas en las tasas de interés

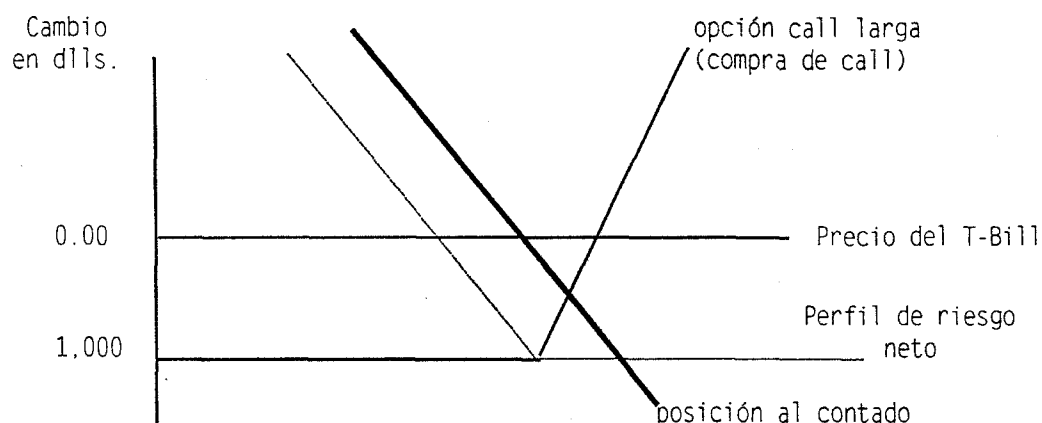
Consideremos ahora el caso de un banco expuesto al riesgo de disminuciones en las tasas de interés. El caso típico sería del tesorero de un banco que planea comprar un T-Bill (que es un bono de deuda pública emitido por el gobierno norteamericano), a plazo de un año con valor nominal de 100,000 Dlls. Supongamos que en ese momento las tasas de interés del mercado se encuentran al 10%; sin embargo, por alguna razón, no puede comprar el valor hasta dentro de un mes. Por consiguiente, corre el riesgo de que las tasas caigan durante ese lapso. Supongamos también que el valor puntual base de este título es de 90,909 Dlls.

Gráfica 10: "Riesgo de la posición al contado de un título de deuda pública a las fluctuaciones de tasas de interés"



Una de las estrategias de cobertura más directas sería comprar una opción call americana sobre el T-Bill con valor nominal de 100,000 Dlls., con fecha de vencimiento a un mes. Suponiendo que la opción call se compra "en el dinero", con un precio de ejercicio de 90,909 Dlls. y que la prima es de 1,000 Dlls.; el administrador de riesgos tendría un perfil de riesgo como el de la siguiente figura:

Gráfica 11: "Cobertura de la posición al contado de un título de deuda pública con tasa de descuento y la adquisición de una opción call americana"



La línea delgada indica el perfil del riesgo neto del banco: por más que caigan las tasas de interés (y se eleve el precio del T-Bill), no puede perder más que el valor de la prima pagada (1,000 dls.). Por otro lado, en la medida que las tasas suban (y baje el precio del T-Bill), obtendrá mayores ganancias, aclarando que el banco no sale a mano en el precio de ejercicio, sino que obtendrá ganancias netas una vez que haya recuperado el costo de la prima.

En la mayoría de los mercados organizados las opciones sobre los tipos de interés que se negocian son **opciones sobre futuros en tipos de interés** y en gran parte opciones americanas. Fundamentalmente, los subyacentes son de dos tipos:

- Futuros sobre títulos conocidos de deuda pública. (Sobre títulos de deuda a largo plazo ó algún título hipotecario).
- Futuros sobre tipos de interés bancarios a corto y largo plazo. (En México, la T.I.I.E., en España, Inglaterra y algunos otros países, la LIBOR).

9.3 Futuros en tipos o tasas de interés

Antes de adentrarnos a profundidad en las opciones sobre tipos de interés, realizaremos previamente una pequeña introducción a los futuros sobre este subyacente. Los contratos de futuros a corto plazo se instrumentan sobre depósitos interbancarios y títulos de deuda pública a corto plazo. Suelen cotizar en términos de 100 –ya que es el tipo de interés ofertado en el mercado -. Por ejemplo, si la tasa Libor para el dólar es del 9%, la cotización equivalente de contratos de futuro "ED3" de Londres sería de 91 puntos.

Ambos tipos de instrumentos tienen finalidades similares: cobertura y especulación frente al riesgo de intereses a diferentes plazos.

El valor de mercado de un contrato de futuros en tipos de interés a largo plazo viene dado por la expresión siguiente:

$$Vm = \sum_{t=1,2,\dots}^{t=n} c * N / (1 + r)^{t1,t2,t3,\dots} + N / (1 + r)^n$$

Siendo:

V_m = Cotización en el mercado del contrato.

n = vencimiento del "título nocional" (Un título nocional es un título teórico a largo plazo, con características estandarizadas y que no existe en la realidad).

c = interés en porcentaje del título nocional.

N = nominal del título nocional.

r = tipo de interés a largo plazo cotizado en el mercado.

$t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ = Exponente a aplicar según el número del período correspondiente del contrato.

Por ejemplo, para el futuro sobre empréstito nacional por 500,000 francos franceses al 10% a 10 años del *Matif* (Casa de bolsa española), si el tipo de interés cotizado es del 11%, el contrato tendrá un valor de:

$$Vm = \sum_{t=1,2,\dots}^{t=10} 0.10 * 500,000 / (1 + 0.11)^{t1,t2,t3,\dots} + 500,000 / (1 + 0.11)^{10}$$

V_m = 470,554 francos = \$664,230.00 pesos. (Equivalencia conforme al Diario Oficial de la Federación del 05/Mar/98).

En términos porcentuales, un 94.11%.

Por otra parte, la liquidación de los contratos se puede realizar de dos formas:

- Por diferencias en efectivo.
- Por entrega de títulos físicos que en términos financieros sean equivalentes al nocional.

La liquidación por diferencias es sencilla y vendría dada por la siguiente expresión para un contrato:

$$L = (PF_i - PF_1) * N/100$$

Siendo:

L = importe de la liquidación.

PF_i = cotización en porcentaje del contrato en el momento de la compra ó venta del mismo.

PF₁ = cotización en porcentaje del contrato en el momento de la liquidación.

N = valor nominal del contrato.

Si "L" es mayor que cero, los vendedores obtienen una ganancia y los compradores una pérdida en su posición en el mercado de futuros, y a la inversa.

En este caso, habría que suponer la no existencia de márgenes de variación diarios, ya que de existir éstos, la liquidación sería la diferencia de cotización de los dos últimos días.

Por ejemplo, si un agente en el *Matif* compra un contrato al 94.11% y al vencimiento la cotización es de 88.70% (con un tipo de interés del 12%), el monto de la liquidación sería en la forma siguiente:

$$L = (94.11\% - 88.70\%) * 500,000 = 27,050 \text{ francos} = \$41,792.25 \text{ pesos. (según la tabla de equivalencias publicada por el Banco de México el 06/Ago/99 en el D.O.F.)}$$

Esta cantidad debería abonarla el comprador del contrato y la recibirá el vendedor del mismo.

La otra forma de liquidación es la más utilizada en la práctica, ya que hay compradores y vendedores interesados en recibir y entregar títulos físicos. Además, con esta forma de liquidación se logra que las cotizaciones del mercado de futuros estén efectivamente ligadas con las cotizaciones del mercado secundario de deuda pública. Esta modalidad exige la definición de la equivalencia financiera entre el bono nacional y los títulos a entregar (Repetimos que al hacer mención al título nacional estamos refiriéndonos a un título teórico a largo plazo con características estandarizadas), esta equivalencia se denomina "factor de conversión", el cuál actúa como un coeficiente homologador del valor de los distintos entregables.

Los factores de conversión no es preciso calcularlos ya que los diferentes mercados los publican y los actualizan constantemente. A la vista de los distintos factores de conversión, el vendedor entregará aquel título que le resulte más económico, esto es, aquel que maximice la diferencia entre el importe a recibir de la liquidación del contrato de futuros y el importe a pagar por el bono entregable al contado. Esta determinación es fácil en función de la duración de los bonos entregables, como aparece en el cuadro que se presenta a continuación:

Tabla 13: "Correlación de la T.I.R. para maximizar el beneficio en la entrega de bonos a la contraparte"

TIR del mercado mayor que la del cupón	Bono de máxima duración
TIR del mercado menor que la del cupón	Bono de mínima duración
TIR del mercado igual que cupón	Bono indistinto

Es decir, los vendedores de contratos de futuros pueden buscar el bono "más barato" para liquidar su posición en el mercado (obligación menos cara de entrega); este bono será aquel que maximice la diferencia del factor de conversión por el precio del futuro menos la cotización a pie de cupón del bono de entrega en el mercado secundario.

9.4 Mecánica operativa de las opciones sobre futuros

Los bancos mexicanos, entidades del sector público y grandes empresas están expuestas a variaciones inesperadas en las tasas de interés internacionales. Como se ha mencionado en ocasiones anteriores, las opciones permiten una cobertura distinta a instrumentos rígidos como son los contratos adelantados y los futuros de tasas de interés, en los cuáles se fija la tasa aplicable al vencimiento de los mismos; con las opciones en cambio, los administradores a cambio de una prima pueden acotar sus pérdidas potenciales pero al mismo tiempo preservan la posibilidad de obtener ganancias.

Los bancos en especial, han encontrado útiles las opciones sobre futuros de tasas de interés para sus necesidades de manejo de brecha; al igual que en el caso de las opciones sobre divisas, es posible construir múltiples estrategias con opciones sobre instrumentos de deuda. En esta sección se estudian únicamente las básicas.

Para simplificar la exposición, utilizaremos una opción sobre un futuro de tasa Mibor en pesetas (El Mibor, son las siglas de: "Madrid InterBank Offered Rate" equivalente al LIBOR (L=Londres) o al PIBOR (P=París), pero referido a España. Es el precio medio con el que los bancos españoles están dispuestos a prestarse el dinero).

Esta opción es equivalente a la mayoría de las opciones sobre tipos de interés interbancarios, como las "ED3" sobre la tasa Libor, por lo tanto, la mecánica operativa que analizaremos es aplicable a la gran mayoría de los contratos.

Mediante estas opciones el comprador de un call se protege de un descenso de los tipos de interés y el comprador de un put de una subida de los mismos. Según las expectativas de volatilidad, las estrategias de cobertura son las que aparecen en el cuadro siguiente:

Tabla 14: "Estrategias de utilización de opciones sobre tipos de interés según el riesgo a cubrir y la volatilidad esperada"

Riesgo a cubrir	Volatilidad esperada alta	Volatilidad esperada moderada
Alza de tipos de interés	Compra de opciones de venta	Venta de opciones de compra
Descenso de tipos de interés	Compra de opciones de compra	Venta de opciones de venta

Ejemplo:

Un banco tiene invertido en un depósito al 13% a seis meses un depósito tomado al 12% a tres meses, ambos por un importe de 100,000,000 de pesetas. El banco quiere eliminar el riesgo de intereses de estas dos operaciones (subida de los tipos de interés dentro de tres meses). El banco tiene dos alternativas:

- Vender 10 futuros Mibor a 87.50 puntos (cada contrato de futuros tiene un importe de 10,000,000 de pesetas).
- Comprar 10 contratos de opción Put sobre el futuro Mibor con un precio de ejercicio de 87.50 puntos y una prima de 30 puntos básicos por contrato.

La primera alternativa supone garantizar una tasa del 12.50% para la renovación del depósito a tres meses para cualquier escenario de tipos de interés en el mercado interbancario (100% - 87.50%).

La segunda alternativa implica en primer lugar pagar una prima de:

$$P = 0.30\% (30 \text{ ptos. Básicos}) * 10,000,000 * 90/3,600 = 75,000 \text{ pesetas.}$$

Los 3,600 son resultado de la operación siguiente: 30 pbs * 12 meses * 10 contratos.

Para un total de 10 contratos, la prima completa sería de: 75,000 * 10 = \$750,000 pesetas.

La prima se ha calculado según el sistema usual practicado en estas opciones de cotizar la prima en base anual y fraccionarla. Dado que ésta se paga por adelantado, el efecto del coste adicional sobre el precio de ejercicio será igual a:

$$0.30\% (1 + 12.50 * (90 / 3,600)) = 0.39\%.$$

Es decir, si al vencimiento el tipo de interés del mercado interbancario a tres meses es de un 12.50%, el costo de la alternativa de cobertura con la opción sería de 12.89%. Evidentemente, para un escenario de **estabilidad** de los tipos de interés, la alternativa de cobertura con opciones no es la más

adecuada. Ahora bien, si por ejemplo a los tres meses los tipos de interés caen de modo que la tasa a tres meses se sitúe en el 11%, los resultados de ambas alternativas serían los siguientes:

- Con la venta de los futuros, el costo de la renovación se situaría en el 12.50% ya que el ahorro de pago de intereses obtenido se compensaría con las pérdidas experimentadas con los contratos de futuros (venta a 87.50 pb y cierre a 89 puntos básicos).
- En cambio, la cobertura con la opción supondría un costo del 11.39% (la tasa interbancaria de 11% + 0.39% de la prima capitalizada), ya que no se ejercería la opción cuyo precio de ejercicio es 12.50%, y se aprovecharía el descenso de los tipos de interés en el interbancario, sacando mayor ventaja de los contratos futuros en puntos básicos "pbs".

Nuevamente queda demostrada la flexibilidad de las opciones, ahora aplicadas en la cobertura del riesgo de intereses. El comprador, a cambio de la prima, limita sus pérdidas al importe de la misma y deja abiertas las posibilidades de ganancia.

A modo ilustrativo, en el cuadro siguiente se presentan los resultados de la cobertura de la posición del banco del ejemplo anterior, añadiendo una tercera alternativa: la venta de 10 contratos de opción call a un precio de ejercicio de 87.50 puntos y una prima de 0.30%. En dicho cuadro se puede comprobar lo expuesto en el anterior: si los tipos de interés varían levemente, la mejor alternativa de cobertura es la venta de opciones.

Tabla 15: "Escenarios de una cobertura para tasas de interés mediante la combinación de futuros y opciones"

Tipo de interés al vencimiento (Ptje.)	Venta de futuros (Ptje.)	Compra opciones Put (Ptje.)	Venta opciones Call (Ptje.)
10.0	12.50	10.39	12.11
11.0	12.50	11.39	12.11
12.0	12.50	12.39	12.11
12.5	12.50	12.89	12.11
13.0	12.50	12.89	12.61
14.0	12.50	12.89	13.61
15.0	12.50	12.89	14.61

Nótese que la suma de la venta de opciones call más la compra de opciones put, es igual a la suma del tipo de interés al vencimiento más la venta de futuros; esto es así porque como en este caso el costo de la cobertura con la opción será siempre de 0.39%, la columna de las opciones put se fijará hasta un 12.89%, mientras que en las call, después del 12.50 que es el precio de venta de los futuros, se disminuirá sólo el mismo 0.39% de la tasa de vencimiento de dichos contratos.

Si en el caso anterior comprásemos 100 opciones put con precio de ejercicio de 87.5 y vendemos 100 call a precio de 89.0 con unas primas respectivas de 0.30% y un 0.16%, el banco habría adquirido un

"túnel" de tipos de interés por un 0.14%. Hemos visto en el apartado de opciones directas sobre tasas de interés cómo estas combinaciones de opciones se comercializan a las empresas bajo la denominación de "collares".

9.5 Ejemplos de opciones sobre futuros de tasas de interés

A continuación realizaremos algunos ejemplos de opciones sobre futuros con base en la T.I.I.E. de México, atendiendo las modalidades de compra y venta para así poder hacer un análisis particular para cada una de ellas. Es preciso mencionar que la mayoría de las especificaciones que se señalan para los contratos tanto de opciones como de futuros, corresponden a las manejadas en el C.B.O.E. (Chicago Mercantile Options Exchange), y no son precisamente las mismas que puede manejar el Mexder actualmente.

Cálculo de la volatilidad histórica para las opciones sobre futuros de tipos de interés.

En el siguiente cuadro se muestra un ejemplo de cálculo de la volatilidad para la tasa líder aplicable a créditos bancarios en los últimos 12 meses : (Tasas promedio publicadas en la revista "IDC")

Se calculará la volatilidad para cada año anterior al mes de contratación de cada opción sobre dicha tasa.

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Ene-96	42.6075				
28-Feb-96	40.3055	-0.055542358	-0.0321391	-0.0234033	0.00054771
31-Mar-96	43.2218	0.069857062	-0.0321391	0.10199614	0.01040321
30-Abr-96	36.6240	-0.165641234	-0.0321391	-0.1335022	0.01782283
31-May-96	32.7195	-0.112732533	-0.0321391	-0.0805935	0.0064953
30-Jun-96	30.1025	-0.083363006	-0.0321391	-0.0512239	0.00262389
31-Jul-96	33.2740	0.100168086	-0.0321391	0.13230717	0.01750519
31-Ago-96	29.6576	-0.115057895	-0.0321391	-0.0829188	0.00687553
30-Sep-96	27.9762	-0.058364268	-0.0321391	-0.0262252	0.00068776
31-Oct-96	28.6845	0.025002758	-0.0321391	0.05714184	0.00326519
30-Nov-96	32.1730	0.114770684	-0.0321391	0.14690976	0.02158248
31-Dic-96	29.9192	-0.072627177	-0.0321391	-0.0404881	0.00163929
Suma :		-0.353529879		Suma :	0.08944838

$$\bar{r} \text{ media} = -0.35352988 / 11 = -0.03213908$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0894484 = 0.00894484 = 0.8945\%$$

$$v = \sqrt{0.00894484} = 0.094577 = 9.458\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.094577 = 0.327625 = 32.763\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al primer periodo de contratación de las opciones.

Ejemplos de opciones sobre futuros de tasas de interés

Si una empresa mexicana adquiriera un crédito bancario por \$ 2'000,000 de pesos en el mes de Enero de 1997, el cuál deba pagarse mediante amortizaciones trimestrales con un costo indexado a la tasa interbancaria (TIIE) vigente al final de cada una más doce puntos, y a su vez quisiera protegerse de las posibles alzas de la misma ¿Cuál sería la mejor manera de obtener una cobertura con opciones sobre futuros de tipos de interés?

En los mercados de futuros sobre tipos de interés, al esperarse un aumento en las tasas lo conveniente es entrar con una posición vendedora (corta), ya que estos contratos perderán valor al incrementarse las tasas y nos permitirán obtener ganancias al momento de cancelar con una posición compradora (larga); al obtener cobertura con opciones en el mercado de futuros, debemos adquirir una posición de venta que nos pueda garantizar un precio con el cuál se logre obtener posibles ganancias al liquidar las opciones o la posición de futuros.

Para esto manejaremos opciones de tipo europeo sobre depósitos subyacentes con valor nominal de \$500,000 pesos cada uno, cuyo "punto base" equivale a un 0.01% sobre dicho valor, es decir: \$50.00 pesos. Los detalles de ambos contratos se muestran a continuación:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro de la TIIE.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el futuro actualmente 70.0808 (01 de Enero de 1997)

El precio de ejercicio de la opción es de 70.0808

El tipo de interés a corto plazo es del 29.9192% (01 de Enero de 1997)

La volatilidad estimada de la TIIE es de: 32.763%

El número de períodos de la opción es: 4

El valor nominal del contrato es de \$ 500,000 pesos.

Un punto base equivale a 0.010 % del nominal = \$ 50.00 pesos. (Carmen Díaz "Futuros y opciones sobre futuros")

En principio, debemos calcular el precio de la cobertura, siendo necesario conocer el valor de la prima de la opción sobre los contratos de futuros requeridos para la cantidad inicial del crédito; en este caso, para un monto de \$2'000,000 de pesos requeriremos de 4 opciones sobre futuros (\$2'000,000 / \$500,000).

$$r = \ln(1 + 0.299192) = 0.26174 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.32763 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0692 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0692 = 0.9353 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.26174 \cdot (60/360) / 4} = 1.0110 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9353}{1.0692 - 0.9353} = 0.4832 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5168 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				91.5872
			85.6596	
		80.1156		80.1174
	74.9304		74.9321	
70.0808		70.0824		70.0840
	65.5466		65.5481	
		61.3057		61.3071
			57.3392	
				53.6294

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo mediante la manejada expresión:

$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				21.5064
			15.4093	
		9.8177		10.0366
	5.8650		4.7986	
3.3638		2.2942		0.0032
	1.0969		0.0015	
		0.0007		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 336.38 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: $336.38 * 50.00 * 4 \text{ Contratos} = \$ 67,276 \text{ pesos}$.

Ahora bien, como en el caso presente se tienen expectativas al alza de las tasas de interés, calcularemos el diagrama de árbol para la opción de venta sobre futuros correspondiente, aplicando los mismos procedimientos y reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put europea:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	1.1719		0.0000	
3.3637		2.2926		0.0000
	5.4846		4.4849	
		8.5858		8.7737
			12.6029	
				16.4514

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 336.37 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $336.37 * 50.00 * 4 \text{ Contratos} = \$ 67,274 \text{ pesos}$.

9.6 La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 3.3638 - \frac{1}{1.0110^4} (70.0808 - 70.0808) = 3.3638$$

Al ser iguales el precio de ejercicio de la opción y la cotización de mercado del futuro, la ecuación de la paridad arroja prácticamente el resultado que encontramos en el árbol binomial para la opción de venta.

Al transcurrir los dos meses de vigencia de las opciones sobre futuros, es necesario realizar los cálculos para el período de cobertura que culmina con dichas opciones. Esto es con el propósito de conocer el valor actual de la prima de la opción contratada al principio del período.

La volatilidad empleada para este ejercicio es el promedio del primer y segundo períodos.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro de la TIE.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el futuro actualmente 77.8937 (01 de Marzo de 1997)

El precio de ejercicio de la opción es de 70.0808

El tipo de interés a corto plazo es del 22.1063% (01 de Marzo de 1997)

La volatilidad estimada de la TIE es de: 33.824%

El número de períodos de la opción es: 4

El valor nominal del contrato es de \$ 500,000 pesos.

Un punto base equivale a 0.010 % del nominal = \$ 50.00 pesos. (Carmen Díaz "Futuros y opciones sobre futuros")

Al finalizar el período de la opción, se tienen dos caminos a seguir: **cancelar la posición** que originalmente contratamos, esto debido a que así podríamos recuperar parte del costo de la prima, compuesto este por su "valor tiempo" y en su caso valor intrínseco, e incluso obtener una ganancia si la opción ha subido de precio para entonces. O bien si fuera conveniente, ejercer el derecho que nos confiere la opción, es decir, perder tal valor tiempo del costo de la prima y recibir un contrato de futuros al precio de ejercicio señalado.

$$r = \ln(1 + 0.221063) = 0.19972 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.33824 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0715 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0715 = 0.9333 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.19972 * (60 / 360) / 4} = 1.0084 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9333}{1.0715 - 0.9333} = 0.4826 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5174 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				102.6765
			95.8250	
		89.4307		89.4335
	83.4631		83.4657	
77.8937		77.8961		77.8985
	72.6982		72.7004	
		67.8492		67.8513
			63.3237	
				59.1000

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la manejada expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
- C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
- C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				32.5957
			25.5293	
		19.0281		19.3527
	13.3507		13.2730	
8.8920		8.2719		7.8177
	4.8775		3.7414	
		1.7906		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 889.20 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: $889.20 \cdot 50.00 \cdot 4 \text{ Contratos} = \$ 177,840 \text{ pesos}$.

Ahora bien, como en el caso presente se tienen expectativas al alza de las tasas de interés, calcularemos el diagrama de árbol para la opción de venta sobre futuros correspondiente, aplicando los mismos procedimientos y reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put europea:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
1.3375	0.3011		0.0000	
		0.5869		0.0000
	2.3259		1.1439	
		3.9857		2.2295
			6.7011	
				10.9808

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 133.75 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $133.75 * 50.00 * 4 \text{ Contratos} = \$ 26,750 \text{ pesos}$.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

$$P = 8.8920 - \frac{1}{1.0084^4} (77.8937 - 70.0808) = 1.3370$$

A manera de comprobación, podemos observar cómo aplicando la fórmula anterior para la equivalencia de la opción put, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo del árbol binomial. La mínima diferencia se debe al redondeo en diezmilésimas.

Volatilidad histórica de la T.I.I.E. para el segundo período de contratación de las opciones sobre futuros.

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
30-Abr-96	36.6240				
31-May-96	32.7195	-0.112732533	-0.0386093	-0.0741233	0.00549426
30-Jun-96	30.1025	-0.083363006	-0.0386093	-0.0447537	0.0020029
31-Jul-96	33.2740	0.100168086	-0.0386093	0.13877736	0.01925916
31-Ago-96	29.6576	-0.115057895	-0.0386093	-0.0764486	0.00584439
30-Sep-96	27.9762	-0.058364268	-0.0386093	-0.019755	0.00039026
31-Oct-96	28.6845	0.025002758	-0.0386093	0.06361203	0.00404649
30-Nov-96	32.1730	0.114770684	-0.0386093	0.15337996	0.02352541
31-Dic-96	29.9192	-0.072627177	-0.0386093	-0.0340179	0.00115722
31-Ene-97	25.9597	-0.141955079	-0.0386093	-0.1033458	0.01068036
28-Feb-97	22.1063	-0.1606827	-0.0386093	-0.1220734	0.01490192
31-Mar-97	23.9508	0.08013909	-0.0386093	0.11874837	0.01410117
Suma :		-0.424702037		Suma :	0.10140353

$$\bar{r} \text{ media} = -0.424702037 / 11 = -0.03860928$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.1014035 = 0.01014035 = 1.0140\%$$

$$v = \sqrt{0.01014035} = 0.100698 = 10.0698\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.100698 = 0.34883 = 34.883\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al segundo período de contratación de las opciones.

Para el 2do. Trimestre se requerirán 3 contratos de opciones sobre los futuros subyacentes para efectuar la cobertura del saldo pendiente del crédito (1,500,000 / 500,000).

Las especificaciones de los contratos se muestran a continuación:

Datos a manejar:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro de la TIE.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el futuro actualmente 76.0492 (01 de Abril de 1997)

El precio de ejercicio de la opción es de 76.0492

El tipo de interés a corto plazo es del 23.9508% (01 de Abril de 1997)

La volatilidad estimada de la TIE es de: 34.883%

El número de períodos de la opción es: 4

El valor nominal del contrato es de \$ 500,000 pesos.

Un punto base equivale a 0.010 % del nominal = \$ 50.00 pesos. (Carmen Díaz "Futuros y opciones sobre futuros")

$$r = \ln(1 + 0.239508) = 0.21471 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.34883 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0738 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0738 = 0.9313 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.21471 \cdot (60/360) / 4} = 1.0090 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9313}{1.0738 - 0.9313} = 0.4821 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5179 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				101.1086
			94.1596	
		87.6882		87.6908
	81.6616		81.6640	
76.0492		76.0514		76.0537
	70.8246		70.8267	
		65.9589		65.9609
			61.4275	
				57.2074

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				25.0594
			17.9488	
		11.4322		11.6416
	6.8276		5.5647	
3.9149		2.6599		0.0045
	1.2715		0.0022	
		0.0011		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 391.49 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: $391.49 \cdot 50.00 \cdot 3 \text{ Contratos} = \$ 58,723.50$ pesos.

Ahora bien, como en el caso presente se tienen expectativas al alza de las tasas de interés, calcularemos el diagrama de árbol para la opción de venta sobre futuros correspondiente, aplicando los mismos procedimientos y reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	1.3642		0.0000	
3.9150		2.6578		0.0000
	6.3576		5.1781	
		9.9122		10.0883
			14.4913	
				18.8418

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 391.50 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $391.50 * 50.00 * 3 \text{ Contratos} = \$ 58,725 \text{ pesos}$.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

Como veíamos, en estas opciones la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

Por lo tanto,

$$P = 3.9149 - \frac{1}{1.0090^4} (76.0492 - 76.0492) = 3.9149$$

A manera de comprobación, podemos observar cómo aplicando la fórmula anterior para la equivalencia de la opción put, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo del árbol binomial. Para el presente caso, es lógico que obtengamos aritméticamente una concordancia para el precio de la opción put, ya que en el desarrollo de la fórmula vemos cómo el precio del futuro y el de ejercicio se eliminan.

Al transcurrir los dos meses de vigencia de las opciones sobre futuros, es necesario realizar los cálculos para el período de cobertura que culmina con las opciones.

La volatilidad empleada para este cálculo es el promedio del segundo y tercer períodos.

Datos a manejar:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro de la TIIE.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el futuro actualmente 79.1528 (01 de Junio de 1997)

El precio de ejercicio de la opción es de 76.0492

El tipo de interés a corto plazo es del 20.8472% (01 de Junio de 1997)

La volatilidad estimada de la TIIE es de: 34.757%

El número de períodos de la opción es: 4

El valor nominal del contrato es de \$ 500,000 pesos.

Un punto base equivale a 0.010 % del nominal = \$ 50.00 pesos. (Carmen Díaz "Futuros y opciones sobre futuros")

$$r = \ln(1 + 0.208472) = 0.18936 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.34757 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0735 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0735 = 0.9315 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18936 \cdot (60 / 360) / 4} = 1.0079 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9315}{1.0735 - 0.9315} = 0.4824 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5176 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				105.1173
			97.9202	
		91.2158		91.2126
	84.9705		84.9675	
79.1528		79.1500		79.1472
	73.7308		73.7282	
		68.6802		68.6778
			63.9756	
				59.5933

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la manejada expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				29.0681
			21.6996	
		14.9299		15.1634
	9.7117		8.8484	
6.0635		4.9965		3.0980
	2.7559		1.4828	
		0.7097		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 606.35 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: $606.35 \cdot 50.00 \cdot 3 \text{ Contratos} = \$ 90,952.50$ pesos.

Ahora bien, como en el caso presente se tienen expectativas al alza de las tasas de interés, calcularemos el diagrama de árbol para la opción de venta sobre futuros correspondiente, aplicando los mismos procedimientos y reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.9983		0.0000	
3.0558		1.9440		0.0000
	5.0200		3.7855	
		7.9635		7.3714
			11.9789	
				16.4559

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 305.58 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $305.58 * 50.00 * 3 \text{ Contratos} = \$ 45,837 \text{ pesos}$.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

Por lo tanto,

$$P = 6.0635 - \frac{1}{1.0079^4} (79.1528 - 76.0492) = 3.0561$$

A manera de comprobación, podemos observar cómo aplicando la fórmula anterior para la equivalencia de la opción put, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo del árbol binomial. La mínima diferencia obtenida se debe al redondeo en diezmilésimas.

Volatilidad histórica de la T.I.I.E. para el tercer período de contratación de las opciones.

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \ln (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Jul-96	33.2740				
31-Ago-96	29.6576	-0.115057895	-0.0354416	-0.0796163	0.00633876
30-Sep-96	27.9762	-0.058364268	-0.0354416	-0.0229227	0.00052545
31-Oct-96	28.6845	0.025002758	-0.0354416	0.06044435	0.00365352
30-Nov-96	32.1730	0.114770684	-0.0354416	0.15021228	0.02256373
31-Dic-96	29.9192	-0.072627177	-0.0354416	-0.0371856	0.00138277
31-Ene-97	25.9597	-0.141955079	-0.0354416	-0.1065135	0.01134512
28-Feb-97	22.1063	-0.1606827	-0.0354416	-0.1252411	0.01568533
31-Mar-97	23.9508	0.08013909	-0.0354416	0.11558069	0.01335889
30-Abr-97	23.9803	0.001230934	-0.0354416	0.03667253	0.00134487
31-May-97	20.8472	-0.140013013	-0.0354416	-0.1045714	0.01093518
30-Jun-97	22.5316	0.077699122	-0.0354416	0.11314072	0.01280082
Suma :		-0.389857543		Suma :	0.09993445

$$\bar{r} \text{ media} = -0.389857543 / 11 = -0.03544159$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0999344 = 0.009993445 = 0.9993\%$$

$$v = \sqrt{0.009993445} = 0.0999650 = 9.9965\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.0999650 = 0.346288 = 34.629\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al tercer período de contratación de las opciones sobre futuros de la T.I.I.E.

Para el inicio del 3er. Trimestre se requerirán sólo 2 contratos de opciones sobre los futuros subyacentes para efectuar la cobertura del saldo pendiente del crédito (1,000,000 / 500,000).

Datos a manejar:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro de la TIE.
 Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.
 Precio al que cotiza el futuro actualmente 77.4684 (01 de Julio de 1997)
 El precio de ejercicio de la opción es de 77.4684
 El tipo de interés a corto plazo es del 22.5316% (01 de Julio de 1997)
 La volatilidad estimada de la TIE es de: 34.629%
 El número de períodos de la opción es: 4
 El valor nominal del contrato es de \$ 500,000 pesos.
 Un punto base equivale a 0.010 % del nominal = \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln (1 + 0.225316) = 0.20320$$

$$u = e^{0.34629 \cdot (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0733$$

$$d = 1 / 1.0733 = 0.9317$$

$$R = e^{0.20320 \cdot (60 / 360) / 4} = 1.0085$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9317}{1.0733 - 0.9317} = 0.4823$$

$$1 - p = 0.5177$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				102.8038
			95.7829	
		89.2415		89.2409
	83.1468		83.1463	
77.4684		77.4679		77.4674
	72.1773		72.1768	
		67.2476		67.2471
			62.6546	
				58.3753

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la conocida expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				25.3354
			18.1595	
		11.5746		11.7725
	6.9175		5.6300	
3.9692		2.6925		0.0000
	1.2876		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 396.92 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: $396.92 \cdot 50.00 \cdot 2 \text{ Contratos} = \$ 39,692 \text{ pesos}$.

Ahora bien, como en el caso presente se tienen expectativas al alza de las tasas de interés, calcularemos el diagrama de árbol para la opción de venta sobre futuros correspondiente, aplicando los mismos procedimientos y reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0003		0.0000
	1.3830		0.0005	
3.9711		2.6939		0.0010
	6.4474		5.2474	
		10.0501		10.2213
			14.6894	
				19.0931

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 397.11 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $397.11 \cdot 50.00 \cdot 2 \text{ Contratos} = \$ 39,711 \text{ pesos}$.

Al transcurrir los dos meses de vigencia de las opciones sobre futuros para el tercer período de la cobertura, es necesario efectuar los cálculos para el lapso que culmina con estas opciones.

La volatilidad empleada para este cálculo es el promedio del tercero y cuarto períodos.

Datos a manejar:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro de la TIIE.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.
 Precio al que cotiza el futuro actualmente 79.3633 (01 de Septiembre de 1997)
 El precio de ejercicio de la opción es de 77.4684
 El tipo de interés a corto plazo es del 20.6367% (01 de Septiembre de 1997)
 La volatilidad estimada de la TIIE es de: 34.187%
 El número de períodos de la opción es: 4
 El valor nominal del contrato es de \$ 500,000 pesos.
 Un punto base equivale a 0.010 % del nominal = \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln (1 + 0.206367) = 0.18761$$

$$u = e^{0.34187 \cdot (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0723$$

$$d = 1 / 1.0723 = 0.9326$$

$$R = e^{0.18761 \cdot (60 / 360) / 4} = 1.0078$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9326}{1.0723 - 0.9326} = 0.4825$$

$$1 - p = 0.5175$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				104.9265
			97.8518	
		91.2541		91.2566
	85.1013		85.1036	
79.3633		79.3655		79.3676
	74.0142		74.0163	
		69.0256		69.0276
			64.3733	
				60.0345

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo,

mediante la conocida expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				27.4581
			20.2262	
		13.5741		13.7882
	8.6012		7.5765	
5.2393		4.0943		1.8992
	2.1837		0.9093	
		0.4353		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 523.93 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: $523.93 \cdot 50.00 \cdot 2 \text{ Contratos} = \$ 52,393 \text{ pesos}$.

Ahora bien, como en el caso presente se tienen expectativas al alza de las tasas de interés, calcularemos el diagrama de árbol para la opción de venta sobre futuros correspondiente, aplicando los mismos procedimientos y reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	1.1428		0.0000	
3.4007		2.2256		0.0000
	5.5572		4.3343	
		8.7472		8.4408
			12.9934	
				17.4339

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 340.07 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $340.07 \cdot 50.00 \cdot 2 \text{ Contratos} = \$ 34,007 \text{ pesos}$.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

Como veíamos, en estas opciones la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n}(F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n}(F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

Para los datos con los contábamos al inicio de este período de cobertura, sería de la manera siguiente:

$$P = 3.9692 - \frac{1}{1.0085^4}(77.4684 - 77.4684) = 3.9692$$

A manera de comprobación, podemos observar cómo aplicando la fórmula anterior para la equivalencia de la opción put, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo del árbol binomial. La mínima diferencia se debe al redondeo en diezmilésimas.

Ahora bien, una vez que se transcurrió el período de la cobertura actual, y ya hechos los cálculos necesarios, podemos verificar la autenticidad de estos una vez más mediante la fórmula apropiada:

$$P = C - \frac{1}{R^n}(F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n}(F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

$$P = 5.2393 - \frac{1}{1.0078^4}(79.3633 - 77.4684) = 3.4024$$

A manera de comprobación, podemos verificar que aplicando la fórmula anterior para hallar la equivalencia de la opción put en la finalización del tercer período de cobertura, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo del árbol binomial. La mínima diferencia obtenida se debe al redondeo en diezmilésimas.

Volatilidad histórica para la T.I.I.E. utilizada en el cuarto período de contratación de opciones.

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ (media)	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Oct-96	28.6845				
30-Nov-96	32.1730	0.114770684	-0.0314946	0.14626529	0.02139354
31-Dic-96	29.9192	-0.072627177	-0.0314946	-0.0411326	0.00169189
31-Ene-97	25.9597	-0.141955079	-0.0314946	-0.1104605	0.01220152
28-Feb-97	22.1063	-0.1606827	-0.0314946	-0.1291881	0.01668956
31-Mar-97	23.9508	0.08013909	-0.0314946	0.1116337	0.01246208
30-Abr-97	23.9803	0.001230934	-0.0314946	0.03272554	0.00107096
31-May-97	20.8472	-0.140013013	-0.0314946	-0.1085184	0.01177624
30-Jun-97	22.5316	0.077699122	-0.0314946	0.10919373	0.01192327
31-Jul-97	20.4952	-0.094728056	-0.0314946	-0.0632334	0.00399847
31-Ago-97	20.6367	0.006880332	-0.0314946	0.03837494	0.00147264
30-Sep-97	20.2857	-0.01715484	-0.0314946	0.01433977	0.00020563
Suma :		-0.346440703		Suma :	0.0948858

$$\bar{r} \text{ media} = -0.346440703 / 11 = -0.03149461$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0948858 = 0.00948858 = 0.9489\%$$

$$v = \sqrt{0.00948858} = 0.097409 = 9.741\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.097409 = 0.337436 = 33.744\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al cuarto período de contratación de las opciones sobre futuros.

Para el 4to. Trimestre se requerirá sólo de un contrato de futuros subyacentes para efectuar la cobertura del saldo pendiente del crédito, puesto que es precisamente el valor nominal que ampara el futuro.

Datos a manejar:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro de la TIIE.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.
 Precio al que cotiza el futuro actualmente 79.7143 (01 de Octubre de 1997)
 El precio de ejercicio de la opción es de 79.7143
 El tipo de interés a corto plazo es del 20.2857% (01 de Octubre de 1997)
 La volatilidad estimada de la TIIE es de: 33.744%
 El número de períodos de la opción es: 4
 El valor nominal del contrato es de \$ 500,000 pesos.
 Un punto base equivale a 0.010 % del nominal = \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln(1 + 0.202857) = 0.18470$$

$$u = e^{0.33744 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0713$$

$$d = 1 / 1.0713 = 0.9334$$

$$R = e^{0.18470 \cdot (60/360)/4} = 1.0077$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9334}{1.0713 - 0.9334} = 0.4830$$

$$1 - p = 0.5170$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				104.9979
			98.0098	
		91.4868		91.4824
	85.3979		85.3938	
79.7143		79.7104		79.7065
	74.4053		74.4017	
		69.4499		69.4465
			64.8245	
				60.5072

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la conocida expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				25.2836
			18.1563	
		11.5964		11.7681
	6.9453		5.6406	
3.9938		2.7036		0.0000
	1.2959		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 399.38 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: $399.38 \cdot 50.00 \cdot 1 \text{ Contrato} = \$ 19,969 \text{ pesos}$.

Ahora bien, como en el caso presente se tienen expectativas al alza de las tasas de interés, calcularemos el diagrama de árbol para la opción de venta sobre futuros correspondiente, aplicando los mismos procedimientos y reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0021		0.0000
	1.3896		0.0040	
3.9920		2.7065		0.0078
	6.4828		5.2716	
		10.1073		10.2678
			14.7756	
				19.2071

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 399.20 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $399.20 \cdot 50.00 \cdot 1 \text{ Contrato} = \$ 19,960 \text{ pesos}$.

Al transcurrir los dos meses de vigencia de las opciones sobre futuros para el cuarto período de la cobertura, es necesario efectuar los cálculos para el lapso que culmina con estas opciones.

La volatilidad empleada para esta valuación es un promedio estimado con base en las anteriores.

Datos a manejar:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro de la TIIE.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.
 Precio al que cotiza el futuro actualmente 77.8193 (01 de Diciembre de 1997)
 El precio de ejercicio de la opción es de 79.7143
 El tipo de interés a corto plazo es del 22.1807% (01 de Diciembre de 1997)
 La volatilidad estimada de la TIIE es de: 34.112%
 El número de períodos de la opción es: 4
 El valor nominal del contrato es de \$ 500,000 pesos.
 Un punto base equivale a 0.010 % del nominal = \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln(1 + 0.221807) = 0.20033$$

$$u = e^{0.34112 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0721$$

$$d = 1 / 1.0721 = 0.9327$$

$$R = e^{0.20033 * (60 / 360) / 4} = 1.0084$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9327}{1.0721 - 0.9327} = 0.4828$$

$$1 - p = 0.5172$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				102.8084
			95.8944	
		89.4454		89.4408
	83.4301		83.4258	
77.8193		77.8153		77.8112
	72.5821		72.5783	
		67.6973		67.6938
			63.1413	
				58.8919

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				23.0941
			16.0456	
		10.0707		9.7265
	5.9652		4.6568	
3.4035		2.2296		0.0000
	1.0675		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 340.35 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: $340.35 \cdot 50.00 \cdot 1 \text{ Contrato} = \$ 17,017.50$ pesos.

Ahora bien, como en el caso presente se tienen expectativas al alza de las tasas de interés, calcularemos el diagrama de árbol para la opción de venta sobre futuros correspondiente, aplicando los mismos procedimientos y reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.5006		0.0000
	2.3409		0.9761	
5.2354		4.0968		1.9031
	8.0225		7.0764	
		11.8173		12.0205
			16.4348	
				20.8224

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 523.54 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre la TIIE cuyo pb equivale a 0.010% sobre el valor nominal, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $523.54 \cdot 50.00 \cdot 1 \text{ Contrato} = \$ 26,177$ pesos.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

Como veíamos, en estas opciones la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n}(F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n}(F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

Para los datos con los contábamos al inicio de este período de cobertura, sería de la manera siguiente:

$$P = 3.9938 - \frac{1}{1.0713^4}(79.7143 - 79.7143) = 3.9938$$

A manera de comprobación, podemos observar cómo aplicando la fórmula anterior para la equivalencia de la opción put, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo del árbol binomial. La mínima diferencia se debe al redondeo en diezmilésimas.

Ahora bien, una vez que se transcurrió el período de la cobertura actual, y ya hechos los cálculos necesarios, podemos verificar la autenticidad de estos una vez más mediante la fórmula apropiada:

$$P = C - \frac{1}{R^n}(F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n}(F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

$$P = 3.4035 - \frac{1}{1.0084^4}(77.8193 - 79.7143) = 5.2361$$

A manera de comprobación, podemos verificar que aplicando la fórmula anterior para hallar la equivalencia de la opción put en la finalización del cuarto período de cobertura, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo del árbol binomial. La mínima diferencia obtenida se debe al redondeo en diezmilésimas.

9.7 Cálculo de las diferencias obtenidas con la liquidación de las opciones:

Recordemos que las opciones europeas sólo pueden ejercerse hasta su vencimiento, por tanto, hasta tal fecha se puede optar por dos caminos: "liquidar la opción" ó ejercer el derecho de recibir un contrato de futuros al precio de ejercicio, siempre y cuando la opción se encuentre "dentro del dinero" y este derecho nos reporte un mayor beneficio que el de liquidarla.

En los esquemas siguientes veremos los efectos y resultados que obtenemos al llegar las fechas de expiración para las opciones y hacer la liquidación de las mismas. Para los primeros cuatro contratos:

Compra de 4 contratos put a :	3.3637 01 de Enero de 1997.
Venta de 4 contratos put a :	<u>1.3375 01 de Marzo de 1997.</u>
Utilidad / pérdida por cada opción:	-2.0262
No. de contratos utilizados :	4
Valor de cada punto del índice :	\$ 50.00
Por cien unidades :	<u>100</u>
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$(40,524.00)

Para el primer caso, las opciones se encuentran "fuera del dinero" al expirar su vigencia, por lo tanto, al intentar no perder la totalidad de la prima pagada, vendemos 4 contratos put y recibimos una prima de 1.3375 por opción, lo que nos permite disminuir el costo inicial del precio de la opción. Este resultado en puntos base, lo podemos llevar a unidades monetarias. Para los siguientes contratos tenemos que:

Compra de 3 contratos put a :	3.9150 01 de Abril de 1997.
Venta de 3 contratos put a :	<u>3.0558 01 de Junio de 1997.</u>
Utilidad / pérdida por cada opción:	-0.8592
No. de contratos utilizados :	3
Valor de cada punto del índice :	\$ 50.00
Por cien unidades :	<u>100</u>
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$(12,888.00)

Para este segundo caso, tenemos un resultado similar al de las primeras opciones; es decir, la prima se ha devaluado por causa de que la opción termina fuera del dinero, aunque la pérdida es mucho menor a la del primer caso.

Sin embargo, debemos notar que a pesar de haber tenido un resultado negativo en la cobertura, la opción nos permite entrar al mercado de futuros con una posición más favorable, porque el contrato respectivo ha incrementado su valor.

Para el caso las terceras opciones, obtenemos que:

Compra de 2 contratos put a :	3.9711 01 de Julio de 1997.
Venta de 2 contratos put a :	<u>3.4007 01 de Septiembre de 1997.</u>
Utilidad / pérdida por cada opción:	-0.5704
No. de contratos utilizados :	2
Valor de cada punto del índice :	\$ 50.00
Por cien unidades :	<u>100</u>
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ (5,704.00)

Finalmente, para la liquidación del cuarto y último contrato, llegaremos al siguiente resultado:

Compra de 1 contratos put a :	3.9920 01 de Octubre de 1997.
Venta de 1 contratos put a :	<u>5.2354 01 de Diciembre de 1997.</u>
Utilidad / pérdida por cada opción:	1.2434
No. de contratos utilizados :	1
Valor de cada punto del índice :	\$ 50.00
Por cien unidades :	<u>100</u>
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ 6,217.00

Para este último caso, obtenemos un resultado favorable al liquidar la opción ya que esta termina "dentro del dinero" y el costo de la prima ha aumentado, lo que nos permite allegarnos una ganancia de 1.2434 puntos al venderla, y que convertidos a pesos nos dan una utilidad de \$ 6,217.00; esta ganancia la adicionaremos a la cotización a la cuál entraremos en el mercado de futuros.

9.8 Cancelaciones de las posiciones en el mercado de contratos de futuros.

Como las posiciones en futuros se cancelan con el movimiento contrario al que se adquirió, tendremos para ello que adquirir una posición de compra en el mercado de futuros, y el resultado final en cada una de las operaciones estará dado por la diferencia en los puntos base de los mismos al inicio y al final de cada período, adicionadas o disminuídas con los resultados de la cobertura con las opciones y multiplicadas éstas por su equivalencia en pesos; lo cuál es también igual a la diferencia en las tasas de interés del mercado y del futuro que se pagaría para cada una de las amortizaciones pendientes del crédito más el costo de la prima de la opción, como se verá en la tabla al final de este apartado.

Resultado al cancelar la posición en futuros para el primer período:

Precio del futuro al contratar la opción:	70.0808
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	70.0808 01 de Enero de 1997.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	77.8937 01 de Marzo de 1997.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	-2.0262
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	75.8675
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	76.0492 01 de Abril de 1997.
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice	-0.1817
Por número de contratos comprados:	4
Valor de cada punto del índice (Pesos):	\$ 50.00
	100
Resultado expresado en pesos :	\$ (3,634.00)

Si incluimos en las cotizaciones actuales del mercado de futuros el resultado que obtuvimos en la cobertura con las opciones, nos daremos cuenta que la operación nos arrojará un resultado final neto en el que se integra la combinación de la prima pagada por la opción menos la ganancia con el futuro.

Resultado al cancelar la posición en futuros para el segundo período:

Precio del futuro al contratar la opción:	76.0492
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	76.0492 01 de Abril de 1997.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	79.1528 01 de Junio de 1997.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	-0.8592
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros (corta):	78.2936
Cotización a la que se cancela la posición en futuros (larga):	77.4684 01 de Julio de 1997.
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice	0.8252
Por número de contratos comprados:	3
Valor de cada punto del índice (Pesos):	\$ 50.00
	100
Resultado expresado en pesos :	\$ 12,378.00

El resultado que obtuvimos al liquidar la segunda cobertura con las opciones nos resultó en una pérdida que finalmente fué posible compensar y superar al haber logrado una cancelación muy positiva en el mercado de futuros el día 01 de julio.

Resultado al cancelar la posición para el tercer período:

Precio del futuro al contratar la opción:	77.4684
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	77.4684 01 de Julio de 1997.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	79.3633 01 de Septiembre de 1997.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	-0.5704
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros (corta):	78.7929

Cotización a la que se cancela la posición en futuros (larga):	79.7143	01 de Octubre de 1997.
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice	-0.9214	
Por número de contratos comprados:	2	
Valor de cada punto del índice (Pesos):	\$ 50.00	
	100	
Resultado expresado en pesos :	\$ (9,214.00)	

Resultado al cancelar la posición para el cuarto período (utilizando el precio de ejercicio de la opción):

Precio del futuro al contratar la opción:	79.7143	
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	79.7143	01 de Octubre de 1997.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	77.8193	01 de Diciembre de 1997.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	1.2434	
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros (corta):	79.0627	
Cotización a la que se cancela la posición en futuros (larga):	79.5184	01 de Enero de 1998.
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice	-0.4557	
Por número de contratos comprados:	1	
Valor de cada punto del índice (Pesos):	\$ 50.00	
	100	
Resultado expresado en pesos :	\$ (2,278.50)	

En el último caso, en que la tasa de interés es mayor al terminar el período y por lo tanto, el precio del futuro correspondiente disminuye, fué preferible liquidar la opción de venta para obtener una ganancia de 1.2434 puntos porcentuales de su "valor tiempo", ya que de no haberlo hecho así, el mercado de futuros no nos hubiera compensado el costo de la prima pagada al cierre de la posición. Debemos notar que la utilidad de una cobertura de opciones sobre futuros está en que esta permite hacer una especie de "arbitraje", dando la posibilidad de entrar al mercado futuro con una ganancia adicional a la posición inicial; sin embargo, a pesar de que en muchos casos se recupera más del costo de la prima de la opción, al cancelar los futuros pueden obtenerse déficits.

9.9 Comparación contra las amortizaciones de un crédito tradicional sin opciones sobre futuros de tasas de interés.

En las siguientes tablas podremos observar el comportamiento del crédito sin los instrumentos de cobertura y con ellos.

Tabla No.16: Amortizaciones de un crédito tradicional sin opciones sobre futuros de tasas de interés.
(Amortizaciones constantes con pagos trimestrales)

Fecha de pago	Capital Insoluto	Tasa interés a vencimiento	Interés + 12 pts. trimest.	Amortización Mensual	Intereses sin opción	Pago Total
01-Abr-97	\$ 2,000,000.00	23.9508%	8.9877%	500,000.00	179,754.00	\$ 679,754.00
01-Jul-97	\$ 1,500,000.00	22.5316%	8.6329%	500,000.00	129,493.50	\$ 629,493.50
01-Oct-97	\$ 1,000,000.00	20.2857%	8.0714%	500,000.00	80,714.00	\$ 580,714.00
01-Ene-98	\$ 500,000.00	20.4816%	8.1204%	500,000.00	40,602.00	\$ 540,602.00
Totales :						\$ 2,430,563.50

Tabla No.17: Amortizaciones de un crédito tradicional con opciones sobre futuros de tasas de interés.

Fecha de pago	Tasa al inicio del período	Tasa al final del período	Resultado de la posición futuros	Interés + 12 pts. trimest.	Intereses con cada futuro
01-Abr-97	29.9192	23.9508	(0.1817)	9.1694%	183,388.00
01-Jul-97	23.9508	22.5316	0.8252	7.8077%	117,115.50
01-Oct-97	22.5316	20.2857	(0.9214)	8.9928%	89,928.00
01-Ene-98	20.2857	20.4816	(0.4557)	8.5761%	42,880.50

Costo pagado por la opción	Pago Total
\$ 40,524.00	\$ 723,912.00
\$ 12,888.00	\$ 630,003.50
\$ 5,704.00	\$ 595,632.00
\$ (6,217.00)	\$ 536,663.50

Totales : \$ 2,486,211.00

En esta segunda tabla puede observarse que a pesar de que en los tres primeros renglones el precio de cotización del futuro rebasa al de ejercicio de la opción provocando que esta no se ejerza, se obtienen ganancias que disminuyen notablemente el costo de la opción al cancelar las posiciones, ya que de cualquier manera la tasa de interés cotiza más baja al cierre que al inicio de la operación. Insistimos que en el último caso, en que la tasa de interés es mayor al terminar el período y por lo tanto, el precio del futuro correspondiente disminuye, fué preferible liquidar la opción de venta para obtener una ganancia de 1.2434 puntos porcentuales de su nuevo valor, ya que de no hacerlo así, el mercado de futuros no nos hubiera compensado tal ganancia al cierre de la posición. Las diferencias en cada pago de intereses pueden ser bonificadas en la fecha correspondiente.

9.10 Cálculo del costo de capital para el crédito (sin la opción):

Con una tasa del 8.70 % :

Pago / Mes	Flujos efectivo	$(1 + i)^n$
1	\$ 679,754.00	\$ 625,348.67
2	\$ 629,493.50	\$ 532,760.68
3	\$ 580,714.00	\$ 452,140.76
4	\$ 540,602.00	\$ 387,221.51
		\$ 1,997,471.62

Con una tasa del 8.50 % :

Pago / Mes	Flujos efectivo	$(1 + i)^n$
1	\$ 679,754.00	\$ 626,501.38
2	\$ 629,493.50	\$ 534,726.58
3	\$ 580,714.00	\$ 454,645.69
4	\$ 540,602.00	\$ 390,084.50
		\$ 2,005,958.15

Una vez actualizados los distintos flujos de efectivo para cada mes, se realiza la interpolación de ambas tasas de interés de la forma siguiente:

Interpolación :

Tasa supuesta	Cálculo
8.70%	\$ 1,997,471.62
8.50%	\$ 2,005,958.15
0.20%	\$ 8,486.53
X	\$ 5,958.15

Por lo tanto, tenemos que:

$$X = 0.1404\%$$

$$\text{T.I.R.} = 8.50 \% + 0.1404 \%$$

$$\text{T.I.R.} = \underline{\underline{8.640\%}}$$

De los cálculos para conocer el costo de capital de los pagos del crédito, vemos que se llega a alcanzar una tasa del 8.640% sin la cobertura. Ahora bien, a efectos comparativos se calculará el costo de capital que se tendría al utilizar la cobertura del crédito por medio de las opciones sobre futuros .

Para esta circunstancia, los flujos de efectivo están conformados por la suma de la amortización trimestral, más la prima pagada y los intereses que resultan al final de cada posición con futuros.

9.11 Cálculo del costo de capital para el crédito (con la opción):

Con una tasa del 9.60 % :

Pago / Mes	Flujos efectivo	$(1 + i)^t$
1	\$ 723,912.00	\$ 660,503.65
2	\$ 630,003.50	\$ 524,471.45
3	\$ 595,632.00	\$ 452,424.75
4	\$ 536,663.50	\$ 371,928.83
		\$ 2,009,328.68

Con una tasa del 9.90 % :

Pago / Mes	Flujos efectivo	$(1 + i)^t$
1	\$ 723,912.00	\$ 658,700.64
2	\$ 630,003.50	\$ 521,612.00
3	\$ 595,632.00	\$ 448,729.83
4	\$ 536,663.50	\$ 367,884.33
		\$ 1,996,926.80

Una vez actualizados los distintos flujos de efectivo para los pagos de cada mes, de nuevo se realiza la interpolación de ambas tasas de interés:

Interpolación :

Tasa supuesta	Cálculo
9.60%	\$ 2,009,328.68
9.90%	\$ 1,996,926.80
-0.30%	\$ 12,401.88
X	\$ 3,073.20

Por lo tanto, tenemos que:

$$X = -0.0743\%$$

$$\text{T.I.R.} = 9.90\% - 0.0743\%$$

$$\text{T.I.R.} = \underline{\underline{9.825\%}}$$

Como se puede apreciar, el costo de capital que implica la cobertura para cada pago trimestral utilizando las opciones sobre futuros financieros asciende a un 9.825%, lo cuál es sólo 1.185 puntos porcentuales mayor al costo obtenido sin ella, pero en esta situación contamos con la certeza de que en caso dado de que dichas tasas aumentaran desfavorablemente en algún trimestre, el pago de la deuda estaría amarrado al valor al que se vende el futuro mediante la opción, es decir, a la tasa de ejercicio.

9.12 Opciones sobre futuros de tasas de interés de Certificados de la Tesorería.

Continuando con el ejemplo siguiente, analizaremos opciones sobre instrumentos de deuda mexicanos; más específicamente sobre los Certificados de la Tesorería, los que se operarán en base a su tasa de descuento, con el fin de conocer el mecanismo de su cobertura mediante opciones y la valuación de estos títulos al final de la misma.

En el siguiente cuadro se muestra un ejemplo del cálculo de la volatilidad histórica para Cetes a 91 días aplicable a estos instrumentos previo a la contratación de sus opciones.

Se calculará la volatilidad para cada año anterior al mes de contratación de cada opción sobre dicho instrumento (Tasas promedio publicadas por el Banco de México).

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	$r \text{ media}$	$R_t - r$	$(R_t - r)^2$
31-Ene-96	41.5725				
28-Feb-96	40.6620	-0.022144896	-0.04091011	0.01876521	0.000352133
31-Mar-96	43.0450	0.056952085	-0.04091011	0.09786219	0.009577009
30-Abr-96	37.1500	-0.147282309	-0.04091011	-0.1063722	0.011315045
31-May-96	31.0660	-0.178849798	-0.04091011	-0.13793969	0.019027358
30-Jun-96	29.6400	-0.046989173	-0.04091011	-0.00607907	3.6955E-05
31-Jul-96	31.6600	0.065929254	-0.04091011	0.10683936	0.011414649
31-Ago-96	29.1580	-0.082324737	-0.04091011	-0.04141463	0.001715172
30-Sep-96	27.7875	-0.048143038	-0.04091011	-0.00723293	5.23153E-05
31-Oct-96	27.6760	-0.004020668	-0.04091011	0.03688944	0.001360831
30-Nov-96	28.9350	0.044486323	-0.04091011	0.08539643	0.00729255
31-Dic-96	26.5075	-0.087624223	-0.04091011	-0.04671412	0.002182209
Suma :		-0.450011179		Suma :	0.064326226

$$r \text{ media} = -0.450011179 / 11 = -0.04091011$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0643262 = 0.00643262 = 0.6433\%$$

$$v = \sqrt{0.00643262} = 0.080205 = 8.021\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.080205 = 0.277845 = 27.786\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al primer período de contratación de las opciones.

Opciones sobre futuros de tasas de interés de Cetes.

Un inversionista decide realizar operaciones invirtiendo en contratos de Cetes a 91 días durante el próximo año, a los cuáles además quisiera protegerles su valor de mercado usando opciones financieras sobre futuros para posibilitar obtener ganancias al finalizar cada trimestre. Los datos de cada contrato de opción, futuros y Cetes se muestran enseguida:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre contratos futuros de Cetes a 91 días.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

La tasa de descuento del título es de: 25.9900% 02 de Enero de 1997.

El precio actual para el futuro es de: 74.0100 (100 - tasa de descuento)

El precio de ejercicio para la opción es: 74.0100

La tasa de interés libre de riesgo es de: 29.9192%

La volatilidad estimada para Cetes 91 es: 27.7860%

El número de periodos de la opción es: 4

El nominal del Cete para el futuro es \$ 2'000,000 de pesos (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Un punto base es igual a $0.01 \% * 2'000,000 / 4 = \$ 50$ pesos.

$$r = \ln(1 + 0.299192) = 0.26174 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.27786 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0584 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0584 = 0.9448 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.26174 * (60 / 360) / 4} = 1.0110 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9448}{1.0584 - 0.9448} = 0.4859 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5141 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución de la tasa de descuento):

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				92.8731
			87.7486	
		82.9068		82.9048
	78.3322		78.3303	
74.0100		74.0082		74.0064
	69.9246		69.9229	
		66.0648		66.0632
			62.4180	
				58.9725

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				18.8631
			13.5889	
		8.7049		8.8948
	5.2285		4.2750	
3.0150		2.0546		0.0000
	0.9875		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la call costaría 301.50 puntos básicos (pbs) por cada una de las opciones contratadas.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0009		0.0000
	1.0462		0.0018	
3.0155		2.0566		0.0036
	4.9413		4.0427	
		7.7735		7.9468
			11.4660	
				15.0375

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put costaría los 301.55 puntos básicos (pbs) por cada una de las opciones contratadas.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

$$C = 3.0155 + \frac{1}{1.0110^4} (74.0100 - 74.0100) = 3.0155$$

Como puede observarse, los precios de las opciones Call y Put prácticamente coinciden, puesto que estamos empleando el mismo precio de ejercicio y además ambas son opciones "en el dinero".

Como estamos utilizando opciones sobre futuros, al terminar la vigencia de los primeros, debemos conocer a cuánto se cotiza actualmente el contrato que adquirimos al iniciar la cobertura.

La volatilidad empleada para este cálculo es el promedio del primero y segundo períodos:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre contratos futuros de Cetes a 91 días.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

La tasa de descuento del Cete es de: 22.8100% 06 de marzo de 1997.

El precio actual para el futuro es de: 77.1900 (100 - tasa de descuento)

El precio de ejercicio para la opción es: 74.0100

La tasa de interés libre de riesgo es de: 22.1063%

La volatilidad estimada para Cetes 91 es: 27.1380%

El número de períodos de la opción es: 4

El nominal del Cete para el futuro es \$ 2'000,000 de pesos (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Un punto base es igual a 0.01 % * 2'000,000 / 4 = \$ 50 pesos.

$$r = \ln (1 + 0.221063) = 0.19972 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.27138 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0570 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0570 = 0.9461 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.19972 * (60 / 360) / 4} = 1.0084 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9461}{1.0570 - 0.9461} = 0.4860 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5140 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución de la tasa de descuento):

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				96.3520
			91.1561	
		86.2404		86.2430
	81.5898		81.5922	
77.1900		77.1922		77.1943
	73.0295		73.0315	
		69.0932		69.0951
			65.3691	
				61.8457

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				22.3420
			17.0031	
		12.0271		12.2330
	8.0423		7.5188	
5.1506		4.4060		3.1843
	2.5005		1.5347	
		0.7397		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Al momento de llevar a cabo las operaciones aritméticas para conocer el nuevo valor de la opción al momento de su vencimiento, tenemos que el valor actual de la call es ahora de 515.06 puntos básicos (pbs).

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.6509		0.0000	
2.0759		1.2769		0.0000
	3.4572		2.5052	
		5.5752		4.9149
			8.5691	
				12.1643

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, llevando a cabo las operaciones aritméticas necesarias para conocer el valor de la prima al vencimiento para la opción put, esta costaría 207.59 puntos básicos (pbs) al momento de llegar a su término.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

$$C = 2.0759 + \frac{1}{1.0084^4} (77.1900 - 74.0100) = 5.1513$$

Por medio de la fórmula de la paridad put - call, obtenemos el valor que buscamos para la opción call, que es el obtenido mediante el diagrama de árbol para tal opción; la pequeña diferencia que se obtiene con la fórmula se debe sólo al manejo de decimales, pero es prácticamente insignificante.

Como se comentó en el primer ejercicio, se calculará la volatilidad para cada año anterior al mes de contratación de cada opción sobre dicho instrumento, así es que para un nuevo período de cobertura se hacen las operaciones siguientes:

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \ln(S_t / S_{t-1})$	r media	$R_t - r$	$(R_t - r)^2$
30-Abr-96	37.1500				
31-May-96	31.0660	-0.178849798	-0.04619431	-0.13265548	0.017597477
30-Jun-96	29.6400	-0.046989173	-0.04619431	-0.00079486	6.31802E-07
31-Jul-96	31.6600	0.065929254	-0.04619431	0.11212357	0.012571694
31-Ago-96	29.1580	-0.082324737	-0.04619431	-0.03613042	0.001305407
30-Sep-96	27.7875	-0.048143038	-0.04619431	-0.00194872	3.79753E-06
31-Oct-96	27.6760	-0.004020668	-0.04619431	0.04217365	0.001778616
30-Nov-96	28.9350	0.044486323	-0.04619431	0.09068064	0.008222978
31-Dic-96	26.5075	-0.087624223	-0.04619431	-0.04142991	0.001716437
31-Ene-97	24.6020	-0.074599971	-0.04619431	-0.02840566	0.000806881
28-Feb-97	21.5367	-0.133069284	-0.04619431	-0.08687497	0.00754726
31-Mar-97	22.3500	0.037067864	-0.04619431	0.08326218	0.00693259
Suma :		-0.50813745		Suma :	0.058483773

$$r \text{ media} = -0.50813745 / 11 = -0.04619431$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0584837 = 0.00584838 = 0.5848\%$$

$$v = \sqrt{0.00584838} = 0.076475 = 7.647\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.076475 = 0.264902 = 26.490\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual que corresponde al segundo período de contratación de las opciones.

Al haber terminado la vigencia de los contratos de opciones y de futuros, al inversionista le es necesario adquirir la cobertura correspondiente al 2do. Trimestre del año para los Cetes.

Opciones de compra y venta europeas sobre contratos futuros de Cetes a 91 días.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.
 La tasa de descuento del Cete es de: 21.9000% 03 de Abril de 1997.
 El precio actual para el futuro es de: 78.1000 (100 - tasa de descuento)
 El precio de ejercicio para la opción es: 78.1000
 La tasa de interés libre de riesgo es de: 23.9508%
 La volatilidad estimada para Cetes 91 es: 26.4900%
 El número de períodos de la opción es: 4
 El nominal del Cete para el futuro es \$ 2'000,000 de pesos.
 Un punto base es igual a $0.01 \% * 2'000,000 / 4 = \$ 50$ pesos.

$$r = \ln (1 + 0.239508) = 0.21471 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.26490 * (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0556 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0556 = 0.9473 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.21471 * (60 / 360) / 4} = 1.0090 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9473}{1.0556 - 0.9473} = 0.4866 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5134 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro):

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				96.9726
			91.8649	
		87.0262		87.0236
	82.4424		82.4399	
78.1000		78.0977		78.0953
	73.9841		73.9820	
		70.0851		70.0831
			66.3916	
				62.8928

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				18.8726
			13.6420	
		8.7687		8.9236
	5.2848		4.3035	
3.0579		2.0754		0.0000
	1.0009		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la call costaría 305.79 puntos básicos (pbs) por cada una de las opciones contratadas.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0012		0.0000
	1.0579		0.0024	
3.0583		2.0779		0.0047
	5.0078		4.0814	
		7.8726		8.0169
			11.6040	
				15.2072

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put costaría los mismos 305.83 puntos básicos (pbs) por cada una de las opciones contratadas.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

$$C = 3.0583 + \frac{1}{1.0090^4} (78.1000 - 78.1000) = 3.0583$$

Como puede observarse, los precios de las opciones Call y Put prácticamente coinciden, puesto que estamos empleando el mismo precio de ejercicio y además ambas son opciones "en el dinero".

Como estamos utilizando opciones sobre futuros, al terminar la vigencia de los primeros, debemos conocer a cuánto se cotiza actualmente el contrato que adquirimos al iniciar la cobertura.

La volatilidad empleada para este cálculo es el promedio del segundo y tercer períodos:

Opciones de compra y venta europeas sobre contratos futuros de Cetes a 91 días.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

La tasa de descuento del Cete es de: 21.3100% 05 de junio de 1997.

El precio actual para el futuro es de: 78.6900 (100 - tasa de descuento)

El precio de ejercicio para la opción es: 78.1000

La tasa de interés libre de riesgo es de: 20.6472%

La volatilidad estimada para Cetes 91 es: 23.8245%

El número de períodos de la opción es: 4

El nominal del Cete para el futuro es \$ 2'000,000 de pesos.

Un punto base es igual a $0.01 \% * 2'000,000 / 4 = \$ 50$ pesos.

$$r = \ln (1 + 0.206472) = 0.18770 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.238245 * (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0498 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0498 = 0.9526 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18770 * (60 / 360) / 4} = 1.0079 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9526}{1.0498 - 0.9526} = 0.4877 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5123 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro):

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				95.5754
			91.0415	
		86.7227		86.7261
	82.6088		82.6120	
78.6900		78.6931		78.6962
	74.9601		74.9630	
		71.4070		71.4098
			68.0223	
				64.7980

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				17.4754
			12.8405	
		8.4888		8.6261
	5.2832		4.4770	
3.1614		2.3130		0.5962
	1.1902		0.2885	
		0.1396		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Al momento de llevar a cabo las operaciones aritméticas para conocer el nuevo valor de la opción al momento de su vencimiento, tenemos que el valor actual de la call es ahora de 316.14 puntos básicos (pbs).

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.8785		0.0000	
2.5882		1.7284		0.0000
	4.2558		3.4005	
		6.7275		6.6902
			9.9984	
				13.3020

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, llevando a cabo las operaciones aritméticas necesarias para conocer el valor de la prima al vencimiento para la opción put, esta costaría 258.82 puntos básicos (pbs) al momento de llegar a su término.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

$$C = 2.5882 + \frac{1}{1.0079^4} (78.6900 - 78.1000) = 3.1600$$

Por medio de la fórmula de la paridad put - call, obtenemos el valor que buscamos para la opción call, que es el obtenido mediante el diagrama de árbol para tal opción; la pequeña diferencia que se obtiene con la fórmula se debe sólo al manejo de decimales, pero es prácticamente insignificante.

Con los datos concernientes, se calculará la volatilidad correspondiente al año previo del mes de contratación para las opciones utilizables en el tercer período de la cobertura.

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN}(S_t / S_{t-1})$	r media	$R_t - r$	$(R_t - r)^2$
31-Jul-96	31.6600				
31-Ago-96	29.1580	-0.082324737	-0.03561636	-0.04670838	0.002181672
30-Sep-96	27.7875	-0.048143038	-0.03561636	-0.01252668	0.000156918
31-Oct-96	27.6760	-0.004020668	-0.03561636	0.03159569	0.000998288
30-Nov-96	28.9350	0.044486323	-0.03561636	0.08010268	0.00641644
31-Dic-96	26.5075	-0.087624223	-0.03561636	-0.05200786	0.002704818
31-Ene-97	24.6020	-0.074599971	-0.03561636	-0.03898361	0.001519722
28-Feb-97	21.5367	-0.133069284	-0.03561636	-0.09745292	0.009497072
31-Mar-97	22.3500	0.037067864	-0.03561636	0.07268422	0.005282997
30-Abr-97	22.3720	0.000983856	-0.03561636	0.03660022	0.001339576
31-May-97	20.6350	-0.080821514	-0.03561636	-0.04520515	0.002043506
30-Jun-97	21.3975	0.03628543	-0.03561636	0.07190179	0.005169867
Suma :		-0.391779962		Suma :	0.037310875

$$r \text{ media} = -0.39177996 / 11 = -0.03561636$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0373109 = 0.00373109 = 0.3731\%$$

$$v = \sqrt{0.00373109} = 0.061083 = 6.108\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.061083 = 0.211595 = 21.159\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al tercer período de contratación de las opciones sobre futuros.

Al haber terminado la vigencia de los contratos de opciones y de futuros, al inversionista le es necesario adquirir la cobertura correspondiente al 3er. Trimestre del año para los Cetes.

Opciones de compra y venta europeas sobre contratos futuros de Cetes a 91 días.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

La tasa de descuento del Cete es de: 19.6400% 03 de Julio de 1997.

El precio actual para el futuro es de: 80.3600 (100 - tasa de descuento)

El precio de ejercicio para la opción es: 80.3600

La tasa de interés libre de riesgo es de: 22.5316%

La volatilidad estimada para Cetes 91 es: 21.1590%

El número de períodos de la opción es: 4

El nominal del Cete para el futuro es \$ 2'000,000 de pesos.

Un punto base es igual a $0.01 \% * 2'000,000 / 4 = \$ 50$ pesos.

$$r = \ln (1 + 0.225316) = 0.20320 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.21159 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0441 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0441 = 0.9578 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.20320 * (60 / 360) / 4} = 1.0085 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9578}{1.0441 - 0.9578} = 0.4890 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5110 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro):

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				95.5011
			91.4674	
		87.6041		87.6074
	83.9039		83.9071	
80.3600		80.3631		80.3662
	76.9688		76.9718	
		73.7207		73.7236
			70.6097	
				67.6300

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				15.1411
			11.0138	
		7.1225		7.2474
	4.3185		3.5173	
2.5137		1.7070		0.0062
	0.8284		0.0030	
		0.0015		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la call costaría 251.37 puntos básicos (pbs) por cada una de las opciones contratadas.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.8633		0.0000	
2.5135		1.7038		0.0000
	4.1344		3.3626	
		6.5292		6.6364
			9.6681	
				12.7300

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put costaría los mismos 251.35 puntos básicos (pbs) por cada una de las opciones contratadas.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

$$C = 2.5135 + \frac{1}{1.0085^4} (80.3600 - 80.3600) = 2.5135$$

Como puede observarse, los precios de las opciones Call y Put prácticamente coinciden, puesto que estamos empleando el mismo precio de ejercicio y además ambas son opciones "en el dinero".

Como estamos utilizando opciones sobre futuros, al terminar la vigencia de los primeros, debemos conocer a cuánto se cotiza actualmente el contrato que adquirimos al iniciar la cobertura.

La volatilidad empleada para este cálculo es el promedio del tercer y cuarto períodos:

Opciones de compra y venta europeas sobre contratos futuros de Cetes a 91 días.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

La tasa de descuento del Cete es de: 20.7200% 04 de septiembre de 1997.

El precio actual para el futuro es de: 79.2800 (100 - tasa de descuento)

El precio de ejercicio para la opción es: 80.3600

La tasa de interés libre de riesgo es de: 20.6367%

La volatilidad estimada para Cetes 91 es: 22.2485%

El número de períodos de la opción es: 4

El nominal del Cete para el futuro es \$ 2'000,000 de pesos.

Un punto base es igual a $0.01 \% * 2'000,000 / 4 = \$ 50$ pesos.

$$r = \ln (1 + 0.206367) = 0.18761 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.222485 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0465 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0465 = 0.9556 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18761 * (60 / 360) / 4} = 1.0078 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9556}{1.0465 - 0.9556} = 0.4884 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5116 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro):

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				95.0868
			90.8617	
		86.8244		86.8276
	82.9665		82.9695	
79.2800		79.2828		79.2856
	75.7600		75.7626	
		72.3963		72.3987
			69.1819	
				66.1102

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				14.7268
			10.4201	
		6.6409		6.4676
	3.9894		3.1343	
2.3070		1.5189		0.0000
	0.7361		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Al momento de llevar a cabo las operaciones aritméticas para conocer el nuevo valor de la opción al momento de su vencimiento, tenemos que el valor actual de la call es ahora de 230.70 puntos básicos (pbs).

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.2769		0.0000
	1.4441		0.5454	
3.3554		2.5803		1.0744
	5.2312		4.5622	
		7.8417		7.9613
			11.0920	
				14.2498

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, llevando a cabo las operaciones aritméticas necesarias para conocer el valor de la prima al vencimiento para la opción put, esta costaría 335.54 puntos básicos (pbs) al momento de llegar a su término.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

$$C = 3.3554 + \frac{1}{1.0078^4} (79.2800 - 80.3600) = 2.3084$$

Por medio de la fórmula de la paridad put - call, obtenemos el valor que buscamos para la opción call, que es el obtenido mediante el diagrama de árbol para tal opción; la pequeña diferencia que se obtiene con la fórmula se debe sólo al manejo de decimales, pero es prácticamente insignificante.

Una vez más se calculará la volatilidad para cada año anterior al mes de contratación de cada opción sobre dicho instrumento para el cuarto y último período de utilización de la cobertura con opciones para los Cetes.

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	r media	$R_t - r$	$(R_t - r)^2$
31-Oct-96	27.6760				
30-Nov-96	28.9350	0.044486323	-0.02724119	0.07172751	0.005144836
31-Dic-96	26.5075	-0.087624223	-0.02724119	-0.06038304	0.003646111
31-Ene-97	24.6020	-0.074599971	-0.02724119	-0.04735879	0.002242855
28-Feb-97	21.5367	-0.133069284	-0.02724119	-0.1058281	0.011199586
31-Mar-97	22.3500	0.037067864	-0.02724119	0.06430905	0.004135654
30-Abr-97	22.3720	0.000983856	-0.02724119	0.02822504	0.000796653
31-May-97	20.6350	-0.080821514	-0.02724119	-0.05358033	0.002870852
30-Jun-97	21.3975	0.03628543	-0.02724119	0.06352661	0.004035631
31-Jul-97	19.4020	-0.097897939	-0.02724119	-0.07065675	0.004992377
31-Ago-97	19.7167	0.016089839	-0.02724119	0.04333102	0.001877578
30-Sep-97	20.5100	0.03944658	-0.02724119	0.06668777	0.004447258
Suma :		-0.29965304		Suma :	0.04538939

$$r \text{ media} = -0.29965304 / 11 = -0.02724119$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0453894 = 0.004538939 = 0.4539\%$$

$$v = \sqrt{0.004538939} = 0.067372 = 6.737\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.067372 = 0.233382 = 23.338\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al cuarto período de contratación de las opciones.

Al haber terminado la vigencia de los contratos de opciones y de futuros, al inversionista le es necesario adquirir la cobertura correspondiente al 4to. Trimestre del año para los Cetes.

Opciones de compra y venta europeas sobre contratos futuros de Cetes a 91 días.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.
 La tasa de descuento del Cete es de: 18.6400% 08 de Octubre de 1997.
 El precio actual para el futuro es de: 81.3600 (100 - tasa de descuento)
 El precio de ejercicio para la opción es: 81.3600
 La tasa de interés libre de riesgo es de: 20.2857%
 La volatilidad estimada para Cetes 91 es: 23.3380%
 El número de periodos de la opción es: 4
 El nominal del Cete para el futuro es \$ 2'000,000 de pesos.
 Un punto base es igual a 0.01 % * 2'000,000 / 4 = \$ 50 pesos.

$$r = \ln (1 + 0.202857) = 0.18470$$

$$u = e^{0.23338 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0488$$

$$d = 1 / 1.0488 = 0.9535$$

$$R = e^{0.18470 * (60 / 360) / 4} = 1.0077$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9535}{1.0488 - 0.9535} = 0.4879$$

$$1 - p = 0.5121$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro):

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				98.4423
			93.8618	
		89.4945		89.4972
	85.3304		85.3330	
81.3600		81.3625		81.3650
	77.5768		77.5791	
		73.9695		73.9717
			70.5299	
				67.2503

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				17.0823
			12.4060	
		8.0101		8.1372
	4.8489		3.9423	
2.8180		1.9100		0.0050
	0.9254		0.0024	
		0.0012		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la call costaría 281.80 puntos básicos (pbs) por cada una de las opciones contratadas.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.9696		0.0000	
2.8189		1.9080		0.0000
	4.6232		3.7546	
		7.2797		7.3883
			10.7476	
				14.1097

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put costaría los mismos 281.89 puntos básicos (pbs) por cada una de las opciones contratadas.

De nueva cuenta, al terminar la vigencia de las opciones, debemos conocer a cuánto asciende la cotización actual del contrato que adquirimos al iniciar la cobertura.

La volatilidad empleada para este cálculo es el promedio de todas las anteriores.

Opciones de compra y venta europeas sobre contratos futuros de Cetes a 91 días.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

La tasa de descuento del Cete es de: 20.1700% 11 de Diciembre de 1997.

El precio actual para el futuro es de: 79.8300 (100 - tasa de descuento)

El precio de ejercicio para la opción es: 81.3600

La tasa de interés libre de riesgo es de: 22.1807%

La volatilidad estimada para Cetes 91 es: 24.5690%

El número de períodos de la opción es: 4

El nominal del Cete para el futuro es \$ 2'000,000 de pesos.

Un punto base es igual a 0.01 % * 2'000,000 / 4 = \$ 50 pesos.

$$r = \ln(1 + 0.221807) = 0.20033$$

$$u = e^{0.24569 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0514$$

$$d = 1 / 1.0514 = 0.9511$$

$$R = e^{0.20033 * (60 / 360) / 4} = 1.0084$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9511}{1.0514 - 0.9511} = 0.4875$$

$$1 - p = 0.5125$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro):

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				97.5525
			92.7834	
		88.2475		88.2462
	83.9333		83.9321	
79.8300		79.8289		79.8278
	75.9263		75.9253	
		72.2135		72.2126
			68.6823	
				65.3237

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				16.1925
			11.3279	
		7.1683		6.8862
	4.2834		3.3291	
2.4662		1.6094		0.0000
	0.7780		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Al momento de llevar a cabo las operaciones aritméticas para conocer el nuevo valor de la opción al momento de su vencimiento, tenemos que el valor actual de la call es ahora de 246.62 puntos básicos (pbs).

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.3958		0.0000
	1.7748		0.7787	
3.9470		3.1157		1.5322
	6.0779		5.3897	
		8.9953		9.1474
			12.5724	
				16.0363

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se convertirán en puntos básicos.

Es decir, llevando a cabo las operaciones aritméticas necesarias para conocer el valor de la prima al vencimiento para la opción put, esta costaría 394.70 puntos básicos (pbs) al momento de llegar a su término.

9.13 Cálculo de las cancelaciones de cada posición en opciones sobre Cetes:

Al liquidar las posiciones adquiridas con cada opción mediante la operación contraria, en este caso, la venta de opciones call, obtenemos un diferencial expresado en puntos de la tasa de descuento que según sea el caso, podremos adicionar o restar al resultado de los futuros para obtener utilidades ó pérdidas reales ya desde el mercado de opciones. A continuación haremos las liquidaciones de cada contrato de opción considerando que el inversionista adquirió en cada trimestre 5 contratos, convirtiendo además cada resultado en pesos.

Para el caso de las primeras opciones, obtenemos la siguiente consecuencia:

Compra de 5 contratos call a :	3.0150	02 de enero de 1997
Venta de 5 contratos call a :	<u>5.1506</u>	06 de marzo de 1997
Utilidad / pérdida por cada opción:	2.1356	puntos
* Multiplicados por 100:	100	
No. de contratos utilizados :	5	
Valor de cada punto base (Pesos) :	<u>\$ 50.00</u>	
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ 53,390.00	

* Recordemos que para la conversión a puntos base el resultado de cada prima se multiplica por 100.

Al momento de la expiración de las siguientes cinco opciones, si se decide liquidar la posición obtendríamos el resultado siguiente:

Compra de 5 contratos call a :	3.0579	03 de abril de 1997
Venta de 5 contratos call a :	<u>3.1614</u>	05 de junio de 1997
Utilidad / pérdida por cada opción:	0.1035	puntos
Multiplicados por 100:	100	
No. de contratos utilizados :	5	
Valor de cada punto base (Pesos) :	<u>\$ 50.00</u>	
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ 2,587.50	

Al momento de la expiración de las siguientes cinco opciones, si se decide liquidar la posición obtendríamos el resultado siguiente:

Compra de 5 contratos call a :	2.5137	03 de julio de 1997
Venta de 5 contratos call a :	<u>2.3070</u>	04 de septiembre de 1997
Utilidad / pérdida por cada opción:	-0.2067	puntos
Multiplicados por 100:	100	
No. de contratos utilizados :	5	
Valor de cada punto base (Pesos) :	<u>\$ 50.00</u>	
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ (5,167.50)	

Debemos darnos cuenta de que aún con la pérdida en puntos que obtenemos al liquidar las opciones para este caso, estos nos ayudan a disminuir el total de la prima pagada; además de que a la fecha de expiración de estas opciones, el valor de los contratos futuros no es tan amplio (79.2800 pts.) como para compensar el costo que en principio costó cada opción.

Para las últimas cinco opciones call, la liquidación arrojaría el resultado siguiente:

Compra de 5 contratos call a :	2.8180	08 de octubre de 1997
Venta de 5 contratos call a :	<u>2.4662</u>	11 de diciembre de 1997
Utilidad / pérdida por cada opción:	-0.3518	puntos
Multiplicados por 100:	100	
No. de contratos utilizados :	5	
Valor de cada punto base (Pesos) :	<u>\$ 50.00</u>	
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ (8,795.00)	

Este es un caso muy similar al tercero, en el que la prima de las opciones ha perdido valor en la fecha de liquidación de las mismas; sin embargo, podemos observar que al vender 5 contratos call en diciembre, el valor recibido por cada uno de ellos nos reduce el monto pagado en octubre de 1997, de esta forma podemos contrarrestar el costo que en principio costó cada opción.

9.14 Cancelaciones de las posiciones en el mercado de contratos de futuros.

Como las posiciones en futuros se cancelan con el movimiento contrario al que se adquirió, tendremos para ello que adquirir una posición corta en el mercado de futuros, es decir, vender el mismo número de contratos que en un inicio adquirimos, y el resultado real para cada una de las operaciones estará dado por la diferencia en los puntos base de los mismos al inicio y al final de cada período, adicionadas o disminuídas con los resultados de la cobertura de las opciones en su equivalencia en pesos.

Resultado al cancelar la posición para el primer período:

Precio del futuro al contratar la opción:	74.0100 02 de enero de 1997.
Precio al que se contrata la opción en mercado de futuros:	74.0100
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	77.1900 06 de marzo de 1997.
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	77.1900 Compra
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	78.1000 Venta (03 de abril de 1997)
Utilidad / pérdida expresada en puntos:	0.9100
Por número de contratos comprados:	5
Multiplicados por 100:	100
Valor de cada punto base (Pesos):	\$ 50.00
Resultado expresado en pesos :	\$ 22,750.00

Si en el presente caso de la liquidación de los contratos futuros hubiésemos incluido la ganancia obtenida en la de las opciones, el resultado sería de \$76,140 pesos (\$22,750 de futuros más \$53,390 de opciones), que es finalmente la ganancia total en esta operación.

Resultado al cancelar la posición para el segundo período:

Precio del futuro al contratar la opción:	78.1000 03 de abril de 1997.
Precio al que se contrata la opción en mercado de futuros:	78.1000
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	78.6900 05 de junio de 1997.
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	78.6900 Compra
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	80.3600 Venta (03 de julio de 1997)
Utilidad / pérdida expresada en puntos:	1.6700
Por número de contratos comprados:	5
Multiplicados por 100:	100
Valor de cada punto base (Pesos):	\$ 50.00
Resultado expresado en pesos :	\$ 41,750.00

Una vez más, en el presente caso de la liquidación de los contratos futuros debemos considerar la adicional ganancia obtenida en el mercado de opciones; el resultado completo sería de \$44,337.50 pesos (\$41,750 de futuros más \$2,587 de opciones), que es finalmente la ganancia total para esta operación.

Resultado al cancelar la posición para el tercer período:

Precio del futuro al contratar la opción:	80.3600 03 de julio de 1997.
Precio al que se contrata la opción en mercado de futuros:	80.3600
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	79.2800 04 de septiembre de 1997.
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	79.2800 Compra
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	81.3600 Venta (08 de octubre de 1997)
Utilidad / pérdida expresada en puntos:	<u>2.0800</u>
Por número de contratos comprados:	5
Multiplicados por 100:	100
Valor de cada punto base (Pesos):	<u>\$ 50.00</u>
Resultado expresado en pesos :	\$ 52,000.00

En esta liquidación de los contratos vemos cómo afectará el resultado negativo que obtuvimos al vender las opciones por debajo de su prima inicial; de la ganancia en futuros debemos deducir los \$5,167.50 que significó la pérdida en la venta de las call, el resultado final sería de \$46,832.50 pesos (\$52,000 de futuros menos \$5,167.50 de opciones), que es finalmente la ganancia total en esta operación.

Resultado al cancelar la posición para el cuarto período:

Precio del futuro al contratar la opción:	81.3600 08 de octubre de 1997.
Precio al que se contrata la opción en mercado de futuros:	81.3600
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	79.8300 11 de diciembre de 1997.
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	79.8300 Compra
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	81.0300 Venta (08 de enero de 1998)
Utilidad / pérdida expresada en puntos:	<u>1.2000</u>
Por número de contratos comprados:	5
Multiplicados por 100:	100
Valor de cada punto base (Pesos):	<u>\$ 50.00</u>
Resultado expresado en pesos :	\$ 30,000.00

Como es obvio, también el resultado de cada cancelación de operaciones en el mercado de futuros debe coincidir con la diferencia en el precio de los cetes al inicio y al final de cada período, multiplicados además por el número total de contratos adquiridos. En las tablas que muestran el cálculo de los valores para estos documentos de corto plazo analizaremos porcentualmente el efecto que tienen los saldos obtenidos en las liquidaciones de las opciones al final de cada período de expiración de las mismas.

9.15 Valores Nominales de los Cetes al finalizar los períodos de las opciones.

Para calcular el valor nominal al que se cotizarán los cetes con la tasa contratada al inicio y al final de su vigencia, se aplica la siguiente fórmula:

Precio final = Nominal contrato - (Valor nominal * Tasa rendim. Anual * No. De días de vencimiento) / 360

Para los primeros contratos, el cálculo de su valor sería de la siguiente manera:

Precio de compra = $2'000,000 - (2'000,000 * 0.2281 * 91) / 360 =$ \$1,884,682.78 06 de marzo de 1997

Precio de venta = $2'000,000 - (2'000,000 * 0.2190 * 91) / 360 =$ \$1,889,283.33 03 de abril de 1997

Utilidad por contrato : \$ 4,600.55

Por total de contratos (5): \$ 23,002.75

Utilidad obtenida con la combinación de opciones y futuros: \$ **76,140.00**

Porcentaje de la utilidad obtenida comparado contra el valor total de la posición:

Utilidad: \$ 76,140 / (\$ 1' 889,283.33 * 5 contratos) * 100 = 0.8060%

Es necesario aclarar que la utilidad obtenida al final, dependerá siempre del resultado de la liquidación de las opciones, adicionada o disminuída con el resultado que se haya obtenido en el mercado de futuros.

Para los siguientes cinco contratos, el cálculo de su valor sería de la siguiente manera:

Precio de compra = $2'000,000 - (2'000,000 * 0.2131 * 91) / 360 =$ \$1,892,266.11 05 de junio de 1997

Precio de venta = $2'000,000 - (2'000,000 * 0.1964 * 91) / 360 =$ \$1,900,708.89 03 de julio de 1997

Utilidad por contrato : \$ 8,442.78

Por total de contratos (5): \$ 42,213.90

Utilidad obtenida con la combinación de opciones y futuros: \$ **44,337.50**

Porcentaje de la utilidad obtenida comparado contra el valor total de la posición:

Utilidad: \$ 44,337.50 / (\$ 1' 900,708.89 * 5 contratos) * 100 = 0.4665%

Para el presente caso, notamos que el porcentaje de la utilidad obtenida comparado contra el total del valor de la posición final disminuyó considerablemente; esto se debió a que el resultado en la liquidación de las opciones no fue tan favorable como en el primer caso.

Para los certificados del tercer período, las cantidades serían las siguientes:

Precio de compra = $2'000,000 - (2'000,000 * 0.2072 * 91) / 360 =$ \$1,895,248.89 04 de septiembre 1997

Precio de venta = $2'000,000 - (2'000,000 * 0.1864 * 91) / 360 =$ \$1,905,764.44 08 de octubre de 1997

Utilidad por contrato : \$ 10,515.55

Por total de contratos (5): \$ 52,577.75

Utilidad obtenida con la combinación de opciones y futuros: \$ **46,832.50**

Porcentaje de la utilidad obtenida comparado contra el valor total de la posición:

Utilidad: \$ 46,832.50 / (\$ 1' 905,764.44 * 5 contratos) * 100 = 0.4915%

Para los certificados del cuarto período, las cantidades serían las siguientes:

Precio de compra = $2'000,000 - (2'000,000 * 0.2017 * 91) / 360 =$ \$ 1,898,029.44 11 de diciembre 1997

Precio de venta = $2'000,000 - (2'000,000 * 0.1897 * 91) / 360 =$ \$ 1,904,096.11 08 de enero de 1998

Utilidad por contrato : \$ 6,066.67

Por total de contratos (5): \$ 30,333.35

Utilidad obtenida con la combinación de opciones y futuros: \$ 21,205.00

Porcentaje de la utilidad obtenida comparado contra el valor total de la posición:

Utilidad: \$ 21,205 / (\$ 1' 904,096.11 * 5 contratos) * 100 = 0.2227%

Una observación que podemos hacer respecto de los dos últimos casos, es que a pesar de que la prima de las opciones call disminuye de un período a otro obteniéndose pérdidas al momento de su liquidación, nos permiten aún recuperar parte del total de la prima originalmente pagada. Por esta misma razón es conveniente no ejercerlas, ya que al hacerlo hubiésemos aceptado una posición en el mercado de futuros que al final contribuiría con un margen menor para la utilidad total.

Ahora bien, ¿qué hubiese sucedido si en el primer trimestre el inversionista decidiera entrar al mercado de futuros ejerciendo su derecho al precio estipulado en los contratos de opciones? El se encontraba en la posibilidad de hacerlo, ya que a tal fecha de expiración de las opciones el activo subyacente (futuro) se había ido por encima del precio de ejercicio.

Podemos ejemplificar esta situación mediante los cuadros siguientes:

Para las primeras cinco opciones call, la NO LIQUIDACION arrojaría el resultado siguiente:

Compra de 5 contratos call a :	3.0150 02 de enero de 1997.
No se haría la venta de contratos call :	<u>0 06 de marzo de 1997</u>
Utilidad / pérdida por cada opción:	-3.0150 puntos
Multiplicados por 100:	100
No. de contratos utilizados :	5
Valor de cada punto base (Pesos):	<u>\$ 50.00</u>
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ (75,375.00) Costo de las opciones call.

Entonces, el resultado al cancelar la posición para el primer período en el mercado de futuros sería:

Precio del futuro al contratar la opción:	74.0100 02 de enero de 1997.
Precio al que se contrata la opción en mercado de futuro:	74.0100
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	77.1900 06 de marzo de 1997.
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	74.0100 Compra
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	<u>78.1000 Venta (03 de abril de 1997)</u>
Utilidad / pérdida expresada en puntos:	4.0900
Por número de contratos comprados:	5
Multiplicados por 100:	100
Valor de cada punto base (Pesos):	<u>\$ 50.00</u>
Resultado expresado en pesos :	\$ 102,250.00

Para los cinco certificados del mismo período, sus valores nominales serían ahora así:

Precio de compra = $2'000,000 - (2'000,000 * 0.2281 * 91) / 360 =$ \$ 1,884,682.78 06 de marzo de 1997

Precio de venta = $2'000,000 - (2'000,000 * 0.2190 * 91) / 360 =$ \$ 1,889,283.33 03 de abril de 1997

Utilidad por contrato :	\$ 4,600.55
Por total de contratos (5):	\$ 23,002.75
Utilidad obtenida al no liquidar las opciones sobre futuros:	\$ 26,875.00

Porcentaje de la utilidad obtenida comparado contra el valor total de la posición:

Utilidad: $\$ 26,875 / (\$ 1' 889,283.33 * 5 \text{ contratos}) * 100 =$ 0.2845%

Como podemos darnos cuenta, en el primer esquema sobre los contratos de opciones, el valor inicial de la prima pagada no sería recuperada en lo absoluto, ya que al expirar los contratos se ejercería el derecho de compra. Al hacerlo, entraríamos al mercado de futuros con el precio de ejercicio, lo cuál, al finalizar la posición en tal mercado nos traería una utilidad mayor a la original; pero en el tercer esquema, observamos que el porcentaje de utilidad real obtenido decrecería significativamente (de 0.8060% a 0.2845%). Esto se debió primordialmente a que dejamos de ganar el valor intrínseco y valor tiempo que las opciones tenían en su fecha de caducidad. La ventaja de usar opciones sobre futuros radica en que posibilitan entrar con una posición cualitativamente mejor al mercado de futuros, dando oportunidad para obtener mayores beneficios.

10. - LAS OPCIONES SOBRE TITULOS

La principal diferencia entre las opciones y los títulos clásicos (acciones y obligaciones), radica en que aquéllas no representan un derecho sobre el activo del emisor; es decir, un accionista ordinario tiene derecho ya sobre una parte de las utilidades y los activos de una empresa, mientras que el poseedor de una opción de compra sólo tiene derecho a comprar acciones en el futuro, lo que representa también el derecho potencial sobre los activos de la compañía.

Por otra parte, un accionista posee un título emitido por la empresa al haberla provisto de recursos financieros a cambio de unos ingresos futuros esperados. El poseedor de una opción no tiene relación alguna con la empresa sobre cuyos títulos posee sólo un derecho de compra ó venta. Este tiene sencillamente un acuerdo con la otra parte, el vendedor de la opción, que concierne a la posible adquisición ó venta en el futuro de los títulos a un precio predeterminado.

En un mercado de acciones, es entendible que los dividendos suponen una reducción de las tasaciones del contrato de opción en la medida en que los inversores "descuentan" del precio de cada acción los dividendos repartidos. En consecuencia, dado el impacto desfavorable que tienen sobre el precio de la acción subyacente, los dividendos afectarán positivamente al valor de las primas de opciones PUT y de forma negativa al valor de las CALL.

Por último, el emisor ó vendedor de la opción y el comprador de la misma no se conocen, actuando como intermediarios la Cámara de compensación, los brokers (en mercados extranjeros), y los creadores de mercado. La Cámara será la que garantice al comprador de una opción que el vendedor de la misma podrá entregarle las acciones ó el dinero (según sea de compra ó de venta), cuando así se le requiera.

10.1 Uso de las opciones sobre títulos para reducir el riesgo

La combinación consistente en la adquisición de una acción y la venta de una opción de compra sobre la misma (llamada "opción de venta cubierta"), permite reducir el riesgo de posibles cambios futuros en la cotización de aquélla. Este tipo de cobertura se suele realizar por dos motivos fundamentales:

a) Para aquellos inversores que quieren mantener su acción durante algún tiempo y piensan que el mercado podría tener una tendencia hacia la baja, con lo cuál no prescindirían de tal documento y a la vez recibirán la prima de una opción que quizás no llegase a ejercerse a su vencimiento.

b) Hay inversores que piensan que hay un límite superior de la cotización de la acción, el cuál se encuentra próximo al precio de ejercicio de su opción de compra y se contentarán con recibir una recompensa inmediata (ó sea, el cobro de la prima de la opción).

Para demostrar lo anterior, utilizaremos los datos del ejemplo siguiente:

- * Precio de la acción de la Cía. Española "Repsol" en la actualidad: 1,400.00
- * Precio de ejercicio de la opción de compra ("X"): 1,500.00 (Está "fuera del dinero")
- * Prima ó precio de la opción ("C"): 450.00
- * Fecha del contrato: 1 de Febrero.
- * Vencimiento del contrato: 1 de Agosto.

Ahora imaginemos que la cotización de "Repsol" alcanza uno de los tres siguientes valores: 1,800.00, 1,600.00 y 1,300.00. En los dos primeros casos, el poseedor de la opción de compra ejercerá su derecho, por lo que el precio de venta de la misma será de 1,500.00; es decir, el precio de ejercicio que figura en el contrato de opción. En ambos casos el inversor, que sigue la estrategia que aquí estamos analizando, obtendrá un beneficio total de 550.00, que se componen de los 450.00 del precio de la opción más los 100.00 de ganancias de capital resultantes de vender la acción a 1,500.00, cuando la había comprado inicialmente a 1,400.00.

Ahora bien, en el tercer caso no se ejercerá la opción, alcanzándose un beneficio de 350.00, debido a la pérdida de 100.00 al deber vender las acciones por debajo de su precio de compra. Obsérvese cómo por este procedimiento, lo más que se puede ganar son 550.00, pero a cambio, para perder dinero, la cotización de la acción deberá caer por debajo de los 950.00 al venderla, porque entonces la pérdida de capital superaría al precio de la prima recibida.

El cuadro que se presenta a continuación nos esclarecerá aún más lo expuesto anteriormente:

Tabla 18: "Escenarios para distintos precios finales de opciones de compra sobre un título accionario"

Precio de venta acción	\$ 1,800	\$ 1,600	\$ 1,300
Venta de la opción de compra (Prima cobrada)	\$ 450	\$ 450	\$ 450
Compra de la acción			
* Costo de las acciones	\$ 1,400	\$ 1,400	\$ 1,400
* Precio de venta	\$ 1,500	\$ 1,500	\$ 1,300
* Resultados netos	\$ 100	\$ 100	\$ -100
Resultados	\$ 550	\$ 550	\$ 350

Existen tres componentes básicos de la emisión de opciones de compra cubiertas que deberían ser estudiados con detenimiento antes de poner en acción dicha estrategia:

- a) El rendimiento que se conseguiría sobre la inversión si la acción fuese reclamada.
- b) El rendimiento que se lograría si la cotización de la acción subyacente permaneciese inalterable hasta el vencimiento de la opción.
- c) El punto muerto ó umbral de rentabilidad a la baja, después de incluir todos los costos, lo que permitirá calcular el porcentaje de protección a la baja que se conseguiría al vender la opción de compra.

10.2 Paridad de los valores entre opciones Call y Put europeas sobre títulos accionarios

La paridad Call-Put para opciones europeas nos define el equilibrio que debe existir entre los precios de las opciones de compra y de venta (en el caso de las opciones americanas, esta paridad sólo se satisface de manera aproximada).

Supongamos que realizamos simultáneamente la siguiente operación:

- * Comprar una acción ("S").
- * Comprar una opción de venta (Put) sobre dicha acción ("-P").
- * Vender una opción de compra (Call) sobre la misma ("C").

El interés de este supuesto radica en que su beneficio ó pérdida es independiente de cuál sea el precio final de la acción.

- a) Si "S" es mayor que el precio de ejercicio "E", no ejecutaremos la opción put, pero el comprador de la Call ejercerá su derecho y deberemos entregarle la acción al precio de ejercicio "E". En resumidas cuentas, nuestro beneficio ("B") será:

$$B = (C - P) + (E - S)$$

- b) Si "S" es menor que "E", ejecutaremos la Put, recibiremos "E" pesos por ella (que es el precio de ejercicio) y no nos será ejercida la Call. El beneficio entonces será:

$$B = (C - P) + (E - S)$$

- c) Si "S" es igual a "E", el beneficio será:

$$B = (C - P) + (E - S)$$

Efectivamente, sea cual sea el precio actual de la acción "S", el resultado será siempre el mismo. Así que realizando un desembolso de $S + P - C$, se obtendrá con total certeza, después de un cierto tiempo ("t"), un valor igual a "E". Si el mercado fuese perfecto, debería remunerar esta operación en una cuantía igual al tipo libre de riesgo anual (rf), puesto que no existe ningún tipo de riesgo ("t" es el tiempo que resta hasta el vencimiento medido en años, por ejemplo: 0.25 años y "e" la base de los logaritmos neperianos):

$$C - P = S - E \cdot e^{-r_f \cdot t}$$

A esta fórmula (expresada en tiempo continuo), se le denomina *"ecuación de paridad de precios entre las opciones de compra y venta europeas"*, y es de gran utilidad para la valoración de opciones, pues si se conoce el valor de una opción de compra (C), puede a través de la misma, estimarse el valor de la opción de venta correspondiente (P).

Para esclarecer la expresión anterior, realizaremos el siguiente ejemplo:

- El precio actual de una acción "S" es de 1,000 pesos.
- El precio de ejercicio "E" es de 1,000 pesos.
- Supongamos que la tasa libre de riesgo asociada es de 12.75 %.
- El valor de la call es de 89.80 pesos.
- El tiempo ó plazo hasta el vencimiento de la opción es de 91 días (0.25 años).

$$89.80 - P = 1000 - (1000 \cdot e^{-0.1275 \cdot 0.25})$$

$$89.80 - P = 1000 - 968.63; \text{ Entonces:}$$

$$89.80 - P = 31.37 ; \quad P = 89.80 - 31.37$$

$$P = 58.43 \text{ pesos.}$$

Podemos interpretar lo anterior diciendo que para una opción Call con las características anteriores y cuya prima tenga un valor de \$89.80 pesos, la opción Put equivalente tendrá un valor teórico de \$58.43 pesos. El valor teórico de una opción es sencillamente el valor esperado de los beneficios actualizados que la opción puede proporcionar.

Ahora bien, además de la fórmula anterior, es posible calcular los valores de la paridad Put-Call por medio de las siguientes ecuaciones y que son aplicables en la terminología del modelo binomial que acabamos de ejercitar en apartados anteriores:

$$C = P + S - \left(\frac{E}{R^n} \right) \quad \text{para las opciones de compra, y}$$

$$P = C - S + \left(\frac{E}{R^n} \right) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

Donde: "R" es el igual a $(1 + rf)$, siendo "rf" la rentabilidad del activo libre de riesgo;

"n" es el número de períodos de la opción.

10.3 La valoración de opciones en ambiente de certeza.

Como todo activo financiero, una opción deberá adquirirse cuando su valor intrínseco ó teórico, sea superior a su precio de mercado, debiendo venderse en caso contrario. Para ilustrar lo anterior y considerando un ambiente de certeza para opciones europeas, hagamos las siguientes suposiciones:

- * Durante el período de ejercicio, la acción subyacente no pagará dividendos.
- * El mercado es perfecto: no existen costos de transacción ni impuestos.
- * La negociación en el mercado se realiza de forma continua.
- * No hay restricciones sobre las operaciones de venta a corto, ni sobre las de préstamo y endeudamiento, las cuáles se pueden realizar a una tasa conocida, constante y libre de riesgo (rf).

El poseedor de una opción de compra obtendrá al final un flujo de efectivo igual al precio del subyacente menos el de ejercicio ($S - E$) - si S es mayor que E -, obteniendo un flujo nulo en caso contrario (esto último es irrelevante, pues si conocemos con certeza el valor de " S ", nunca compraríamos una opción cuyo precio de ejercicio lo superase). Por eso, su desembolso inicial (la compra del Call), es igual a " C " unidades monetarias. Y si ahora igualamos ambos términos en el momento inicial (no hay beneficio, puesto que se supone que el mercado es perfecto y que conocemos todas las variables con certeza), obtendremos:

$$C = S \cdot (e)^{-rf \cdot t} - E \cdot (e)^{-rf \cdot t}$$

Pero en un ambiente de certeza ocurre que $S = S \cdot (e)^{-rf \cdot t}$, es decir, que el valor actual de la acción subyacente es igual a su valor final actualizado a la tasa libre de riesgo, con lo que el valor de una opción de compra será igual a la diferencia entre el valor actual de la acción y el valor actualizado del precio de ejercicio:

$$C = S - E \cdot (e^{-r_f \cdot t})$$

Esta expresión es la misma que la del subapartado de la paridad call-put, con la salvedad de que no adquiriríamos una opción de venta ($P = 0$); pues si "S" es mayor que "E", no tendría sentido hacerlo, dado que su valor lógicamente será nulo. Pero si ocurriese lo contrario, es decir, $S < E$, entonces tendremos que:

$$C = 0, \text{ y } P = S - E \cdot (e^{-r_f \cdot t})$$

10.4 Ejemplos de opciones sobre títulos accionarios

Para vislumbrar objetivamente el funcionamiento de las opciones sobre títulos accionarios realizaremos a continuación algunos ejemplos:

Si suponemos que una empresa con expectativas alcistas del mercado accionario mexicano desea conseguir títulos de IBM cuyo precio actual es de \$150.00 cada uno, mediante opciones de compra a un precio de ejercicio de \$155.00 y un plazo de seis meses... ¿Cuál sería la prima a pagar por cada acción contratada?. Consideremos además que la tasa de interés a esa fecha para una inversión de renta fija en Cetes es del 20.70%.

10.5 Ejemplo para opciones call europeas sobre títulos.

En los siguientes ejemplos analizaremos los contratos de opciones sobre acciones, así como el efecto que tiene en el costo de la prima para una opción de compra y venta la circunstancia de que esta se encuentre "dentro o fuera del dinero" para nuestro caso de la empresa contratante (Cada contrato de opción ampara a 5 acciones subyacentes).

El significado para cada uno de los parámetros que se calculan a continuación, es el mismo que en las ocasiones anteriores.

Datos:

Plazo de la opción (en años)	0.5	(6 meses)
Precio acción subyacente :	\$ 150.00	
Precio de ejercicio :	\$ 155.00	(La opción está "fuera del dinero")
Tasa de interés anual Cetes:	20.700%	(Cetes a 182 días)
Volatilidad anual (Ptje.) :	12.901%	
No. de periodos opción* :	6	

* Comúnmente el número de periodos de los contratos de opciones se fija en base a la comercialidad de cada mercado. Las entidades financieras y casas de bolsa determinan el número de periodos tratando de dar fluidez a la oferta y demanda en la operación de los contratos.

$$r = \ln(1 + 0.2070) = 0.1881 \text{ Tipo de interés "instantáneo".}$$

$$u = e^{0.12901 \cdot (0.50/6)^{1/2}} = 1.0379 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al subyacente).}$$

$$d = 1 / 1.0379 = 0.9635 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al subyacente).}$$

$$R = e^{0.1881 \cdot (182/365) / 6} = 1.0158 \text{ (Tasa de interés "instantáneo" aplicable a la valoración del contrato de opción).}$$

Para opciones sobre títulos accionarios, la fórmula de "p" es igual a:

$$p = (R - d) / (u - d)$$

$$p = \frac{1.0158 - 0.9635}{1.0379 - 0.9635} = 0.7030$$

$$1 - p = 0.2970$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente :

Siguiendo lo establecido por el método binomial, realizamos el árbol de proyección para la acción subyacente.

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						187.52
					180.67	
				174.07		174.08
			167.71		167.72	
		161.59		161.60		161.60
	155.69		155.70		155.70	
\$ 150.00		150.01		150.01		150.01
	144.53		144.53		144.53	
		139.25		139.25		139.25
			134.17		134.17	
				129.27		129.27
					124.55	
						120.00

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

Ahora, después de precisar los distintos valores intrínsecos para la opción, mediante el método recursivo, determinamos el valor de la prima de la opción.

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						32.520
					28.085	
				23.862		19.080
			19.967		15.134	
		16.478		11.809		6.600
	13.432		9.097		4.568	
10.828		6.935		3.161		0.000
	5.242		2.188		0.000	
		1.514		0.000		0.000
			0.000		0.000	
				0.000		0.000
					0.000	
						0.000

Para una opción de compra europea por un período de seis meses y con las características anteriores, el valor de su prima tendrá un costo de \$ 10.828 pesos por cada acción contratada; recordando el ejercicio de la página 23, vemos que esta prima es menor respecto de la opción de compra con precio de ejercicio \$150.00, lo cuál se debe principalmente a que al estar "fuera del dinero" se disminuyen los posibles valores intrínsecos a vencimiento de la presente opción.

A continuación valoraremos una opción call europea con un **rendimiento intrínseco topado** hasta \$20.00 para la misma acción subyacente, la cuál no podrá sobrepasar los \$175.00.

Los valores del árbol binomial para la acción se encuentran a continuación. Nótese que la diferencia con el primer árbol se encuentra en el período cinco, en el cuál la acción alcanza el límite propuesto por la opción como valor intrínseco máximo (\$ 20.00); a partir de dicho valor, el árbol sólo considerará tal límite para calcular los siguientes períodos en los que evolucionaría el subyacente.

10.6 Diagrama para opciones de compra europeas sobre títulos con rendimiento topado.
 (Topando el valor intrínseco de la opción hasta \$ 20.00 pesos sobre el precio de ejercicio)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						\$ 175.00
					\$ 175.00	
				\$ 174.07		\$ 174.08
			\$ 167.71		\$ 167.72	
		\$ 161.59		\$ 161.60		\$ 161.60
	\$ 155.69		\$ 155.70		\$ 155.70	
\$ 150.00		\$ 150.01		\$ 150.01		\$ 150.01
	\$ 144.53		\$ 144.53		\$ 144.53	
		\$ 139.25		\$ 139.25		\$ 139.25
			\$ 134.17		\$ 134.17	
				\$ 129.27		\$ 129.27
					\$ 124.55	
						\$ 120.00

Diagrama para la evolución del precio de la opción call topada:

Ahora, después de precisar los distintos valores intrínsecos para la opción, mediante el método recursivo, determinamos en este árbol el valor de la prima de la opción.

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						20.000
					19.420	
				17.865		19.080
			15.816		15.134	
		13.605		11.809		6.600
	11.443		9.097		4.568	
9.452		6.935		3.161		0.000
	5.242		2.188		0.000	
		1.514		0.000		0.000
			0.000		0.000	
				0.000		0.000
					0.000	
						0.000

Para una opción de compra europea con rendimiento intrínseco topado, obtenemos una prima menor al de la opción no topada; esto es obvio ya que de esta forma estamos limitando los posibles beneficios que nos dejaría la opción en el supuesto caso de que la acción subyacente se incrementara por encima del valor límite contratado, o lo que es igual, al precio de ejercicio de \$175.00.

Comparando las primas de cada tipo de opción, notamos que en esta última se disminuyó en \$1.376 pesos el costo por cada acción contratada.

10.7 Ejemplo para opciones put europeas sobre títulos.

Considerando las mismas circunstancias que para la opción de compra -incluyendo el número de acciones cubiertas en cada contrato-, desarrollaremos el árbol binomial para obtener la prima de la opción de venta sobre los títulos accionarios correspondientes.

Datos:

Plazo (en años) : 0.5 (6 meses)
 Precio acción subyacente : \$ 150.00 (al 26 de Dic/97)
 Precio de ejercicio : \$ 155.00 (La opción está "dentro del dinero")
 Tasa de interés anual Cetes: 20.700% (Cetes a 182 días)
 Volatilidad anual (Ptje.) : 12.901%
 No. de períodos opción : 6

Como es obvio, los valores para las distintas variables serían los mismos que los encontrados con las fórmulas utilizadas para la opción de compra, así como también el árbol para el subyacente; por lo tanto, aquí se omitirán para llegar directamente al desarrollo del árbol binomial para la opción put.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

Después de precisar los distintos valores intrínsecos en el último período del árbol, mediante el método recursivo, determinamos en este otro el valor de la prima de la opción.

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						0.000
					0.000	
				0.000		0.000
			0.125		0.000	
		0.461		0.427		0.000
	1.051		1.280		1.459	
1.904		2.504		3.366		4.990
	4.025		5.535		8.058	
		7.840		10.963		15.750
			13.712		18.423	
				20.948		25.730
					28.040	
						35.000

Para una opción de venta europea por un período de seis meses y con las características anteriores, el valor de su prima tendrá un costo de \$ 1.904 pesos por cada acción contratada. Este resultó ser un caso especial, que nos demuestra que no todas las opciones que estén "dentro del dinero" o con valor intrínseco desde el inicio de su vigencia tendrán siempre primas altas, sino que necesariamente ésta dependerá del papel que las demás variables tomen con respecto al proceso en el momento de la valoración.

Lo anterior será comprobable mediante la fórmula de la paridad put-call para este tipo de opciones; pero antes valoraremos una opción de venta europea con un **rendimiento intrínseco topado** de hasta \$15.00 para la misma acción subyacente.

A continuación analizaremos una opción de venta europea con un **rendimiento intrínseco topado** hasta de \$15.00 para la misma acción subyacente; es decir, el rango de variación máxima del precio de ejercicio será de \$140.00, en el cuál se fijará definitivamente.

10.8 Diagrama para opciones de venta europeas sobre títulos con rendimiento topado.
 (Topando el valor intrínseco de la opción hasta \$ 15.00 pesos sobre el precio de ejercicio)

Siguiendo lo establecido por el método binomial, realizamos el árbol de proyección para la acción subyacente.

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						\$ 187.52
					\$ 180.67	
				\$ 174.07		\$ 174.08
			\$ 167.71		\$ 167.72	
		\$ 161.59		\$ 161.60		\$ 161.61
	\$ 155.69		\$ 155.70		\$ 155.71	
\$ 150.00		\$ 150.01		\$ 150.02		\$ 150.03
	\$ 144.53		\$ 144.53		\$ 144.54	
		\$ 140.00		\$ 140.00		\$ 140.00
			\$ 140.00		\$ 140.00	
				\$ 140.00		\$ 140.00
					\$ 140.00	
						\$ 140.00

Diagrama para la evolución del precio de la opción call topada:

Ahora, después de precisar los distintos valores intrínsecos en el último período del árbol, mediante el método recursivo determinamos el valor de la prima de la opción.

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						0.000
					0.000	
				0.000		0.000
			0.124		0.000	
		0.453		0.425		0.000
	1.006		1.257		1.453	
1.753		2.368		3.293		4.970
	3.615		5.125		7.825	
		6.759		9.733		15.000
			10.986		14.767	
				14.537		15.000
					14.767	
						15.000

Para una opción de venta europea con rendimiento intrínseco topado, obtenemos una prima menor al de la opción no topada; esto es obvio ya que de esta forma estamos limitando los posibles beneficios que nos dejaría la opción en el supuesto caso de que la acción subyacente se depreciara por debajo del valor límite contratado.

Comparando las primas de cada tipo de opción put -topada y no topada-, notamos que en esta última se disminuyó en \$0.151 pesos el costo por cada acción contratada.

A continuación analizaremos una opción de venta europea con un **rendimiento intrínseco topado** hasta de \$15.00 para la misma acción subyacente; es decir, el rango de variación máxima del precio de ejercicio será de \$140.00, en el cuál se fijará definitivamente.

10.8 Diagrama para opciones de venta europeas sobre títulos con rendimiento topado.

(Topando el valor intrínseco de la opción hasta \$ 15.00 pesos sobre el precio de ejercicio)

Siguiendo lo establecido por el método binomial, realizamos el árbol de proyección para la acción subyacente.

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						\$ 187.52
					\$ 180.67	
				\$ 174.07		\$ 174.08
			\$ 167.71		\$ 167.72	
		\$ 161.59		\$ 161.60		\$ 161.61
	\$ 155.69		\$ 155.70		\$ 155.71	
\$ 150.00		\$ 150.01		\$ 150.02		\$ 150.03
	\$ 144.53		\$ 144.53		\$ 144.54	
		\$ 140.00		\$ 140.00		\$ 140.00
			\$ 140.00		\$ 140.00	
				\$ 140.00		\$ 140.00
					\$ 140.00	
						\$ 140.00

Diagrama para la evolución del precio de la opción call topada:

Ahora, después de precisar los distintos valores intrínsecos en el último período del árbol, mediante el método recursivo determinamos el valor de la prima de la opción.

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						0.000
					0.000	
				0.000		0.000
			0.124		0.000	
		0.453		0.425		0.000
	1.006		1.257		1.453	
1.753		2.368		3.293		4.970
	3.615		5.125		7.825	
		6.759		9.733		15.000
			10.986		14.767	
				14.537		15.000
					14.767	
						15.000

Para una opción de venta europea con rendimiento intrínseco topado, obtenemos una prima menor al de la opción no topada; esto es obvio ya que de esta forma estamos limitando los posibles beneficios que nos dejaría la opción en el supuesto caso de que la acción subyacente se depreciara por debajo del valor límite contratado.

Comparando las primas de cada tipo de opción put -topada y no topada-, notamos que en esta última se disminuyó en \$0.151 pesos el costo por cada acción contratada.

10.10 Posiciones de Riesgo adecuadas con Opciones Call e Inversión de renta fija.

Suponemos esta vez que la empresa desea adquirir 200 opciones de compra sobre acciones de IBM a un precio de ejercicio de \$155.00 y un plazo de seis meses con una prima a pagar de \$10.828 (ejemplo de página 158) por cada acción contratada, pero simultáneamente desea invertir parte de su capital en títulos de deuda a plazo fijo. El capital a invertir son \$200,000 pesos y la tasa de interés para inversiones de renta fija en Cetes es del 20.70%. Una inversión posible podría ser la siguiente:

Recordemos que cada contrato de opción representa un total de 5 acciones subyacentes.

Monto de la Inversión: \$ 200,000.00 pesos.
 Precio de la acción : \$ 150.00
 Precio de ejercicio de opción \$ 155.00
 No. de contratos de opción : 200
 Prima de la opción : \$ 10.828 por cada acción contratada.
 Monto a invertir en opciones \$ 10,828.00
 Inversión en renta fija : \$ 189,172.00
 Tasa anual Cetes a 182 días 20.700% (Tasa anual)

La tabla siguiente muestra distintos escenarios posibles al término de la operación:

Tabla 19: Combinaciones resultantes para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija y opciones call

Precio de la Acción	Rendimiento de la acción	Valor de la Renta Fija	Valor de la Opción	Opción más la renta fija	Rend. global de la inver.	Diferencias Rendim.(pts.)
\$ 125.00	-19.35 %	208,751.30	\$ 0.00	208,751.30	4.38 %	-14.97%
\$ 130.00	-16.13 %	208,751.30	\$ 0.00	208,751.30	4.38 %	-11.75%
\$ 140.00	-9.68 %	208,751.30	\$ 0.00	208,751.30	4.38 %	-5.30%
\$ 150.00	-3.23 %	208,751.30	\$ 0.00	208,751.30	4.38 %	1.15%
\$ 155.00	0.00 %	208,751.30	\$ 0.00	208,751.30	4.38 %	4.38%
\$ 165.00	6.45 %	208,751.30	10,000.00	218,751.30	9.38 %	2.93%
\$ 175.00	12.90 %	208,751.30	20,000.00	228,751.30	14.38 %	1.48%
\$ 180.00	16.13 %	208,751.30	25,000.00	233,751.30	16.88 %	0.75%
\$ 190.00	22.58 %	208,751.30	35,000.00	243,751.30	21.88 %	-0.70%

Las primeras dos columnas de la tabla muestran el valor al final del período de la acción y cuánto sería su porcentaje de rendimiento respectivamente, tomando de referencia al precio de ejercicio de la opción.

En cada una de las posiciones resultantes anteriores a partir del precio de ejercicio, se puede observar que de haberse invertido una mayor cantidad en la compra de opciones, se hubiera cedido paulatinamente un menor porcentaje de rendimiento sobre las acciones al ir en aumento el valor de las mismas, y no el de 0.70 puntos (21.88% - 22.58%) en caso de que la acción terminase hasta en un valor de mercado igual al último de la tabla (\$190.00). Esta pequeña diferencia refleja el costo de oportunidad en la inversión de renta fija.

Es necesario mencionar que aunque en esta posición el riesgo de pérdidas de capital no llega a ser motivo de preocupación en el caso de que las acciones subyacentes caigan debajo del precio de ejercicio ó queden igual a él -puesto que la sola inversión en renta fija nos dará un rendimiento de 4.38%-, se pueden tomar posiciones arriesgadas, como la que se analizará en uno de los siguientes cuadros; en las que por contraparte, también sería posible lograr rendimientos mucho mayores a los alcanzados en la presente.

En el ejemplo siguiente se mostrarán otros escenarios en los que se puede disminuir el porcentaje de rendimiento cedido sobre la inversión global, al comprar un mayor número de contratos de opciones y suponiendo que la acción subyacente tenga el mismo desarrollo en el mismo plazo que el cuadro anterior.

A efectos de la prima, cada contrato de opción representa un total de 5 acciones subyacentes.

Monto de la Inversión: \$ 200,000.00 pesos.
 Precio de la acción : \$ 150.00
 Precio de ejercicio de opción \$ 155.00
 No. de contratos de opción : 400
 Prima de la opción : \$ 10.828 por cada acción contratada.
 Monto a invertir en opciones \$ 21,656.00
 Inversión en renta fija : \$ 178,344.00
 Tasa anual Cetes a 182 días 20.700% (Tasa anual)

La tabla siguiente muestra distintos escenarios posibles al término de la operación:

Tabla 20: Combinaciones para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija y opciones call, mejorando el porcentaje de rendimiento cedido.

Precio Acción	Rendimiento de la acción	Valor de la Renta Fija	Valor de la Opción	Opción más la renta fija	Rend. global de la inver.	Diferencias Rendim.(pts.)
\$ 120.00	-22.58 %	196,802.60	\$ 0.00	196,802.60	-1.60 %	-24.18 %
\$ 130.00	-16.13 %	196,802.60	\$ 0.00	196,802.60	-1.60 %	-17.73 %
\$ 140.00	-9.68 %	196,802.60	\$ 0.00	196,802.60	-1.60 %	-11.28 %
\$ 150.00	-3.23 %	196,802.60	\$ 0.00	196,802.60	-1.60 %	-4.83 %
\$ 155.00	0.00 %	196,802.60	\$ 0.00	196,802.60	-1.60 %	-1.60 %
\$ 165.00	6.45 %	196,802.60	20,000.00	216,802.60	8.40 %	1.95 %
\$ 175.00	12.90 %	196,802.60	40,000.00	236,802.60	18.40 %	5.50 %
\$ 180.00	16.13 %	196,802.60	50,000.00	246,802.60	23.40 %	7.27 %
\$ 190.00	22.58 %	196,802.60	70,000.00	266,802.60	33.40 %	10.82 %

En la tabla anterior se deja ver que tomando la posición de comprar 400 contratos de opciones e invertir en Cetes un monto menor (\$ 196,802.60), el aumento del riesgo de pérdidas de capital sería de 1.60 puntos porcentuales, ya que para el presente caso, la inversión a plazo fijo no remunera la inversión original; sin embargo, representaría un incremento real de pérdida muy poco significativo.

En cambio, se obtendrían porcentajes de rendimiento globales y diferenciales mucho mayores a los del cuadro anterior (hasta un 33.40% y 10.82% respectivamente) sobre los movimientos favorables para las opciones.

Podemos mencionar que otra posibilidad sencilla para ceder un menor rendimiento sobre ganancias de capital, sería una operación de mayor plazo, la cuál "amortiguaría" el margen de no ganancia con las opciones; aunque esto siempre seguiría aunado al movimiento real que tuviera el precio de las acciones subyacentes.

10.11 Posiciones de Riesgo adecuadas con Opciones Put e Inversión de renta fija.

Para este ejemplo suponemos que una empresa posee una inversión en acciones de IBM pero desea conseguir opciones de venta sobre las mismas porque presiente que bajarán drásticamente en el mercado accionario. El precio actual de la acción es de \$150.00 y el precio de ejercicio en la opción \$155.00 a un plazo de seis meses. Una vez más, la cantidad a invertir son \$200,000 pesos y la tasa de interés para renta fija en Cetes es del 20.70%. Una inversión posible podría ser la siguiente:

Recordemos que cada contrato de opción representa un total de 5 acciones subyacentes.

Monto de la Inversión: \$ 200,000.00 pesos.
 Precio de la acción : \$ 150.00
 Precio de ejercicio de opción \$ 155.00
 No. de contratos de opción : 400
 Prima de la opción : \$ 1.904 por cada acción contratada.
 Monto a invertir en opciones \$ 3,808.00
 Inversión en renta fija : \$ 196,192.00
 Tasa anual Cetes a 182 días 20.700% (Tasa anual)

La tabla siguiente muestra distintos escenarios posibles al término de la operación:

Tabla 21: Combinaciones resultantes para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija y opciones put.

Precio de la Acción	Rendimiento de la acción	Valor de la Renta Fija	Valor de la Opción	Opción más la renta fija	Rend. global de la inver.	Diferencias Rendim.(pts.)
\$ 120.00	-22.58 %	216,497.87	\$ 70,000.00	286,497.87	43.25 %	20.67 %
\$ 130.00	-16.13 %	216,497.87	\$ 50,000.00	266,497.87	33.25 %	17.12 %
\$ 140.00	-9.68 %	216,497.87	\$ 30,000.00	246,497.87	23.25 %	13.57 %
\$ 150.00	-3.23 %	216,497.87	\$ 10,000.00	226,497.87	13.25 %	10.02 %
\$ 155.00	0.00 %	216,497.87	\$ 0.00	216,497.87	8.25 %	8.25 %
\$ 165.00	6.45 %	216,497.87	\$ 0.00	216,497.87	8.25 %	1.80 %
\$ 175.00	12.90 %	216,497.87	\$ 0.00	216,497.87	8.25 %	-4.65 %
\$ 180.00	16.13 %	216,497.87	\$ 0.00	216,497.87	8.25 %	-7.88 %
\$ 190.00	22.58 %	216,497.87	\$ 0.00	216,497.87	8.25 %	-14.33 %

Las primeras dos columnas de la tabla muestran el valor al final del período de la acción y cuánto sería su porcentaje de rendimiento respectivamente, considerando el precio de ejercicio de la opción.

Con las posiciones resultantes anteriores, notamos que para la presente operación se tiene garantizada una tasa de rendimiento de 8.25%; además se puede observar que de haberse invertido una mayor cantidad en la compra de opciones, se hubiera obtenido paulatinamente un mayor porcentaje de rendimiento sobre las acciones al ir en disminución el valor de las mismas. Esta diferencia en rendimientos refleja el costo de oportunidad en la inversión de renta fija.

Al igual que en el caso de las opciones de compra, es necesario mencionar que aunque con esta posición el riesgo de pérdidas de capital no puede llegar a ser significativo en el caso de que las acciones subyacentes sobrepasen al precio de ejercicio (sería la prima pagada menos lo obtenido con la renta fija), también pueden tomarse posiciones con más riesgo en las que conjuntamente sería posible lograr rendimientos mucho mayores a los alcanzados en la presente, debido a que el costo de la opción put no es alto.

En la siguiente tabla se mostrarán escenarios en los que se logra disminuir los porcentajes de rendimiento cedidos sobre la inversión global, al comprar un mayor número de contratos de opciones de venta y suponiendo que la acción tenga el mismo desarrollo que en el cuadro anterior. El costo de la prima de la opción es el resultante del ejercicio de la página

Para efectos de la prima, cada contrato de opción representa un total de 5 acciones subyacentes.

Monto de la Inversión: \$ 200,000.00 pesos.
 Precio de la acción : \$ 150.00
 Precio de ejercicio de opción \$ 155.00
 No. de contratos de opción : 600
 Prima de la opción : \$ 1.904 por cada acción contratada.
 Monto a invertir en opciones \$ 5,712.00
 Inversión en renta fija : \$ 194,288.00
 Tasa anual Cetes a 182 días 20.700%

La tabla siguiente muestra distintos escenarios posibles al término de la operación:

Tabla 22: Combinaciones para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija y opciones put, mejorando el porcentaje de rendimiento cedido.

Precio Acción	Rendimiento de la acción	Valor de la Renta Fija	Valor de la Opción	Opción más la renta fija	Rend. global de la inver.	Diferencias Rendim.(pts.)
\$ 120.00	-22.58 %	214,396.81	\$ 105,000.00	319,396.81	59.70 %	37.12 %
\$ 130.00	-16.13 %	214,396.81	\$ 75,000.00	289,396.81	44.70 %	28.57 %
\$ 140.00	-9.68 %	214,396.81	\$ 45,000.00	259,396.81	29.70 %	20.02 %
\$ 150.00	-3.23 %	214,396.81	\$ 15,000.00	229,396.81	14.70 %	11.47 %
\$ 155.00	0.00 %	214,396.81	\$ 0.00	214,396.81	7.20 %	7.20 %
\$ 165.00	6.45 %	214,396.81	\$ 0.00	214,396.81	7.20 %	0.75 %
\$ 175.00	12.90 %	214,396.81	\$ 0.00	214,396.81	7.20 %	-5.70 %
\$ 180.00	16.13 %	214,396.81	\$ 0.00	214,396.81	7.20 %	-8.93 %
\$ 190.00	22.58 %	214,396.81	\$ 0.00	214,396.81	7.20 %	-15.38 %

En la tabla anterior se deja ver que tomando la posición de comprar 600 contratos de opciones e invertir en Cetes un monto menor, no existiría aún el riesgo de pérdidas de capital y se cedería apenas de 1.05 puntos porcentuales respecto de la posición analizada en el ejemplo anterior (de 8.25% a 7.20%). En cambio, se obtendrían porcentajes de rendimiento globales y diferenciales mucho mayores a los del cuadro analizado anteriormente (hasta 59.70% y 37.12% respectivamente) sobre los movimientos favorables para las opciones put.

Hacemos mención que otra posibilidad sencilla para ceder un menor rendimiento sobre ganancias de capital sería una operación de mayor plazo, pues se daría nuevamente la posibilidad de amainar cierto margen de "no ganancia" con las opciones, aunque esto seguiría siempre aunado al movimiento real del precio de las acciones subyacentes.

10.12 Posiciones adecuadas con Opciones de Rendimiento Topado e Inversión de renta fija.

Al igual que en las opciones sobre divisas, un inversionista podría decidir comprar opciones que ofrezcan rendimientos positivos hasta un límite determinado sobre las acciones subyacentes; por ejemplo, hasta un valor de \$175.00; si la acción subiese más, **no se recibirán** rendimientos adicionales. A este mecanismo también se le conoce con el nombre de "Bull Spread".

Se consideran para este supuesto los mismos datos que para el ejemplo anterior, con excepción de la prima pagada, que será menor por el hecho de ser una "opción topada".

Monto de la Inversión: \$ 200,000.00 pesos.
 Precio de la acción : \$ 150.00
 Precio de ejercicio de opción \$ 155.00
 No. de contratos de opción : 400
 Prima de la opción : \$ 9.45 por cada acción contratada.
 Monto a invertir en opciones \$ 18,900.00
 Inversión en renta fija : \$ 181,100.00
 Tasa anual Cetes a 182 días 20.700% (Tasa anual)

La tabla siguiente muestra distintos escenarios posibles al término de la operación:

Tabla 23: Combinaciones para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija y opciones call topadas.

Precio Acción	Rendimiento de la acción	Valor de la Renta Fija	Valor de la Opción	Opción más la renta fija	Rend. global de la inver.	Diferencias Rendim.(pts.)
\$ 120.00	-22.58%	\$ 199,843.85	\$ 0.00	199,843.85	-0.08%	-22.66%
\$ 130.00	-16.13%	\$ 199,843.85	\$ 0.00	199,843.85	-0.08%	-16.21%
\$ 140.00	-9.68%	\$ 199,843.85	\$ 0.00	199,843.85	-0.08%	-9.76%
\$ 150.00	-3.23%	\$ 199,843.85	\$ 0.00	199,843.85	-0.08%	-3.31%
\$ 155.00	0.00%	\$ 199,843.85	\$ 0.00	199,843.85	-0.08%	-0.08%
\$ 165.00	6.45%	\$ 199,843.85	\$ 20,000.00	219,843.85	9.92%	3.47%
\$ 175.00	12.90%	\$ 199,843.85	\$ 40,000.00	239,843.85	19.92%	7.02%
\$ 180.00	16.13%	\$ 199,843.85	\$ 40,000.00	239,843.85	19.92%	3.79%
\$ 190.00	22.58%	\$ 199,843.85	\$ 40,000.00	239,843.85	19.92%	-2.66%

Para este caso, puede notarse que se perderán los beneficios posibles si la acción subyacente se incrementara en un porcentaje mayor del 12.90% de su precio de ejercicio original; el rendimiento global de la inversión se amarrará en un 19.92% al toparse los beneficios conjuntos de las opciones en \$40,000.00 pesos y las diferencias en los rendimientos cedidos irán en aumento a medida que la acción termine con un incremento mayor a su valor contratado y topado en la opción de \$ 175.00 pesos.

Por otro lado, un inversionista que quiera vender algún título accionario podría decidir comprar opciones put que ofrezcan rendimientos positivos hasta un límite determinado sobre las acciones subyacentes; por ejemplo, hasta un valor de \$140.00; si la acción bajase más, no se recibirán rendimientos adicionales. Para esta modalidad en las opciones de venta, al presente mecanismo también se le llama "Bear Spread".

Se consideran para este supuesto los mismos datos que para los anteriores, con excepción de la prima pagada, que es menor por el hecho de ser una opción topada.

Monto de la Inversión: \$ 200,000.00 pesos.
 Precio de la acción : \$ 150.00
 Precio de ejercicio de opción : \$ 155.00
 No. de contratos de opción : 600
 Prima de la opción : \$ 1.753 por cada acción contratada.
 Monto a invertir en opciones \$ 5,259.00
 Inversión en renta fija : \$ 194,741.00
 Tasa anual Cetes a 182 días 20.700% (Tasa anual)

La tabla siguiente muestra distintos escenarios posibles al término de la operación:

Tabla 24: Combinaciones para diferentes cotizaciones de acciones, renta fija y opciones put topadas.

Precio Acción	Rendimiento de la acción	Valor de la Renta Fija	Valor de la Opción	Opción más la renta fija	Rend. global de la inver.	Diferencias Rendim.(pts.)
\$ 120.00	-22.58%	\$ 214,896.69	\$ 45,000.00	\$ 259,896.69	29.95%	7.37%
\$ 130.00	-16.13%	\$ 214,896.69	\$ 45,000.00	\$ 259,896.69	29.95%	13.82%
\$ 140.00	-9.68%	\$ 214,896.69	\$ 45,000.00	\$ 259,896.69	29.95%	20.27%
\$ 150.00	-3.23%	\$ 214,896.69	\$ 15,000.00	\$ 229,896.69	14.95%	11.72%
\$ 155.00	0.00%	\$ 214,896.69	\$ 0.00	\$ 214,896.69	7.45%	7.45%
\$ 165.00	6.45%	\$ 214,896.69	\$ 0.00	\$ 214,896.69	7.45%	1.00%
\$ 175.00	12.90%	\$ 214,896.69	\$ 0.00	\$ 214,896.69	7.45%	-5.45%
\$ 180.00	16.13%	\$ 214,896.69	\$ 0.00	\$ 214,896.69	7.45%	-8.68%
\$ 190.00	22.58%	\$ 214,896.69	\$ 0.00	\$ 214,896.69	7.45%	-15.13%

Para este caso, puede notarse que se perderán los beneficios posibles si la acción subyacente se depreciara en un porcentaje mayor del 9.68 % de su precio de ejercicio original; el rendimiento global de la inversión se amarrará en un 29.95 % al toparse los beneficios conjuntos de las opciones en \$45,000.00 pesos y las diferencias en los rendimientos cedidos irán en aumento a medida que la acción termine con un decremento mayor a su valor contratado y topado en la opción de \$ 140.00.

11. - CONTRATOS DE OPCIONES SOBRE INDICES

Podremos ahora observar que, la principal diferencia entre las opciones sobre títulos y las que operan sobre un índice bursátil, radica en que estas últimas han sido especialmente diseñadas para que el inversor pueda beneficiarse ó protegerse de las oscilaciones generales en los precios que tienen lugar en el mercado de valores, más que los que afectan a cada título en particular.

Para el inversor, los movimientos en el precio de las acciones pueden ser vistos como una buena oportunidad de obtener un beneficio, ó como un riesgo adicional. No importa si tiene objetivos a corto ó a largo plazo, un mercado volátil puede alterar la estrategia que pretende llevar a cabo. Por ejemplo, si el inversor tiene la costumbre de adquirir acciones para mantenerlas durante un largo período de tiempo, puede interesarle tener en cuenta las oportunidades que surjan de las fluctuaciones en los precios de las acciones a corto plazo. Las opciones sobre índices proporcionan un nuevo camino para aumentar las ganancias y reducir el riesgo de una inversión en el mercado.

Las opciones sobre títulos ofrecen un considerable grado de protección contra riesgos sistemáticos (el que se debe a la volatilidad del mercado como un todo) y no sistemáticos (el que se debe a la volatilidad del precio de mercado de la empresa individualmente considerada) de un título individual, así como un amplio abanico de oportunidades para expresar cualquier opinión que se pueda mantener sobre la empresa en cuestión.

Sin embargo, este tipo de opciones sólo involucra a un pequeño número de grandes empresas, y un inversor podría encontrarse con que no hay ninguna opción cotizada en bolsa que refleje adecuadamente el riesgo de otras acciones que él tiene en su cartera. Para llenar este hueco, han sido diseñadas las **opciones sobre índices**.

Podemos señalar que su importancia se debe a tres factores:

- * Hacen posible que los inversores puedan protegerse del riesgo de mercado de sus inversiones.
- * Son especialmente valiosas para los inversores que poseen acciones sobre las que no existen opciones en el mercado.
- * Están perfectamente adaptadas a las necesidades del inversor que tenga una clara idea de la dirección en la que se moverá el mercado, pero que duda a la hora de seleccionar los títulos individuales de su cartera, ya que el movimiento del índice como guía estará amparado por la opción.

11.1 Diferencias respecto a las opciones sobre títulos

Las opciones sobre índices se diferencian de las opciones sobre títulos en los siguientes aspectos:

- a) El activo subyacente de la opción no es tal, sino una cartera de activos, precisamente aquéllos que componen el índice y en la proporción precisa para reproducirlo. Claro que obtener una cartera de valores que sea idéntica a la composición del índice no es nada fácil. Todo esto hace que las posibilidades de arbitraje entre la opción y su activo subyacente sean limitadas e imperfectas, ya que éste último no existe como tal en el mercado, de lo que se deduce la imposibilidad de realizar emisiones cubiertas de estas opciones.
- b) La liquidación de las opciones sobre índices se realiza con efectivo, siendo la cuantía a abonar la diferencia sobre el índice al cierre en la fecha de ejercicio y el precio fijado para éste. Lo que significa que el inversor que decide ejercer la opción, no conoce la cuantía que va a recibir, ya que ésta no se conoce sino hasta el momento del cierre del mercado.

11.2 Especificaciones de algunos tipos de contratos de opciones sobre índices

Lógicamente, cada mercado de valores que posea un índice sobre el que se puedan negociar opciones tiene unas especificaciones sobre las mismas que deberán ser cumplidas por todos aquellos que emitan ó compren opciones de compra ó de venta sobre el índice. A modo de ejemplo, se van a ver aquí las condiciones que deben reunir las opciones sobre el índice **FT-SE 100** de la International Stock Exchange de Londres y de forma más somera sobre el Índice Nacional de Precios y Cotizaciones de la Bolsa (IPC) y el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) de México, puesto que a la fecha, las negociaciones de estos contratos son todavía pequeñas y muy limitadas en el mercado financiero mexicano.

1. El contrato del índice FT-SE 100. Cada contrato representa un valor teórico de 10 Lbs. multiplicado por el valor del índice. Recordemos que el valor teórico de una opción es el valor esperado de los beneficios actualizados que la opción puede proporcionar.
2. El precio de ejercicio. Está situado en intervalos de 25 puntos del índice (por ejemplo: 1,025, 1,050, 1,075) siempre que éste se encuentre por debajo del valor 1,700, pues a partir de aquí los intervalos son de 50 puntos.
3. Fechas de expiración. Las opciones sobre índices tienen una vida máxima de **cuatro meses**. En cualquier momento, las opciones negociadas están disponibles con uno, dos, tres ó cuatro meses para la expiración; esta se produce en el último día hábil del mes.

4. Primas. Debido a que cada contrato representa un valor de 10 Lbs. multiplicado por el valor del índice, puede descomponerse en 1,000 unidades de un penique (el valor de una libra esterlina es de \$15.40 pesos, según la tabla de equivalencias publicada en el D.O.F. del 06/Ago/99; por tanto, un penique es igual a \$1.540 pesos) multiplicado por el valor de dicho índice. La prima de la opción se cotiza en peniques. Por ejemplo, si una opción se cotiza en el mercado con una prima de 35 peniques, el costo de un contrato sería de 350 Lbs. ($1,000 \times 0.35$).

5. Liquidación. Cuando un contrato de este tipo es ejercido, el propietario del mismo tiene derecho a recibir del emisor que le asignen una suma de dinero equivalente al valor intrínseco de la opción (la diferencia entre el valor actual del índice y el precio de ejercicio). Las liquidaciones tienen lugar en el segundo día hábil siguiente a la fecha de ejercicio.

Por ejemplo, si el índice se mantiene en 1,620 y es ejercida una opción de compra cuyo precio de ejercicio es de 1,550, su poseedor recibirá 700 Libras ($10 \text{ Lbs.} \times \{\text{índice} - \text{precio de ejercicio}\}$) mediante un cheque emitido por el emisor de la opción.

6. Margen. El margen requerido de los emisores de opciones sobre el índice se calcula sobre la base del 7.5 % del valor del índice en el momento del cierre del mercado de opciones, más ó menos la cantidad por la que una opción está dentro ó fuera del dinero (in ó out of the money), con un margen mínimo del 2 % del valor subyacente. Los márgenes se calculan diariamente. Por ejemplo, el emisor de un contrato de opción con precio de ejercicio 1,675 - cuando el valor del índice es de 1,650 -, deberá presentar un margen de 987.50 libras, es decir: $(7.5 \% \times 1,650 - 25 \text{ puntos "fuera del dinero"}) \times 10$ libras.

11.3 Opciones sobre el I.P.C de México

Muchas de las bolsas del mundo cotizan opciones sobre sus índices accionarios. La bolsa mexicana de valores no es la excepción y cotiza sobre su índice de Precios y Cotizaciones, aunque no de forma directa, sino sobre un futuro referido a dicho índice (recordemos que el I.P.C. no es otra cosa que el resultado de una ponderación de una "canasta" de acciones).

El mecanismo y la definición son como una opción sobre una acción, la única diferencia es que el subyacente es el futuro sobre el I.P.C. Así, si el I.P.C. se incrementa, entonces un comprador de una opción de compra con un precio (índice en este caso) de ejercicio menor, se encuentra en ventaja ya que la opción se encuentra "dentro del dinero" y por lo tanto, puede ser ejercida.

La liquidación de este tipo de instrumentos es en efectivo, a diferencia de las opciones sobre acciones que pueden ser liquidadas en efectivo o en especie (es decir, el emisor de la opción call puede entregar la acción cuando el tenedor la ejerce). La cantidad de dinero depende del prospecto de colocación y del

índice. Actualmente se cotizan en dólares por cada punto del índice en el Chicago Mercantil Exchange, aunque ya muy pronto se comenzarán a cotizar en pesos al iniciar las operaciones correspondientes el Mercado Mexicano de Derivados (Mexder).

12. - ESTRATEGIAS DE UTILIZACION DE LAS OPCIONES SOBRE INDICES.

12.1 La adquisición de opciones de compra en un mercado alcista.

A) Especulación. Supongamos que en Octubre el índice mencionado está en 1,555 y un inversor piensa que el mercado tenderá al alza rápidamente, por lo tanto, adquiere dos opciones de compra de 1,550 (precio de ejercicio) con vencimiento en el mes de diciembre, por las que paga una prima de 36 peniques, lo que hace un costo de 720 libras ($2 \times 0.36 \text{ p} \times 1,000$). Hacia la mitad de noviembre, el índice ha ascendido a 1,640 y las opciones con vencimiento en diciembre y con precio de ejercicio igual a las adquiridas por nuestro inversor, pueden ser vendidas por 96 peniques, lo que efectivamente hace consiguiendo un beneficio de 1,200 libras ($2 \times 0.60 \text{ p} \times 1,000$).

Como se observa, el inversor opera en el mercado secundario comprando y vendiendo las opciones pero sin ejercerlas, ya que si reclamase al vendedor de las mismas el valor del índice, su beneficio sería menor que 1,200 Lbs, puesto que si ejerce la opción, el vendedor le daría $2 \times (1.640 - 1.550) \times 1,000$; es decir, 1,800 libras (recordemos que cada contrato representa un valor de 10 Lbs). Como pagó 720 lbs. por ellas, su beneficio será 1,080 lbs. Esta diferencia de 120 lbs. (6 peniques en la cotización) es lo que se denomina "precio del tiempo ó valor extrínseco", que sería sacrificado por ejercer las opciones *antes de su vencimiento*.

B) Cobertura. Imaginemos a un inversor que mantiene sus fondos en títulos del estado con la idea de adquirir unos buenos ingresos, pero desea disfrutar de los beneficios de un posible aumento en el mercado de acciones. Con esta idea también podría conseguir su objetivo adquiriendo opciones de compra del índice de la misma manera que hacía el inversor del ejemplo anterior.

C) Anticipación de los flujos de caja. Un inversor que anticipa la recepción de sus fondos en una fecha futura puede beneficiarse igualmente de adquirir opciones de compra sobre el índice. Si el mercado sube mientras él está esperando recibir su dinero, será compensado con la ganancia obtenida con las opciones a cambio de los mayores precios alcanzados por los títulos que eventualmente tendrá que pagar, si bien es cierto que el movimiento del índice no tiene por qué corresponderse exactamente con el movimiento del precio de las acciones que el inversor desea adquirir.

12.2 La adquisición de opciones de venta en un mercado bajista.

A) Especulación. Un inversor que pronostica una caída del mercado puede respaldar su juicio adquiriendo opciones de venta sobre el índice. Con el índice en 1,555 podría adquirir opciones de

venta de 1,550 con vencimiento en diciembre, por lo que pagaría una prima de, por ejemplo, 25 peniques. El coste de cuatro contratos a este precio sería de 1,000 libras ($4 \times 0.25 \times 1,000$). Si el índice cayese a 1,480, la prima de la opción de venta valdría unos 75 peniques, dándole una ganancia de 2,000 libras ($4 \times 50 \text{ p} \times 1,000$).

B) Cobertura. Un inversor que posea títulos sobre los que no existan opciones, puede proteger su inversión adquiriendo opciones de venta sobre el índice si cree que los precios tienden a caer.

Supongamos que a mediados de enero su cartera de acciones toma un valor de 55,000 libras y que el índice se sitúa en un valor de 1,580. Debido a que cree que el mercado va a sufrir una corrección en las próximas semanas, se decide a adquirir cinco contratos de opciones de venta de 1,600, con expiración en marzo, a una prima de 32 peniques.

Por supuesto, podría vender sus acciones para volverlas a recomprar más tarde a un precio inferior - consiguiendo, por tanto, un beneficio - pero esto implica unos costos de transacción extraordinarios, así como problemas de ajuste de tiempos entre las operaciones. A través de la adquisición de las opciones de venta, sólo tiene que hacer un juicio sobre la dirección que seguirá el mercado como un todo, y sus costos de transacción serán mucho más inferiores.

Si el mercado desciende hasta 1,530, él puede vender sus opciones a un precio de 72 peniques, lo que le da una ganancia de 2,000 libras ($5 \times 0.40 \times 1,000$). Si sus acciones cayeron en la misma línea que el índice, su valor se habrá reducido en unas 2,500 libras, así que habrá conseguido contrarrestar una buena parte de dicha pérdida.

12.3 Ejemplos de opciones sobre índices accionarios

A continuación analizaremos algunos ejemplos de opciones sobre futuros del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana, para luego continuar con algunos correspondientes al Índice Nacional de Precios al Consumidor (I.N.P.C). Estos mecanismos serán vistos en detalle por tratarse de contratos de opciones referidas no directamente al índice en sí, sino a un futuro sobre tales índices. Asimismo, se incluye en cada ejemplo casos ilustrativos a la determinación de las primas para contratos de compra y venta.

En cada uno de los ejemplos a manejar, comenzaremos por encontrar las volatilidades históricas en cada período anterior a la cobertura del activo subyacente (I.P.C. e I.N.P.C. en su caso), de acuerdo con la información relativa a su cierre en las negociaciones durante cada sesión de transacciones de la bolsa, publicada en el banco de datos del I.N.E.G.I. y el Banco de México, respectivamente.

Opciones sobre futuros de índices accionarios.

En los apartados siguientes se calculará inicialmente la volatilidad histórica para el I.P.C. según los datos publicados al cierre de operaciones de cada sesión en la Bolsa Mexicana de Valores en la fecha indicada, para después encontrar los distintos factores requeridos para conocer el desarrollo del subyacente y el valor de la prima en cada período de cobertura.

Las cifras han sido proporcionadas por el banco de datos del I.N.E.GI.

Se calculará la volatilidad para cada año anterior al mes de contratación de cada opción sobre dicho índice.

A manera de recordatorio, el parámetro "Rt" significa el rendimiento del subyacente del período "t - 1" a "t".

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Ene-96	3034.6500				
28-Feb-96	2832.5400	-0.068922261	0.009286489	-0.07820875	0.006116609
31-Mar-96	3072.4000	0.08128518	0.009286489	0.071998691	0.005183811
30-Abr-96	3187.1900	0.036680636	0.009286489	0.027394147	0.000750439
31-May-96	3205.5100	0.005731553	0.009286489	-0.00355494	1.26376E-05
30-Jun-96	3210.8300	0.001658267	0.009286489	-0.00762822	5.81898E-05
31-Jul-96	3007.2400	-0.065506756	0.009286489	-0.07479325	0.00559403
31-Ago-96	3305.4700	0.094555957	0.009286489	0.085269468	0.007270882
30-Sep-96	3236.3200	-0.02114179	0.009286489	-0.03042828	0.00092588
31-Oct-96	3213.3300	-0.007129099	0.009286489	-0.01641559	0.000269472
30-Nov-96	3291.6900	0.024093328	0.009286489	0.014806839	0.000219242
31-Dic-96	3361.0300	0.020846364	0.009286489	0.011559875	0.000133631
Suma :		0.102151378		Suma :	0.026534823

$$\bar{r} \text{ media} = 0.10215138 / 11 = 0.00928649$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0265348 = 0.00265348 = 0.2653\%$$

$$v = \sqrt{0.00265348} = 0.05151 = 5.151\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.05151 = 0.178442 = 17.844\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de **volatilidad anual** que corresponde aplicar para el primer período de contratación de las opciones sobre futuros del I.P.C.

Si suponemos que un inversionista desea cubrir un portafolio de acciones cuyo valor actual es de \$2,000,000 de pesos, y ante los movimientos adversos que pudiera tener el índice de precios y cotizaciones de la BMV, adquiere opciones de venta sobre futuros trimestrales del IPC. Suponemos además que la Delta de movimiento que existe entre las acciones del portafolio y el índice para el primer período de cobertura es de 1.0.

Se calculará el valor de la prima para las opciones de compra y de venta. Las características de los contratos de futuros y opciones se muestran a continuación:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del IPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el índice actualmente 3361.0300 01 de Enero de 1997.

El precio de ejercicio de la opción es de 3361.0300 puntos

El tipo de interés a corto plazo es del 29.9192% 01 de Enero de 1997.

La volatilidad estimada para el IPC es de: 17.844%

El número de períodos de la opción es: 4

Cada punto base equivale a 25.00 dólares. (Carmen Díaz. "Futuros y Opciones sobre futuros")

Tipo de cambio al 01 de Enero de 1997: \$ 7.8509

Para calcular el número de contratos a utilizar se multiplica el cociente resultante de la cantidad a cubrir (valor del portafolio) entre el valor que los contratos de futuros tengan a la fecha actual (en pesos), por el factor de correlación o delta; para el caso actual, según la correlación existente se haría de la siguiente manera: $2'000,000 / 659,677.76 (3361.03 * 25 \text{ dls} * \$ 7.8509) = 3.03 \text{ contratos} * 1.0 = 3.0 \text{ contratos}$.

Los pasos a seguir para conocer el valor de la prima de cada opción son iguales que para cualesquier otro activo subyacente.

$$r = \ln (1 + 0.299192) = 0.26174 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.17844 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0371 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0371 = 0.9642 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.26174 * (60 / 360) / 4} = 1.0110 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9642}{1.0371 - 0.9642} = 0.4909 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5091 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Lo siguiente es calcular el desarrollo del precio actual del subyacente asociándolo con sus factores "u" y "d":

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				3,888.196
			3,749.119	
		3,615.016		3,615.016
	3,485.711		3,485.711	
3,361.030		3,361.030		3,361.030
	3,240.809		3,240.809	
		3,124.888		3,124.888
			3,013.114	
				2,905.338

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo mediante la siguiente expresión:

$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1 - p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
- C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
- C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				527.166
			383.879	
		248.506		253.986
	150.824		123.328	
87.879		59.885		0.000
	29.078		0.000	
		0.000		0.000
			0.000	
				0.000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 87.879 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dlls. por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 87.879 * 25 dlls * 3.0 Contratos * 7.8509 pesos = \$51,744.69 pesos.

A efectos comparativos, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.000
			0.000	
		0.000		0.000
	30.157		0.000	
87.879		59.885		0.000
	145.429		118.917	
		231.047		236.142
			344.142	
				455.692

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 87.879 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dólares por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: 87.879 * 25 dlrs. * 3.0 Contratos * 7.8509 pesos/dólar = \$ 51,744.69 pesos para los tres contratos.

12.4 La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 87.879 - \frac{1}{1.0110^4} (3361.03 - 3361.03) = 87.879 \quad \text{pbs.}$$

Para el primer caso podemos notar que es obvio el resultado de la paridad, ya que el precio de ejercicio en la opción y el del futuro son idénticos; lo que aritméticamente nos lleva al mismo valor de la primer variable (precio de la opción call).

* El factor de volatilidad empleado en estas operaciones es el promedio del primer y segundo períodos.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del IPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el índice actualmente 3840.9800 01 de Marzo de 1997.

El precio de ejercicio de la opción es de 3361.0300 puntos

El tipo de interés a corto plazo es del 22.1063% 01 de Marzo de 1997.

* La volatilidad estimada para el IPC es: 17.110%

El número de períodos de la opción es: 4

Cada punto base equivale a 25.00 dólares. (Carmen Díaz. "Futuros y Opciones sobre futuros")

Tipo de cambio al 01 de Marzo de 1997: \$ 7.7844

Para efectos de saber en cuánto cotiza la prima de las opciones adquiridas al inicio de la operación después de haber transcurrido sus dos meses de vigencia, se realizarán nuevamente los cálculos necesarios, considerando las demás variables a la fecha actual:

$$r = \ln(1 + 0.221063) = 0.19972 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.17110 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0355 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0355 = 0.9657 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.19972 \cdot (60/360)/4} = 1.0084 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9657}{1.0355 - 0.9657} = 0.4913 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5087 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				4,416.865
			4,265.266	
		4,118.870		4,118.870
	3,977.499		3,977.499	
3,840.980		3,840.980		3,840.980
	3,709.147		3,709.147	
		3,581.839		3,581.839
			3,458.900	
				3,340.181

Lo siguiente es calcular el desarrollo del precio actual del subyacente asociándolo con sus factores "u" y "d":

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				1055.835
			896.742	
		745.331		757.840
	601.269		611.360	
465.588		472.028		479.950
	342.211		345.232	
		222.471		220.809
			107.578	
				0.000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 465.588 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dls. por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 465.588 * 25 dls. * 3.0 Contratos * 7.7844 pesos/dólar = \$ 271,824.24 pesos.

A efectos comparativos, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

(en referencia al precio de ejercicio de 3,361.03 pts.)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.000
			0.000	
		0.000		0.000
	0.000		0.000	
1.351		0.000		0.000
	2.677		0.000	
		5.307		0.000
			10.519	
				20.849

Las unidades en las que se desarrolló el árbol se expresaron en puntos base.

Utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente a la anterior de compra está a la fecha actual prácticamente "fuera del dinero", por lo tanto su valor intrínseco es muy pequeño y el importe de la prima correspondiente será muy bajo.

Lo anterior es debido a que el futuro subyacente se ha revaluado muy por encima del precio de ejercicio contratado originalmente al inicio de la operación en opciones, lo que hace casi invalorable el pago de una prima para un precio de ejercicio de 3,361.03, tomando en cuenta al resto de las variables actuales.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 465.588 - \frac{1}{1.0084^4} (3840.98 - 3361.03) = 1.351 \quad \text{pbs.}$$

Que es precisamente el valor de la opción de venta que obtuvimos con el desarrollo del árbol binomial.

A continuación se efectúan los cálculos necesarios para conocer la volatilidad aplicable al segundo período de cobertura con las opciones:

Fecha	Tasa mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
30-Abr-96	3187.1900				
31-May-96	3205.5100	0.005731553	0.014734307	-0.00900275	8.10496E-05
30-Jun-96	3210.8300	0.001658267	0.014734307	-0.01307604	0.000170983
31-Jul-96	3007.2400	-0.065506756	0.014734307	-0.08024106	0.006438628
31-Ago-96	3305.4700	0.094555957	0.014734307	0.07982165	0.006371496
30-Sep-96	3236.3200	-0.02114179	0.014734307	-0.0358761	0.001287094
31-Oct-96	3213.3300	-0.007129099	0.014734307	-0.02186341	0.000478009
30-Nov-96	3291.6900	0.024093328	0.014734307	0.009359021	8.75913E-05
31-Dic-96	3361.0300	0.020846364	0.014734307	0.006112057	3.73572E-05
31-Ene-97	3647.1700	0.08170405	0.014734307	0.066969743	0.004484946
28-Feb-97	3840.9800	0.051776018	0.014734307	0.037041711	0.001372088
31-Mar-97	3747.9800	-0.024510514	0.014734307	-0.03924482	0.001540156
Suma :		0.162077377		Suma :	0.022349399

$$\bar{r} \text{ media} = 0.16207738 / 11 = 0.01473431$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.02234939 = 0.00223494 = 0.2235\%$$

$$v = \sqrt{0.00223494} = 0.047275 = 4.728\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.047275 = 0.163766 = 16.377\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de **volatilidad anual** correspondiente al segundo período de contratación de las opciones.

Al iniciar el segundo trimestre de la cobertura del portafolio, tenemos las siguientes circunstancias

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del IPC.
 Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.
 Precio al que cotiza el índice actualmente 3747.9800 01 de Abril de 1997.
 El precio de ejercicio de la opción es de 3747.9800
 El tipo de interés a corto plazo es del 23.9508% 01 de Abril de 1997.
 La volatilidad estimada para el IPC es de: 16.377%
 El número de períodos de la opción es: 4
 Cada punto base equivale a 25.00 dólares.
 Tipo de cambio al 01 de Abril de 1997: \$ 7.8905

Para calcular el número de contratos a utilizar para el trimestre abril-junio, se maneja el mecanismo descrito con anterioridad y dado que la correlación delta existente actual (supuesta) es de 1.11, sería de la siguiente manera: $(2'000,000 / 739,335.90 = 2.705 * 1.11 \text{ índice de correlación} = 3.0 \text{ contratos})$.

$$r = \ln(1 + 0.239508) = 0.21471 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.16377 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0340 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0340 = 0.9671 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.21471 * (60 / 360) / 4} = 1.0090 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9671}{1.0340 - 0.9671} = 0.4916$$

$$1 - p = 0.5084$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				4,284.189
			4,143.342	
		4,007.126		4,007.126
	3,875.387		3,875.387	
3,747.980		3,747.980		3,747.980
	3,624.761		3,624.761	
		3,505.594		3,505.594
			3,390.344	
				3,278.883

Lo siguiente es calcular el desarrollo del precio actual del subyacente asociándolo con sus factores "u" y "d":

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				536.209
			391.841	
		254.550		259.146
	155.033		126.273	
90.647		61.528		0.000
	29.981		0.000	
		0.000		0.000
			0.000	
				0.000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 90.647 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dls. por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 90.647 * 25 dls. * 3.0 Contratos * 7.8905 pesos/dólar = \$ 53,643.76 pesos.

A efectos comparativos, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.000
			0.000	
		0.000		0.000
	31.000		0.000	
90.647		61.528		0.000
	149.936		122.121	
		238.088		242.386
			354.451	
				469.097

Las unidades en las que se desarrolló el árbol se expresaron en puntos base.

Es decir que utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 90.647 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dólares por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $90.647 * 25 \text{ dls.} * 3.0 \text{ Contratos} * 7.8905 \text{ pesos/dólar} = \$ 53,643.76$ pesos para los tres contratos.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 90.647 - \frac{1}{1.00904} (3747.98 - 3747.98) = 90.647 \quad \text{pbs.}$$

Que es precisamente el valor de la opción de venta que obtuvimos con el desarrollo del árbol binomial.

* El factor de volatilidad empleado en este ejercicio es el promedio del segundo y tercer períodos.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del IPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el índice actualmente 3968.8100 01 de Junio de 1997.

El precio de ejercicio de la opción es de 3747.9800

El tipo de interés a corto plazo es del 20.8472% 01 de Junio de 1997.

* La volatilidad estimada para el IPC es: 16.469%

El número de períodos de la opción es: 4

Cada punto base equivale a 25.00 dólares.

Tipo de cambio al 01 de Junio de 1997: \$ 7.9085

Para efecto de saber en cuánto cotiza la prima de las opciones de venta adquiridas al inicio de la operación después de haber transcurrido los dos meses de vigencia, se realizarán nuevamente los cálculos necesarios considerando las demás variables a la fecha:

$$r = \ln(1 + 0.208472) = 0.18936 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.16469 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0342 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0342 = 0.9669 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18936 * (60 / 360) / 4} = 1.0079 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9669}{1.0342 - 0.9669} = 0.4917$$

$$1 - p = 0.5083$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				4,540.037
			4,389.950	
		4,244.826		4,244.826
	4,104.498		4,104.498	
3,968.810		3,968.810		3,968.810
	3,837.607		3,837.607	
		3,710.742		3,710.742
			3,588.071	
				3,469.455

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				792.057
			636.956	
		489.125		496.846
	353.038		353.745	
241.411		226.898		220.830
	137.192		107.729	
		52.554		0.000
			0.000	
				0.000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 241.411 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dlls. por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 241.411 * 25 dlls. * 3.0 Contratos * 7.9085 pesos/dólar = \$143,189.92 pesos.

A efectos comparativos, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

(en referencia al precio de ejercicio de 3,747.98 pts.)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.000
			0.000	
		0.000		0.000
	4.776		0.000	
27.335		9.470		0.000
	49.583		18.779	
		89.158		37.238
			158.628	
				278.525

Las unidades en las que se desarrolló el árbol se expresaron en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 27.335 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dólares por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $27.335 * 25 \text{ dls.} * 3.0 \text{ Contratos} * 7.9085 \text{ pesos/dólar} = \$ 16,213.40$ pesos.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 241.411 - \frac{1}{1.0079^4} (3968.81 - 3747.98) = 27.421 \quad \text{pbs.}$$

La mínima diferencia que se observa respecto al árbol binomial es debido al número de decimales empleado en las operaciones anteriores.

A continuación se efectúan los cálculos necesarios para conocer la volatilidad aplicable al tercer período de cobertura con las opciones:

Fecha	Indice mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Jul-96	3007.2400				
31-Ago-96	3305.4700	0.094555957	0.035788254	0.058767704	0.003453643
30-Sep-96	3236.3200	-0.02114179	0.035788254	-0.05693004	0.00324103
31-Oct-96	3213.3300	-0.007129099	0.035788254	-0.04291735	0.001841899
30-Nov-96	3291.6900	0.024093328	0.035788254	-0.01169493	0.000136771
31-Dic-96	3361.0300	0.020846364	0.035788254	-0.01494189	0.00022326
31-Ene-97	3647.1700	0.08170405	0.035788254	0.045915796	0.00210826
28-Feb-97	3840.9800	0.051776018	0.035788254	0.015987764	0.000255609
31-Mar-97	3747.9800	-0.024510514	0.035788254	-0.06029877	0.003635941
30-Abr-97	3756.6100	0.002299927	0.035788254	-0.03348833	0.001121468
31-May-97	3968.8100	0.054949347	0.035788254	0.019161093	0.000367147
30-Jun-97	4457.9700	0.116227204	0.035788254	0.08043895	0.006470425
Suma :		0.393670791		Suma :	0.022855454

$$\bar{r} \text{ media} = 0.39367079 / 11 = 0.03578825$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.02285545 = 0.00228554 = 0.2286\%$$

$$v = \sqrt{0.00228554} = 0.047807 = 4.781\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.047807 = 0.165609 = 16.561\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de **volatilidad anual** correspondiente al tercer período de contratación de las opciones.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del IPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el índice actualmente 4457.9700 01 de Julio de 1997.

El precio de ejercicio de la opción es de 4457.9700

El tipo de interés a corto plazo es del 22.5316% 01 de Julio de 1997.

La volatilidad estimada para el IPC es de: 16.561%

El número de períodos de la opción es: 4

Cada punto base equivale a 25.00 dólares.

Tipo de cambio al 01 de Julio de 1997: \$ 7.9577

Para estimar el número de contratos a utilizar para el trimestre julio-octubre, según la correlación actual existente (supuesta), sería de la siguiente manera: $(2'000,000 / 886,879.70 = 2.255 * 1.32$ factor de correlación = 2.976 = 3.0 contratos).

$$r = \ln(1 + 0.225316) = 0.20320$$

$$u = e^{0.16561 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0344$$

$$d = 1 / 1.0344 = 0.9668$$

$$R = e^{0.20320 * (60 / 360) / 4} = 1.0085$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9668}{1.0344 - 0.9668} = 0.4912$$

$$1 - p = 0.5088$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				5,103.432
			4,933.794	
		4,769.795		4,769.795
	4,611.247		4,611.247	
4,457.970		4,457.970		4,457.970
	4,309.787		4,309.787	
		4,166.530		4,166.530
			4,028.035	
				3,894.144

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				645.462
			471.697	
		306.368		311.825
	186.539		151.877	
109.033		73.973		0.000
	36.029		0.000	
		0.000		0.000
			0.000	
				0.000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 109.033 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dls. por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 109.033 * 25 dls. * 3.0 Contratos * 7.9577 pesos/dólar = \$65,073.89 pesos.

A efectos comparativos, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.000
			0.000	
		0.000		0.000
	37.425		0.000	
109.440		74.180		0.000
	180.793		147.034	
		286.740		291.440
			426.404	
				563.826

Las unidades en las que se desarrolló el árbol se expresaron en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 109.440 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dólares por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $109.440 * 25 \text{ dls.} * 3.0 \text{ Contratos} * 7.9577 \text{ pesos/dólar} = \$ 65,316.80$ pesos para los tres contratos.

Como hemos constatado, el cálculo para la paridad nos arrojaría el costo exacto encontrado mediante los esquemas de árboles binomiales para las opciones, ya que el precio de ejercicio y del futuro son iguales.

Lo que prosigue es hacer nuevamente el cálculo de la valoración de las opciones al término del actual período de cobertura, ya que será necesario conocer el valor a la fecha de los contratos que expiran.

* El factor de volatilidad empleado en este ejercicio es el promedio del tercer y cuarto periodos.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del IPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el índice actualmente 4648.4100 01 de Septiembre de 1997.

El precio de ejercicio de la opción es de 4457.9700

El tipo de interés a corto plazo es del 20.6367% 01 de Septiembre de 1997.

* La volatilidad estimada para el IPC es: 20.100%

El número de periodos de la opción es: 4

Cada punto base equivale a 25.00 dólares.

Tipo de cambio 01 de Sept. de 1997: \$ 7.7548

Para efectos de saber en cuánto se valúa la prima de las opciones de venta adquiridas al inicio de la operación después de haber transcurrido los dos meses de vigencia, se realizarán nuevamente los cálculos necesarios considerando las demás variables a la fecha:

$$r = \ln (1 + 0.206367) = 0.18761$$

$$u = e^{0.20100 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0419$$

$$d = 1 / 1.0419 = 0.9598$$

$$R = e^{0.18761 * (60 / 360) / 4} = 1.0078$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9598}{1.0419 - 0.9598} = 0.4897$$

$$1 - p = 0.5103$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				5,477.458
			5,257.271	
		5,045.936		5,045.936
	4,843.096		4,843.096	
4,648.410		4,648.410		4,648.410
	4,461.550		4,461.550	
		4,282.202		4,282.202
			4,110.063	
				3,944.844
			- 192 -	

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
- C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
- C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				1019.488
			793.077	
		578.845		587.966
	399.009		382.127	
262.626		232.539		190.440
	135.765		92.541	
		44.968		0.000
			0.000	
				0.000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 262.626 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dls. por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 262.626 * 25 dls. * 3.0 Contratos * 7.7548 pesos/dólar = \$ 152,745.91 pesos.

A efectos comparativos, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.000
			0.000	
		0.000		0.000
	22.810		0.000	
78.049		45.053		0.000
	132.267		88.988	
		218.010		175.768
			345.198	
				513.126

Las unidades en las que se desarrolló el árbol se expresaron en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 78.049 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dólares por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $78.049 * 25 \text{ dls.} * 3.0 \text{ Contratos} * 7.7548 \text{ pesos} = \$ 45,394.08 \text{ pesos.}$

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 262.626 - \frac{1}{1.0078^4} (4648.41 - 4457.97) = 78.049 \quad \text{pbs.}$$

Que es precisamente el valor de la opción de venta que obtuvimos con el desarrollo del árbol binomial.

Continuando con la aplicación de los criterios anteriores, calculamos ahora la nueva tasa de volatilidad que corresponderá al cuarto y último período de opciones:

Fecha	Indice mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \ln (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Oct-96	3213.3300				
30-Nov-96	3291.6900	0.024093328	0.045858858	-0.02176553	0.000473738
31-Dic-96	3361.0300	0.020846364	0.045858858	-0.02501249	0.000625625
31-Ene-97	3647.1700	0.08170405	0.045858858	0.035845192	0.001284878
28-Feb-97	3840.9800	0.051776018	0.045858858	0.00591716	3.50128E-05
31-Mar-97	3747.9800	-0.024510514	0.045858858	-0.07036937	0.004951849
30-Abr-97	3756.6100	0.002299927	0.045858858	-0.04355893	0.00189738
31-May-97	3968.8100	0.054949347	0.045858858	0.009090489	8.2637E-05
30-Jun-97	4457.9700	0.116227204	0.045858858	0.070368346	0.004951704
31-Jul-97	5067.8300	0.128219213	0.045858858	0.082360355	0.006783228
31-Ago-97	4648.4100	-0.086387492	0.045858858	-0.13224635	0.017489097
30-Sep-97	5321.5000	0.135229993	0.045858858	0.089371135	0.0079872
Suma :		0.504447436		Suma :	0.046562349

$$\bar{r} \text{ media} = 0.50444744 / 11 = 0.04585886$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.04656235 = 0.00465623 = 0.4656\%$$

$$v = \sqrt{0.00465623} = 0.068236 = 6.824\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.068236 = 0.236378 = 23.638\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de **volatilidad anual** correspondiente al cuarto período de contratación de las opciones, con base en los datos históricos manejados.

Aquí se inicia el cuarto período de cobertura del portafolio indexado al I.P.C.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del IPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el índice actualmente 5321.5000 01 de Octubre de 1997.

El precio de ejercicio de la opción es de 5321.5000

El tipo de interés a corto plazo es del 20.2857% 01 de Octubre de 1997.

La volatilidad estimada para el IPC es de: 23.638%

El número de períodos de la opción es: 4

Cada punto base equivale a 25.00 dólares.

Tipo de cambio al 01 de Octubre 1997: \$ 7.8199

Para calcular el número de contratos a utilizar según la correlación existente actual supuesta, sería de la siguiente manera: $2'000,000 / 1'040,339.90 (5321.50 * 25 \text{ Dlls} * \$ 7.8199) = 1.922 * 1.57 \text{ índice de correlación} = 3.018 = 3.0 \text{ contratos.}$

$$r = \ln(1 + 0.202857) = 0.18470 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.23638 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0494 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0494 = 0.9529 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18470 * (60 / 360) / 4} = 1.0077 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9529}{1.0494 - 0.9529} = 0.4879$$

$$1 - p = 0.5121$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				6,454.370
			6,150.337	
		5,860.626		5,860.626
	5,584.561		5,584.561	
5,321.500		5,321.500		5,321.500
	5,070.831		5,070.831	
		4,831.969		4,831.969
			4,604.359	
				4,387.471

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
- C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
- C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				1132.870
			822.483	
		530.891		539.126
	321.284		261.044	
186.664		126.397		0.000
	61.201		0.000	
		0.000		0.000
			0.000	
				0.000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 186.664 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dls. por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 186.664 * 25 dls. * 3.0 Contratos * 7.8199 pesos/dólar = \$ 109,477.04 pesos.

A efectos comparativos, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.000
			0.000	
		0.000		0.000
	64.227		0.000	
186.664		126.397		0.000
	306.150		248.748	
		482.054		489.531
			711.643	
				934.029

Las unidades en las que se desarrolló el árbol se expresaron en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 186.664 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dólares por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $186.664 * 25 \text{ dls.} * 3.0 \text{ Contratos} * 7.8199 \text{ pesos/dólar} = \$ 109,477.04 \text{ pesos}$ para los tres contratos.

Con respecto al cálculo para la paridad put-call, como hemos constatado, nos arrojaría el costo exacto encontrado mediante los esquemas de árboles binomiales para las opciones, ya que el precio de ejercicio y del futuro son iguales.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del IPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

Precio al que cotiza el índice actualmente 4974.5700 01 de Diciembre de 1997.

El precio de ejercicio de la opción es de 5321.5000

El tipo de interés a corto plazo es del 20.2857% 01 de Diciembre de 1997.

La volatilidad estimada para el IPC es de: 21.458%

El número de períodos de la opción es: 4

Cada punto base equivale a \$ 25.00 dólares.

Tipo de cambio al 01 Diciembre de 1997: \$ 8.2000

Para efectos de saber en cuánto cotizan las primas de las opciones de venta adquiridas al inicio de la operación después de haber transcurrido los dos meses de vigencia, se realizarán nuevamente los cálculos necesarios considerando las demás variables a la fecha:

$$r = \ln(1 + 0.202857) = 0.18470$$

$$u = e^{0.21458 \cdot (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0448$$

$$d = 1 / 1.0448 = 0.9571$$

$$R = e^{0.18470 \cdot (60 / 360) / 4} = 1.0077$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9571}{1.0448 - 0.9571} = 0.4891$$

$$1 - p = 0.5109$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				5,927.146
			5,673.135	
		5,430.009		5,430.009
	5,197.303		5,197.303	
4,974.570		4,974.570		4,974.570
	4,761.382		4,761.382	
		4,557.330		4,557.330
			4,362.024	
				4,175.087

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				605.646
			348.939	
		196.041		108.509
	108.097		52.660	
58.748		25.556		0.000
	12.402		0.000	
		0.000		0.000
			0.000	
				0.000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 58.748 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dlls. por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción call anterior sería de: 58.748 * 25 dlls. * 3.0 Contratos * 8.200 pesos/dólar = \$ 36,130.02 pesos.

A efectos comparativos, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que para la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.000
			0.000	
		89.189		0.000
	229.459		175.904	
395.161		367.187		346.930
	559.737		555.824	
		752.498		764.170
			952.121	
				1146.413

Las unidades en las que se desarrolló el árbol se expresaron en puntos base.

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de deuda, la opción put equivalente costaría 395.161 puntos básicos (pbs).

Para los futuros sobre el IPC cuyo pb equivale a 25 dólares por cada unidad del índice, la prima a pagar por la opción put anterior sería de: $395.161 * 25 \text{ dls.} * 3.0 \text{ Contratos} * 8.200 \text{ pesos/dólar} = \$ 243,024.02$ pesos.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 58.748 - \frac{1}{1.00774} (4974.57 - 5321.50) = 395.161 \quad \text{pbs.}$$

Que es precisamente el valor de la opción de venta que obtuvimos con el desarrollo del árbol binomial.

12.5 Esquema de cancelaciones de cada posición en opciones:

Al liquidar las posiciones adquiridas con cada opción al final de su vigencia mediante la operación contraria, en este caso, la venta de opciones put, obtenemos un diferencial expresado en puntos del índice que podemos adicionar o restar a cada futuro para obtener utilidades ó pérdidas reales al convertirlas en unidades monetarias considerando el tipo de cambio en las fechas en que tuvo lugar cada una de ellas.

Para el caso de las primeras tres opciones, obtenemos el siguiente resultado en vista de que la prima de las mismas casi ha perdido completamente su valor al momento de expirar:

Compra de 3.0 contratos put a :	87.879 puntos
Venta de 3.0 contratos put a :	<u>1.351</u> puntos
Utilidad / pérdida por cada opción:	-86.528
No. de contratos utilizados :	3.00
Valor de cada punto del índice :	25.00 dólares
Utilidad / pérdida total en dls. :	(6,489.62)
Tipo de cambio al 01/Ene/97:	\$ 7.8509
Utilidad / pérdida total en pesos :	<u><u>(\$ 50,949.34)</u></u>
Utilidad / pérdida total en puntos del índice:	<u><u>-86.528</u></u>

Al cumplirse el plazo de expiración de la segunda partida de opciones, obtenemos el resultado siguiente:

Compra de 3.0 contratos put a :	90.647 puntos
Valor de cada punto del índice :	25.00 dólares
Tipo de cambio al 01/Abr/97:	\$ 7.8905
Costo de cada opción put en Pesos:	\$ 17,881.28
Venta de 3.0 contratos put a :	27.335 puntos
Tipo de cambio al 01/Jun/97:	\$ 7.9085
Costo de cada opción put en Pesos:	\$ 5,404.44
Utilidad / pérdida obtenida por cada opción	(\$ 12,476.84)
No. de contratos utilizados :	3.00
Utilidad / pérdida total en pesos :	<u><u>(\$ 37,430.52)</u></u>
Utilidad / pérdida total en puntos del índice:	<u><u>-63.312</u></u>

El hecho de que hasta el momento hayamos obtenido pérdidas al liquidar las opciones se debe a que los contratos se encuentran devaluados al momento de su expiración, puesto que el precio de mercado del contrato futuro se ha ido por encima del de ejercicio, lo que significa que la opción sólo cuenta con "valor tiempo"; además, se hace obvio que un factor primordial en los resultados será el tipo de cambio inicial y final. Sin embargo, hemos podido ver que es posible recuperar parte del costo de la prima en este último caso.

Para la tercera cobertura con las opciones, se llegará a un resultado semejante a los anteriores:

Compra de 3.0 contratos put a :	109.440 puntos
Valor de cada punto del índice :	25.00 dólares
Tipo de cambio al 01/Jul/97:	\$ 7.9577
Costo de cada opción put en Pesos:	\$ 21,772.30

Venta de 3.0 contratos put a :	78.049 puntos
Tipo de cambio al 01/Sept/97:	\$ 7.7548
Costo de cada opción put en Pesos:	\$ 15,131.28
Utilidad / pérdida por cada opción :	(\$ 6,641.02)
No. de contratos utilizados :	3.00
Utilidad / pérdida total en pesos :	<u>(\$ 19,923.07)</u>

Utilidad / pérdida total en puntos del índice: **-31.392**

Para el último período de cobertura con opciones, al liquidar las posiciones obtendríamos el resultado siguiente:

Compra de 3.0 contratos put a :	186.664 puntos
Valor de cada punto del índice :	25.00 dólares
Tipo de cambio al 01/Oct/97:	\$ 7.8199
Costo de cada opción put en Pesos:	\$ 36,492.32

Venta de 3.0 contratos put a :	395.161 puntos
Tipo de cambio al 01/Dic/97:	\$ 8.20
Costo de cada opción put en Pesos:	\$ 81,008.02
Utilidad / pérdida por cada opción :	44,515.70
No. de contratos utilizados :	3.00
Utilidad / pérdida total en pesos :	<u>\$ 133,547.11</u>

Utilidad / pérdida total en puntos del índice: **208.497**

En este último período se manifiesta la flexibilidad que se tiene en una cobertura con contratos de opciones sobre futuros: a pesar de que para los tres primeros períodos la liquidación de las opciones correspondientes nos arrojó pérdidas, en éste último obtenemos un beneficio que supera la suma total de los resultados negativos. Se reitera por supuesto, la vital importancia de la apreciación del tipo de cambio.

12.6 Esquemas de cancelación de cada posición en los futuros con opciones:

Para el período correspondiente a los meses enero-abril de 1997:

Precio del futuro al contratar la opción:	3361.030 01 de enero ' 97
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	3361.030 Opción de venta.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	3840.980 01 de marzo ' 97.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	-86.528 puntos
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	3754.452 Venta
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	3747.980 Compra (01 de abril ' 97)
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice	6.472
Por número de contratos comprados:	3.00
Valor de cada punto del índice (Dlts.):	25.00
Cotización del dólar al 01/Abr/97:	\$ 7.8905
Resultado expresado en pesos :	\$ 3,829.90

En este caso, por medio de la opción obtenemos una pérdida que representa prácticamente el costo de la prima pagada, ya que al momento de liquidar la opción ésta casi no cuenta con valor alguno; sin embargo, al perder la posibilidad de vender la opción, entramos al mercado de futuros con una posición corta o de venta a un precio mayor (3840.98 pbs), lo cuál nos permitió obtener una ganancia de 6.472 puntos al finalizar dicha posición en futuros, lo que equivale a una utilidad de 3,829.90 pesos que disminuyen el gasto en la opción.

Para el período correspondiente a los meses abril-julio de 1997:

Precio del futuro al contratar la opción:	3747.980 01 de abril ' 97
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	3747.980 Opción de venta.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	3968.810 01 de junio ' 97.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	-63.312 puntos
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	3905.498 Venta
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	4457.970 Compra (01 de julio ' 97)
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice	-552.472
Por número de contratos comprados:	3.00
Valor de cada punto del índice (Dlts.):	25.00
Cotización del dólar al 01/Jul/97:	\$ 7.9577
Resultado expresado en pesos :	(\$ 329,730.66)

Para el segundo caso, se obtiene una pérdida al cancelar la posición en el mercado de futuros, puesto que el nivel del índice aumentó al final del período; sin embargo, esta pérdida sería aún mayor (709.99 pts.) si no hubiéramos contado con una opción que disminuyera tal diferencia al permitimos entrar al mercado de futuros eligiendo la cotización más reciente; además de que por su parte, el valor del portafolio aumentó considerablemente.

Para el período correspondiente a los meses julio-octubre de 1997:

Precio del futuro al contratar la opción:	4457.970 01 de julio ' 97
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	4457.970 Opción de venta.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	4648.410 01 de septiembre ' 97.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	-31.392 puntos
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	4617.018 Venta
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	5321.500 Compra (01 de octubre ' 97)
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice	-704.482
Por número de contratos comprados:	3.00
Valor de cada punto del índice (Dlts.):	25.00
Cotización del dólar al 01/Oct/97:	\$ 7.8199
Resultado expresado en pesos :	(\$ 413,173.17)

Aunque aparentemente los resultados obtenidos con los futuros son en ocasiones muy negativos, debemos tener presente que el valor del portafolio protegido con los mismos aumenta considerablemente toda vez que el índice referido lo hace; esta afirmación la confirmaremos con detalle en los esquemas que demuestran las operaciones simultáneas para el comportamiento del I.P.C. y el portafolio de acciones (en el mercado de "físicos") posterior.

Finalmente, el resultado para los meses de octubre '97 a enero '98 sería el siguiente:

Precio del futuro al contratar la opción:	5321.500 01 de octubre '97
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	5321.500 Opción de venta.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	4974.570 01 de diciembre '97.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	208.497 puntos
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	5183.067 Venta
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	5229.350 Compra (01 de enero '98)
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice	-46.283 al cancelar el futuro
Por número de contratos comprados:	3.00
Valor de cada punto del índice (Dls.):	25.00
Cotización del dólar al 01/Ene/98:	\$ 8.0833
Resultado expresado en pesos :	(\$ 28,058.82)

Cabe mencionar que en este último caso, a pesar de que resulta conveniente ejercer el derecho de venta al precio de ejercicio de la opción porque al 01 de diciembre el futuro subyacente se ha devaluado, es preferible liquidar la posición en opciones, puesto que la ganancia que obtenemos al hacerlo implica aún un mayor beneficio al permitirnos entrar al mercado de futuros con una posición corta más ventajosa expresada en puntos del índice, que la que obtendríamos al entrar al precio de 5321.50 (5183.067 puntos obtenidos en la cobertura con opciones contra los 5134.836 disminuyendo el costo de la prima de la opción), puesto que para el depósito de los márgenes en este mercado se tomará como punto de referencia inicial el precio del futuro más los puntos ganados con la cobertura de la opción.

12.7 Bosquejo que siguen las operaciones simultáneas tanto en el mercado de físicos (portafolio subyacente) como en el I.P.C.

Lo que se trata de ilustrar a continuación es el comportamiento que durante el período del manejo de los instrumentos financieros tienen por un lado el I.P.C. y por el otro, el portafolio de las acciones; ello con la finalidad de ver cómo el primero afecta directamente a éste y de darnos cuenta de la situación equivalente en que podremos encontrarnos al terminar la cobertura en el mercado de futuros.

Para el primer período:

Fecha	Portafolio de Acciones (\$)	Indice de Precios y cotizaciones
01-Ene-97	2,000,000.00	3361.030
01-Mar-97	2,285,596.97	3840.980 Venta
01-Abr-97	2,230,256.80	3747.980 Compra

Situación al final: -\$ 55,340.18 \$ 55,036.24

Sabemos que al realizar una cobertura en el mercado de futuros, se busca que exista equidad entre el mercado de físicos (subyacente) y los contratos adquiridos, de tal forma que lo que se gane en el mercado de futuros sea la misma cantidad de lo perdido en el portafolio o viceversa; para el presente caso, si no hubiéramos tenido en cuenta la delta de correlación entre ambos productos, es muy probable que hubiesen existido grandes diferencias entre uno y otro mercado al término de cada operación.

Para el segundo período:

Fecha	Portafolio de Acciones (\$)	Indice de Precios y cotizaciones
01-Abr-97	2,230,256.80	3747.980
01-Jun-97	2,361,662.94	3968.810 Venta
01-Jul-97	2,652,740.38	4457.970 Compra

Situación al final: 291,077.44 -\$ 291,944.14

Comportamientos para el tercer período:

Fecha	Portafolio de Acciones (\$)	Indice de Precios y cotizaciones
01-Jul-97	2,652,740.38	4457.970
01-Sep-97	2,766,062.78	4648.410 Venta
01-Oct-97	3,166,588.81	5321.500 Compra

Situación al final: 400,526.03 -\$ 394,762.24

En este período notamos un margen de diferencia mayor al de los anteriores, el cuál se originó porque la información de la delta fue menos precisa debido a los movimientos abruptos que mostró el IPC durante las fechas comprendidas; y en un segundo plano por los tipos de cambio que se presentaron al inicio y al final de los contratos.

Comportamientos para el cuarto período:

Fecha	Portafolio de Acciones (\$)	Indice de Precios y cotizaciones
01-Oct-97	3,166,588.81	5183.067 Venta
01-Dic-97	2,960,146.15	4974.570
01-Ene-98	3,194,865.23	5229.350 Compra
Situación al final:		28,276.42 -\$ 28,058.82

Para este último caso, al igual que en los tres primeros, se obtiene una paridad casi exacta al cancelar la posición en el mercado de futuros con respecto a lo que se gana en el mercado de físicos (el portafolio de las acciones); sin embargo, se obtiene una ganancia real e independiente al cancelar la posición en el mercado de opciones sobre futuros que corresponde a un monto íntegro de \$ 128,225.79 pesos, lo cuál además, compensa a todas las pérdidas que se habían obtenido con anterioridad.

12.8 Opciones sobre futuros del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)

En el siguiente cuadro se muestra esta vez un ejemplo de cálculo de la volatilidad para el índice nacional de precios al consumidor según su comportamiento en los últimos 12 meses : (Índices finales de cada mes publicados por el Banco de México)

Se calculará la volatilidad histórica para cada año anterior al mes de contratación de cada opción.

Fecha	Indice mensual al cierre (pts.)	$R_t = \ln (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Ene-97	205.541				
28-Feb-97	208.995	0.016664801	0.010963668	0.005701133	3.25029E-05
31-Mar-97	211.596	0.012368468	0.010963668	0.0014048	1.97346E-06
30-Abr-97	213.882	0.010745665	0.010963668	-0.000218003	4.75252E-08
31-May-97	215.834	0.009085133	0.010963668	-0.001878535	3.52889E-06
30-Jun-97	217.749	0.00883343	0.010963668	-0.002130238	4.53791E-06
31-Jul-97	219.646	0.008674136	0.010963668	-0.002289531	5.24195E-06
31-Ago-97	221.599	0.008852283	0.010963668	-0.002111385	4.45795E-06
30-Sep-97	224.359	0.012378005	0.010963668	0.001414338	2.00035E-06
31-Oct-97	226.152	0.007959892	0.010963668	-0.003003776	9.02267E-06
30-Nov-97	228.682	0.011125053	0.010963668	0.000161385	2.60451E-08
31-Dic-97	231.886	0.013913479	0.010963668	0.002949812	8.70139E-06
Suma :		0.120600344		Suma :	7.20411E-05

$$\bar{r} \text{ media} = 0.120600344 / 11 = 0.010963668$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0000720411 = 0.0000072041 : 0.0007\%$$

$$v = \sqrt{0.000007204} = 0.002684 = 0.2684\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.002684 = 0.0092978 = 0.9298\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al primer periodo de contratación de las opciones sobre futuros.

A pesar de que actualmente en el mercado financiero mexicano este tipo de contratos aún no cuenta con liquidez, su manejo y operación sería muy semejante al de los contratos de futuros sobre el IPC.

A continuación, a manera ilustrativa, se realizarán ejemplos para opciones call y put europeas sobre futuros referidos al INPC. Analizaremos el caso de las opciones call y put simultáneamente, para mostrar su desarrollo y concluir sobre cada una de ellas.

Suponemos que se compran cinco contratos de opciones en cada uno de los trimestres de 1998 con un vencimiento de 60 días; dichos contratos de opciones se refieren a su vez a cinco contratos de futuros sobre el I.N.P.C.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del INPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667
 Precio al que cotiza el índice actualmente 231.886 01 de Enero de 1998.
 El precio de ejercicio de la opción es de 231.886
 El tipo de interés a corto plazo es del 20.4816% 01 de Enero de 1998.
 La volatilidad estimada para el IPC es de: 0.9298%
 El número de periodos de la opción es: 4

Cada punto base equivale a \$ 50.00 pesos. (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Se realizan los cálculos necesarios para cada una de las variables al igual que para las opciones sobre tipos de interés, lo que nos llevará a obtener el costo de cada una de las opciones.

$$r = \ln(1 + 0.204816) = 0.18633 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.009298 \cdot (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0019 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0019 = 0.9981 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18633 \cdot (60 / 360) / 4} = 1.0078 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9981}{1.0019 - 0.9981} = 0.5000$$

$$1 - p = 0.5000$$

Aunque parezca repetitivo, en esta ocasión al desarrollar el árbol del subyacente nos daremos cuenta que debido a que los parámetros "u" y "d" -que representan respectivamente el factor asociado al movimiento multiplicativo al alza y baja del subyacente- serán muy similares, tendremos en el árbol de desarrollo del futuro variaciones no tan contrastantes hacia arriba y abajo de su precio actual. Lo mismo sucederá con los diagramas para conocer el costo de cada opción: notaremos que "p" y "1-p" -que son los factores asociados a los movimientos ascendentes y descendentes del árbol del activo subyacente- también serán prácticamente idénticos en cada uno de los análisis, lo que influirá en forma positiva para obtener un precio más real de las opciones.

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				233.6534
			233.2103	
		232.7680		232.7672
	232.3266		232.3258	
231.8860		231.8852		231.8843
	231.4454		231.4446	
		231.0057		231.0049
			230.5668	
				230.1287

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo mediante la siguiente expresión:

$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				1.7674
			1.3141	
		0.8689		0.8812
	0.5387		0.4372	
0.3206		0.2169		0.0000
	0.1076		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 0.3206 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas y multiplicados éstos por su valor en pesos.

Diagrama para calcular el costo de la opción put con base al obtenido para el desarrollo del activo subyacente:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0004		0.0000
	0.1082		0.0008	
0.3206		0.2177		0.0017
	0.5380		0.4380	
		0.8667		0.8811
			1.3090	
				1.7573

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción put costaría 0.3206 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas, por su valor en pesos.

Como esperábamos, el costo de la opción de venta coincide al de la opción de compra, puesto que ambas manejan el mismo precio de ejercicio y las estamos valorando de manera simultánea, es decir, considerando exactamente las mismas circunstancias para cada una en el momento presente.

Ahora bien, como las opciones vencen anticipadamente a los contratos de futuros para poder operar a estos últimos, realizaremos los cálculos para conocer el costo final de la prima de la opción al momento de su vencimiento.

La volatilidad empleada para este cálculo es el promedio del primer y segundo períodos:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del INPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667
 Precio al que cotiza el índice actualmente 241.079 01 de Marzo de 1998.
 El precio de ejercicio de la opción es de 231.886
 El tipo de interés a corto plazo es del 20.5160% 01 de Marzo de 1998.
 La volatilidad estimada para el IPC es de: 1.1995%
 El número de períodos de la opción es: 4
 Cada punto base equivale a \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln(1 + 0.205160) = 0.18661 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.011995 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0025 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0025 = 0.9975 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18661 * (60 / 360) / 4} = 1.0078 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9975}{1.0025 - 0.9975} = 0.4898$$

$$1 - p = 0.5102$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				243.4988
			242.8916	
		242.2859		242.2844
	241.6817		241.6802	
241.0790		241.0775		241.0760
	240.4763		240.4748	
		239.8751		239.8736
			239.2754	
				238.6772

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
- C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
- C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				11.6128
			10.9081	
		10.2152		10.3984
	9.5339		9.7062	
8.8640		9.0256		9.1900
	8.3564		8.5102	
		7.8418		7.9876
			7.3201	
				6.7912

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 8.8640 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas y multiplicados éstos por su valor equivalente en pesos.

Diagrama para calcular el costo de la opción put con base al obtenido para el desarrollo del activo subyacente:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
0.0000		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Como podemos observar en el diagrama anterior, la prima de la opción de venta equivalente a la de compra en el momento presente no cuenta con valor alguno, ya que las condiciones a la fecha motivan totalmente la venta del activo subyacente al precio de mercado.

Volatilidad histórica que correspondería al segundo período de contratación de las opciones sobre el I.N.P.C.

Fecha	Indice mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \ln (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
30-Abr-97	213.882				
31-May-97	215.834	0.009085133	0.011940559	-0.002855426	8.15346E-06
30-Jun-97	217.749	0.00883343	0.011940559	-0.003107129	9.65425E-06
31-Jul-97	219.646	0.008674136	0.011940559	-0.003266422	1.06695E-05
31-Ago-97	221.599	0.008852283	0.011940559	-0.003088276	9.53745E-06
30-Sep-97	224.359	0.012378005	0.011940559	0.000437447	1.9136E-07
31-Oct-97	226.152	0.007959892	0.011940559	-0.003980666	1.58457E-05
30-Nov-97	228.682	0.011125053	0.011940559	-0.000815506	6.6505E-07
31-Dic-97	231.886	0.013913479	0.011940559	0.001972921	3.89242E-06
31-Ene-98	236.931	0.021523088	0.011940559	0.009582529	9.18249E-05
28-Feb-98	241.079	0.017355721	0.011940559	0.005415163	2.9324E-05
31-Mar-98	243.903	0.011645925	0.011940559	-0.000294634	8.68091E-08
Suma :		0.131346144		Suma :	0.000179845

$$\bar{r} \text{ media} = 0.131346144 / 11 = 0.011940559$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.000179845 = 0.0000179845 = 0.0018\%$$

$$v = \sqrt{0.0000179845} = 0.0042408 = 0.424\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.0042408 = 0.0146906 = 1.469\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al segundo período de contratación de las opciones sobre futuros.

Seguiremos considerando que el inversionista requiere de los siguientes cinco contratos de futuros sobre el INPC.

A continuación, a manera ilustrativa, se realizarán las operaciones para opciones call y put sobre futuros.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del INPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667
 Precio al que cotiza el índice actualmente 243.903 01 de Abril de 1998.
 El precio de ejercicio de la opción es de 243.903
 El tipo de interés a corto plazo es del 21.6893% 01 de Abril de 1998.
 La volatilidad estimada para el IPC es de: 1.4690%
 El número de períodos de la opción es: 4
 Cada punto base equivale a \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln(1 + 0.216893) = 0.19630 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.014691 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0030 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0030 = 0.9970 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.19630 \cdot (60/360)/4} = 1.0082 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9970}{1.0030 - 0.9970} = 0.5000$$

$$1 - p = 0.5000$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				246.8430
			246.1047	
		245.3686		245.3664
	244.6347		244.6325	
243.9030		243.9008		243.8986
	243.1713		243.1691	
		242.4418		242.4396
			241.7145	
				240.9894

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				2.9400
			2.1838	
		1.4429		1.4634
	0.8941		0.7257	
0.5319		0.3599		0.0000
	0.1785		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 0.5319 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas, multiplicados por su valor en pesos.

Diagrama para calcular el costo de la opción put con base al obtenido para el desarrollo del activo subyacente:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0011		0.0000
	0.1801		0.0022	
0.5319		0.3621		0.0044
	0.8925		0.7279	
		1.4375		1.4634
			2.1707	
				2.9136

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción put costaría los mismos 0.5319 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas.

Para este caso, la volatilidad empleada es el promedio del segundo y tercer períodos:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del INPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667
 Precio al que cotiza el índice actualmente 248.146 01 de Junio de 1998.
 El precio de ejercicio de la opción es de 243.903
 El tipo de interés a corto plazo es del 19.8886% 01 de Junio de 1998.
 La volatilidad estimada para el IPC es de: 1.4570%
 El número de períodos de la opción es: 4
 Cada punto base equivale a \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln(1 + 0.198886) = 0.18139 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.014570 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0030 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0030 = 0.9970 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18139 \cdot (60/360) / 4} = 1.0076 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9970}{1.0030 - 0.9970} = 0.5000$$

$$1 - p = 0.5000$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				251.1372
			250.3860	
		249.6371		249.6349
	248.8904		248.8882	
248.1460		248.1438		248.1416
	247.4016		247.3994	
		246.6594		246.6572
			245.9194	
				245.1816

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				7.2342
			6.4342	
		5.6480		5.7319
	4.8755		4.9476	
4.1165		4.1771		4.2386
	3.4201		3.4700	
		2.7150		2.7542
			2.0012	
				1.2786

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 4.1165 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas.

Diagrama para calcular el costo de la opción put con base al obtenido para el desarrollo del activo subyacente:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
0.0000		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Como podemos observar en el diagrama anterior, la prima de la opción de venta equivalente a la de compra en el momento presente no cuenta con valor alguno, ya que las circunstancias a la fecha motivan totalmente la venta del activo subyacente al precio de mercado.

Volatilidad histórica que correspondería al tercer período de contratación de las opciones sobre el I.N.P.C.

Fecha	Indice mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \ln(S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Jul-97	219.646				
31-Ago-97	221.599	0.008852283	0.012159134	-0.003306851	1.09353E-05
30-Sep-97	224.359	0.012378005	0.012159134	0.000218872	4.79047E-08
31-Oct-97	226.152	0.007959892	0.012159134	-0.004199242	1.76336E-05
30-Nov-97	228.682	0.011125053	0.012159134	-0.001034081	1.06932E-06
31-Dic-97	231.886	0.013913479	0.012159134	0.001754346	3.07773E-06
31-Ene-98	236.931	0.021523088	0.012159134	0.009363954	8.76836E-05
28-Feb-98	241.079	0.017355721	0.012159134	0.005196587	2.70045E-05
31-Mar-98	243.903	0.011645925	0.012159134	-0.000513209	2.63384E-07
30-Abr-98	246.185	0.009312681	0.012159134	-0.002846453	8.1023E-06
31-May-98	248.146	0.007933997	0.012159134	-0.004225137	1.78518E-05
30-Jun-98	251.079	0.011750348	0.012159134	-0.000408786	1.67106E-07
Suma :		0.133750471		Suma :	0.000173837

$$\bar{r} \text{ media} = 0.133750471 / 11 = 0.012159134$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.000173837 = 0.0000173837 = 0.0017\%$$

$$v = \sqrt{0.0000173837} = 0.00416937 = 0.417\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.00416937 = 0.0144431 = 1.445\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al tercer período de contratación de las opciones sobre futuros.

Tercer período para la adquisición de las opciones sobre futuros:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del INPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667
 Precio al que cotiza el índice actualmente 251.079 01 de Julio de 1998.
 El precio de ejercicio de la opción es de 251.079
 El tipo de interés a corto plazo es del 21.4695% 01 de Julio de 1998.
 La volatilidad estimada para el IPC es de: 1.4450%
 El número de periodos de la opción es: 4
 Cada punto base equivale a \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln (1 + 0.214695) = 0.19449 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.014443 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0029 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0029 = 0.9971 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.19449 * (60 / 360) / 4} = 1.0081 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9971}{1.0029 - 0.9971} = 0.5000$$

$$1 - p = 0.5000$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				254.0042
			253.2697	
		252.5373		252.5352
	251.8071		251.8050	
251.0790		251.0769		251.0748
	250.3509		250.3488	
		249.6249		249.6228
			248.9010	
				248.1792

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				10.1012
			9.2914	
		8.4961		8.6322
	7.7151		7.8385	
6.9481		7.0591		7.1718
	6.2937		6.3940	
		5.6303		5.7198
			4.9578	
				4.2762

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 6.9481 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas.

Diagrama para calcular el costo de la opción put con base al obtenido para el desarrollo del activo subyacente:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
0.0000		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Como podemos observar en el diagrama anterior, la prima de la opción de venta equivalente a la de compra en el momento presente no cuenta con valor alguno, ya que las circunstancias a la fecha motivan la venta del activo subyacente al precio de mercado.

La volatilidad empleada para este cálculo es el promedio del tercer y cuarto períodos:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del INPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667

Precio al que cotiza el índice actualmente 255.937 01 de septiembre de 1998.

El precio de ejercicio de la opción es de 251.079

El tipo de interés a corto plazo es del 25.7807% 01 de septiembre de 1998.

La volatilidad estimada para el IPC es de: 1.4380%

El número de períodos de la opción es: 4

Cada punto base equivale a \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln(1 + 0.257807) = 0.22937 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.014380 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0029 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0029 = 0.9971 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.22937 \cdot (60/360)/4} = 1.0096 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9971}{1.0029 - 0.9971} = 0.5000$$

$$1 - p = 0.5000$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				259.0220
			258.2473	
		257.4749		257.4726
	256.7048		256.7025	
255.9370		255.9347		255.9324
	255.1692		255.1669	
		254.4037		254.4014
			253.6405	
				252.8796

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				15.1190
			14.2361	
		13.3680		13.5696
	12.5143		12.7030	
11.6750		11.8509		12.0294
	11.0132		11.1789	
		10.3429		10.4984
			9.6641	
				8.9766

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 11.6750 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas.

Diagrama para calcular el costo de la opción put con base al obtenido para el desarrollo del activo subyacente:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
0.0000		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Como podemos observar en el diagrama anterior, la prima de la opción de venta equivalente a la de compra en el momento presente no cuenta con valor alguno, ya que las circunstancias a la fecha motivan la venta del activo subyacente al precio de mercado.

Volatilidad histórica que correspondería al cuarto período de contratación de las opciones sobre el I.N.P.C.

Fecha	Indice mensual al cierre (ptje.)	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
31-Oct-97	226.152				
30-Nov-97	228.682	0.011125053	0.012710245	-0.001585192	2.51284E-06
31-Dic-97	231.886	0.013913479	0.012710245	0.001203234	1.44777E-06
31-Ene-98	236.931	0.021523088	0.012710245	0.008812843	7.76662E-05
28-Feb-98	241.079	0.017355721	0.012710245	0.004645476	2.15804E-05
31-Mar-98	243.903	0.011645925	0.012710245	-0.00106432	1.13278E-06
30-Abr-98	246.185	0.009312681	0.012710245	-0.003397565	1.15434E-05
31-May-98	248.146	0.007933997	0.012710245	-0.004776248	2.28125E-05
30-Jun-98	251.079	0.011750348	0.012710245	-0.000959897	9.21402E-07
31-Jul-98	253.500	0.009596192	0.012710245	-0.003114053	9.69732E-06
31-Ago-98	255.937	0.009567497	0.012710245	-0.003142748	9.87686E-06
30-Sep-98	260.088	0.016088715	0.012710245	0.00337847	1.14141E-05
Suma :		0.139812696		Suma :	0.000170606

$$\bar{r} \text{ media} = 0.139812696 / 11 = 0.012710245$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.000170606 = 0.0000170606 = 0.0017\%$$

$$v = \sqrt{0.000017061} = 0.0041305 = 0.413\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.0041305 = 0.0143084 = 1.431\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al cuarto período de contratación de las opciones sobre futuros.

Comienza el cuarto y último período de la cobertura anual:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del INPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667
 Precio al que cotiza el índice actualmente 260.088 01 de octubre de 1998.
 El precio de ejercicio de la opción es de 260.088
 El tipo de interés a corto plazo es del 42.0395% 01 de octubre de 1998.
 La volatilidad estimada para el IPC es de: 1.4310%
 El número de períodos de la opción es: 4
 Cada punto base equivale a \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln(1 + 0.420395) = 0.35094 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.014310 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0029 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0029 = 0.9971 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.35094 \cdot (60/360)/4} = 1.0147 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9971}{1.0029 - 0.9971} = 0.5000$$

$$1 - p = 0.5000$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				263.1181
			262.3573	
		261.5987		261.5964
	260.8423		260.8400	
260.0880		260.0858		260.0836
	259.3337		259.3316	
		258.5816		258.5795
			257.8317	
				257.0840

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				3.0301
			2.2364	
		1.4683		1.5084
	0.9040		0.7433	
0.5344		0.3663		0.0000
	0.1805		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 0.5344 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas.

Diagrama para calcular el costo de la opción put con base al obtenido para el desarrollo del activo subyacente:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0011		0.0000
	0.1856		0.0022	
0.5483		0.3732		0.0044
	0.9200		0.7503	
		1.4819		1.5085
			2.2379	
				3.0040

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 0.5483 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas.

La volatilidad empleada en este cálculo es un promedio estimado con base a todas las anteriores.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre el futuro del INPC.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667
 Precio al que cotiza el índice actualmente 268.487 01 de diciembre de 1998.
 El precio de ejercicio de la opción es de 260.088
 El tipo de interés a corto plazo es del 34.7758% 01 de diciembre de 1998.
 La volatilidad estimada para el IPC es de: 1.3390%
 El número de períodos de la opción es: 4
 Cada punto base equivale a \$ 50.00 pesos.

$$r = \ln(1 + 0.347758) = 0.29844 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.013390 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0027 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0027 = 0.9973 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.29844 * (60 / 360) / 4} = 1.0125 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9973}{1.0027 - 0.9973} = 0.4997$$

$$1 - p = 0.5003$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del futuro partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				271.3984
			270.6676	
		269.9388		269.9369
	269.2119		269.2100	
268.4870		268.4851		268.4831
	267.7621		267.7602	
		267.0391		267.0372
			266.3181	
				265.5990

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				11.3104
			10.4486	
		9.6083		9.8489
	8.7890		9.0090	
7.9903		8.1902		8.3951
	7.3921		7.5770	
		6.7797		6.9492
			6.1528	
				5.5110

Las unidades en las que se desarrolla el árbol se expresan en "puntos base o básicos".

Es decir, utilizando la terminología al uso en los mercados de opciones sobre instrumentos de interés, la opción call costaría 7.9903 puntos básicos (pbs) para cada una de las opciones contratadas.

Diagrama para calcular el costo de la opción put con base al obtenido para el desarrollo del activo subyacente:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
0.0000		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Una vez más, podemos observar cómo en el diagrama anterior la prima de la opción de venta equivalente a la de compra en el momento presente no cuenta con valor alguno, ya que las circunstancias a la fecha motivan la venta del activo subyacente al precio de mercado.

12.9 Esquemas de cancelación de cada posición en opciones del I.N.P.C.

Al liquidar las posiciones adquiridas con cada opción mediante la operación contraria, en este caso, la venta de opciones call, obtenemos un diferencial expresado en puntos del índice que podemos adicionar o restar a cada futuro para obtener utilidades ó pérdidas reales al convertirlas en unidades monetarias.

Para el caso de la primer opción, obtenemos el siguiente resultado:

Compra de 5 contratos call a :	0.3206
Venta de 5 contratos call a :	<u>8.8640</u>
Utilidad / pérdida por cada opción:	8.5434 puntos
No. de contratos utilizados :	5
Valor de cada punto del índice :	<u>\$ 50.00</u>
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ 2,135.85

Al liquidar los primeros cinco contratos de opciones, obtenemos una ganancia de 8.5434 puntos del índice, resultado que se debe a que la prima de la opción se incrementó al transcurrir el plazo para su vencimiento.

Para el segundo caso de opciones tendremos que:

Compra de 5 contratos call a :	0.5319
Venta de 5 contratos call a :	<u>4.1165</u>
Utilidad / pérdida por cada opción:	3.5846 puntos
No. de contratos utilizados :	5
Valor de cada punto del índice :	<u>\$ 50.00</u>
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ 896.15

Al liquidar los posteriores cinco contratos de opciones, obtenemos ahora una ganancia de 3.5846 puntos del índice; tal resultado no es tan amplio como en el primer caso puesto que en el presente período la prima de la opción call no tuvo las condiciones propicias para incrementarse en forma mayor a su vencimiento.

Liquidación de las opciones contratadas en la fecha 01 de julio ' 98.

Compra de 5 contratos call a :	6.9481
Venta de 5 contratos call a :	<u>11.6750</u>
Utilidad / pérdida por cada opción:	4.7269 puntos
No. de contratos utilizados :	5
Valor de cada punto del índice :	<u>\$ 50.00</u>
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ 1,181.73

Liquidación de las opciones contratadas en la fecha 01 de octubre ' 98.

Compra de 5 contratos call a :	0.5344
Venta de 5 contratos call a :	<u>7.9903</u>
Utilidad / pérdida por cada opción:	7.4559 puntos
No. de contratos utilizados :	5
Valor de cada punto del índice :	<u>\$ 50.00</u>
Utilidad / pérdida total en pesos :	\$ 1,863.98

Al liquidar las últimas cinco contratos de opciones, obtenemos ahora una ganancia de 7.4559 puntos del índice; tal resultado tal vez no sea sorprendente en cuanto a su magnitud, pero debemos considerar que normalmente una opción call sobre el I.N.P.C. permitirá beneficios a su poseedor en un ambiente de inflación constante, como el de nuestro país. Sucederá normalmente lo contrario en lo referente a las opciones de venta.

12.10 Esquemas de cancelación de cada posición en los futuros con opciones del I.N.P.C.

Ahora se harán las cancelaciones correspondientes a cada uno de los contratos de futuros adicionando el resultado de la cobertura con la opción al momento de entrar con la posición larga en dicho mercado.

Precio del futuro al contratar la opción:	231.886 01 de enero ' 98.
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	231.886 Opción de compra.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	241.079 01 de marzo ' 98.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	8.5434 puntos
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	232.5356 Compra
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	243.903 Venta (01 de abril ' 98)
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice:	11.3674
Por número de contratos comprados:	5
Valor en pesos de cada punto del índice:	<u>\$ 50.00</u>
Resultado expresado en pesos :	\$ 2,841.85

En este caso, por medio de la opción obtenemos una ganancia neta en puntos del INPC que para el caso de las call podrá disminuirse de la cotización que nos ofrece el mercado de futuros en la fecha para entrar a él. Esto es así porque al perder la posibilidad de ejercer la opción liquidándola, obtendremos en el mercado de futuros un beneficio que será más ventajoso (compraríamos a 232.5356 contra 233.489 por el costo que representó la prima de las opciones), lo que equivale finalmente a una ganancia real de \$2,841.85 pesos que se adicionan a la ganancia en pesos de la operación con las opciones, que fué de \$2,135.85.

Para el caso de los siguientes cinco contratos de futuros, obtenemos:

Precio del futuro al contratar la opción:	243.903 01 de abril ' 98.
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	243.903 Opción de compra.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	248.146 01 de junio ' 98.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	3.5846 puntos
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	244.5614 Compra
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	251.079 Venta (01 de julio ' 98)
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice:	6.5176
Por número de contratos comprados:	5
Valor en pesos de cada punto del índice:	<u>\$ 50.00</u>
Resultado expresado en pesos :	\$ 1,629.40

En cuanto a la operación y liquidación de los futuros de fecha 01 de julio ' 98:

Precio del futuro al contratar la opción:	251.079 01 de julio ' 98.
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	251.079 Opción de compra.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	255.937 01 de septiembre ' 98.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	4.7269 puntos
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	251.2101 Compra
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	260.088 Venta (01 de octubre ' 98)
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice:	8.8779
Por número de contratos comprados:	5
Valor en pesos de cada punto del índice:	<u>\$ 50.00</u>
Resultado expresado en pesos :	\$ 2,219.48

Analizemos lo que hubiera sucedido si en el caso anterior hubiésemos ejercido el derecho que confiere la opción call, al comprar el futuro al precio de 251.079. En primer lugar, consideremos que el costo de la prima de dicha opción fué de 6.9481 puntos, lo que nos resultaba en realidad implicaba hacer la compra en 258.027 puntos, que de entrada rebasa el precio actual del futuro en la fecha 01/sept/98.

Después, al vender la posición en futuros, la cotización en la fecha 01/oct/98, nos hubiese dado una ganancia de 2.061 puntos, que convertida en pesos, sería sólo de \$515.23 pesos.

Operación y liquidación de los futuros de fecha 01 de octubre ' 98:

Precio del futuro al contratar la opción:	260.088 01 de octubre ' 98.
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	260.088 Opción de compra.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	268.487 01 de diciembre ' 98.
Utilidad / pérdida obtenida con la opción :	7.4559 puntos.
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	261.0311 Compra
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	275.038 Venta (01 de Enero' 99).
Utilidad / pérdida expresada en puntos del índice:	14.0069
Por número de contratos comprados:	5
Valor en pesos de cada punto del índice:	\$ 50.00
Resultado expresado en pesos :	\$ 3,501.73

Al haber utilizado opciones de compra para cada uno de los cuatro casos, obtenemos ganancias tanto en la liquidación de dichas opciones como en el finiquito de las operaciones en el mercado de futuros. Esto es debido a que el subyacente I.N.P.C siempre tendió hacia el alza, por lo tanto, todas las opciones call se encontraban dentro del dinero a su vencimiento y en consecuencia con una prima mayor a la originalmente pagada.

Por otro lado, sucedió lo inverso para las opciones put: debido al comportamiento ascendente del INPC, tales opciones siempre expiraban muy fuera del dinero al término de cada uno de sus plazos y consecuentemente con una prima muy baja, llegando inclusive a cero como se observó en algunos casos.

13. - OPCIONES SOBRE MERCANCIAS O PRODUCTOS PERECEDEROS (COMMODITIES)

13.1 Una breve historia de las commodities

La idea generalizada de que las opciones equivalen a innovación financiera oculta una larga historia de este tipo de contratos. Es verdad que los contratos de opción son una de las piezas fundamentales de un mercado financiero moderno, sin embargo, retrocediendo en el tiempo, conviene señalar que los fenicios, los griegos y los romanos negociaban contratos con cláusulas de opción sobre las mercancías que transportaban en sus embarcaciones. Por ejemplo, Katz (1990) nos describe la anécdota de la importante ganancia que obtuvo el famoso filósofo, matemático y astrólogo griego Thales, invirtiendo en opciones sobre aceitunas basándose en una previsión acertada de la cosecha.

En Holanda, en el Siglo XVII, se negociaban opciones para comprar o vender raíces de tulipán en una fecha futura predeterminada. Mediante estos contratos, los comerciantes holandeses se aseguraban el precio de compra de las partidas de tulipanes que deberían servir a sus clientes en el futuro y los agricultores podían comprar el derecho de vender su cosecha futura a un precio predeterminado (Commodities de venta).

Actualmente, en los grandes mercados de productos financieros, se negocian opciones sobre una gran cantidad de mercancías y de productos no precisamente financieros, tan diversos como los siguientes: onzas de oro y de plata, maíz, trigo, petróleo, tabaco, etc. Además, en muchas casas de bolsa se encuentra que las commodities pueden estar referidas indirectamente al producto principal; esto es, la posibilidad de que el activo o mercancía principal esté enmarcado por un contrato de futuros, lo que concede en estas ocasiones poder especular con sus movimientos a los inversionistas que así lo deseen, u obtener una cobertura que amplíe las posibilidades de distintos manejos sobre la misma.

13.2 Ejemplos de opciones commodities

Lo que trataremos ahora es analizar algunos ejemplos sobre esta gama de opciones por medio del adoptado método que hemos utilizado en este trabajo; en el primer ejemplo, la aplicación será directa sobre un producto agrícola: el maíz; en el segundo, veremos la aplicación para una commodity que a su vez hace referencia a un futuro del petróleo.

Ambos contratos, aunque sus datos no son exactamente apegados a la realidad, se manejan actualmente en el apenas recién iniciado Mercado Mexicano de Derivados (MEXDER), y se espera que poco a poco se aumente el número de posiciones y productos que se ofertan.

Opciones sobre mercancías y productos perecederos (Commodities)

Supongamos que una empresa agricultora desea adquirir una tonelada de maíz durante cada uno de los siguientes cuatro trimestres. Se realiza el contrato y se estipula que podrá pagar hasta el momento de la entrega de la mercancía. Esta operación está expuesta a que el precio del producto aumente al llegar el plazo en el cuál debe cubrir su deuda por tal operación; por lo tanto, decide adquirir una "commodity" para asegurar un precio máximo de compra. Al mismo tiempo, analizaremos el caso inverso, es decir, la venta trimestral de una tonelada de maíz mediante commodities de venta.

Las características del contrato se muestran a continuación:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre maíz.

Plazo en años de la opción: tres meses = 0.250 años.
Precio al que cotiza cada Kg. de maíz \$ 3.00 01 de Enero de 1997.
El precio de ejercicio de la opción es de \$ 3.25 pesos
El tipo de interés a corto plazo es del 29.9192% 01 de Enero de 1997.
La volatilidad estimada para el producto es: 17.844% *
El número de períodos de la opción es: 4
Cada contrato de opción tiene un tamaño de 100 Kgs. de maíz.

* Nota: ante la imposibilidad de encontrar datos históricos reales para el cálculo de la volatilidad, este valor no es real.

$$r = \ln (1 + 0.299192) = 0.26174 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.17844 * (0.250 / 4)^{1/2}} = 1.0456 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0456 = 0.9564 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.26174 * (90 / 360) / 4} = 1.0165 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{R - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1.0165 - 0.9564}{1.0456 - 0.9564} = 0.6736 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.3264 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Una vez obtenidas las variables necesarias para los cálculos de cada diagrama de árbol, se procede al cálculo del primero de ellos, que será el del desarrollo proyectado para el activo subyacente.

En este caso, sabemos que tal activo se trata del maíz y que se valorará cada período partiendo de su precio actual de mercado.

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del producto partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 3.586
			\$ 3.430	
		\$ 3.280		\$ 3.280
	\$ 3.137		\$ 3.137	
\$ 3.000		\$ 3.000		\$ 3.000
	\$ 2.869		\$ 2.869	
		\$ 2.744		\$ 2.744
			\$ 2.624	
				\$ 2.510

Como en todos los casos de valoración de opciones, el árbol anterior considera en un principio el precio actual del activo subyacente y proyecta su posible evolución a través del número de períodos que tiene la opción. Como se había mencionado, las cantidades del árbol se expresan directamente en pesos por Kg. de maíz.

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo mediante la siguiente expresión:

$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1 - p) \cdot C_{td}]$$

- donde:

C_{t-1}
:
Valor de la opción en un nudo de t-1.

C_{tu}
:
Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".

C_{td}
:
Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 0.336
			\$ 0.232	
		\$ 0.160		\$ 0.030
	\$ 0.110		\$ 0.020	
\$ 0.076		\$ 0.013		\$ 0.000
	\$ 0.009		\$ 0.000	
		\$ 0.000		\$ 0.000
			\$ 0.000	
				\$ 0.000

Es decir, vemos que al terminar el desarrollo de este segundo árbol para conocer el precio que tendría la opción call, sería de \$0.076 pesos por cada Kilo de maíz amparado por la opción. Por lo tanto, como cada commodity integra sólo 100 Kgs. de producto y ocuparemos un total de 1,000 Kgs., entonces adquiriremos 10 contratos, por lo que el costo total de la cobertura será de \$ 76.00 pesos.

A efecto de conocer el impacto que tendría el caso inverso, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que utilizamos para el árbol de la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción de venta commodity:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 0.000
			\$ 0.000	
		\$ 0.026		\$ 0.000
\$ 0.120	\$ 0.068		\$ 0.080	
	\$ 0.234	\$ 0.159		\$ 0.250
		\$ 0.401	\$ 0.328	
			\$ 0.573	\$ 0.506
				\$ 0.740

Es decir, vemos que al terminar el desarrollo del árbol para conocer el precio que tendría la opción put, éste sería de \$0.120 pesos por cada Kg. de maíz en la opción.

Por lo tanto, como ocuparemos un total de 10 contratos, entonces el costo total de la cobertura será de \$ 120.00 pesos.

13.3 La paridad put - call en las opciones sobre mercancías o commodities.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (S - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 0.076 - 3 + \frac{3.25}{1.0165^4} = 0.120$$

Que es precisamente el valor que encontramos para la opción de venta en el diagrama de árbol correspondiente.

Segundo período de contratación de las commodities a los precios y condiciones actuales del mercado:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre maíz.

Plazo en años de la opción: tres meses = 0.250 años.
 Precio al que cotiza cada Kg. de maíz \$ 3.30 01 de Abril de 1997.
 El precio de ejercicio de la opción es de \$ 3.30 pesos
 El tipo de interés a corto plazo es del 23.9508% 01 de Abril de 1997.
 La volatilidad estimada para el producto es: 16.377% *
 El número de periodos de la opción es: 4
 Cada contrato de opción tiene un tamaño de 100 Kgs. de maíz.

* Nota: ante la imposibilidad de encontrar datos históricos reales para el cálculo de la volatilidad, este valor no es real.

$$r = \ln (1 + 0.239508) = 0.21471 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.16377 * (0.250 / 4)^{1/2}} = 1.0418 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0418 = 0.9599 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.21471 * (90 / 360) / 4} = 1.0135 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{R - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1.0135 - 0.9599}{1.0418 - 0.9599} = 0.6545 \text{ (Probabilidad asociada al factor de alza del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.3455 \text{ (Probabilidad asociada al factor de baja del subyacente para calcular el valor de la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 3.887
			\$ 3.731	
		\$ 3.582		\$ 3.582
	\$ 3.438		\$ 3.438	
\$ 3.300		\$ 3.300		\$ 3.300
	\$ 3.168		\$ 3.168	
		\$ 3.041		\$ 3.041
			\$ 2.919	
				\$ 2.802

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 0.587
			\$ 0.475	
		\$ 0.369		\$ 0.282
	\$ 0.278		\$ 0.182	
\$ 0.206		\$ 0.117		\$ 0.000
	\$ 0.076		\$ 0.000	
		\$ 0.000		\$ 0.000
			\$ 0.000	
				\$ 0.000

Es decir, vemos que al terminar el desarrollo del segundo árbol para conocer el precio que tendría la opción call, éste sería de \$0.206 pesos por cada Kilo de maíz amparado por la opción.

Por lo tanto, como cada commodity integra sólo 100 Kgs. de producto y ocuparemos un total de 1,000 Kgs., entonces adquiriremos 10 contratos, por lo que el costo total de la cobertura será de \$ 206.00 pesos.

A efecto de conocer el impacto que tendría el caso inverso, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que utilizamos para el árbol de la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 0.000
			\$ 0.000	
		\$ 0.000		\$ 0.000
	\$ 0.010		\$ 0.000	
\$ 0.033		\$ 0.030		\$ 0.000
	\$ 0.078		\$ 0.088	
		\$ 0.172		\$ 0.259
			\$ 0.337	
				\$ 0.498

Es decir, vemos que al terminar el desarrollo del árbol para conocer el precio que tendría la opción put, éste sería de \$0.033 pesos por cada Kg. de maíz en la opción.

Por lo tanto, como ocuparemos un total de 10 contratos, entonces el costo total de la cobertura será de \$ 33.00 pesos.

Tercer período de contratación de las commodities a los precios y condiciones actuales del mercado:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre maíz.

Plazo en años de la opción: tres meses = 0.250 años.
 Precio al que cotiza cada Kg. de maíz \$ 3.70 01 de Julio de 1997.
 El precio de ejercicio de la opción es de \$ 3.70 pesos
 El tipo de interés a corto plazo es del 22.5316% 01 de Julio de 1997.
 La volatilidad estimada para el producto es: 16.561% *
 El número de períodos de la opción es: 4
 Cada contrato de opción tiene un tamaño de 100 Kgs. de maíz.

$$r = \ln(1 + 0.225316) = 0.20320 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.16561 * (0.250 / 4)^{1/2}} = 1.0423 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0423 = 0.9594 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.20320 * (90 / 360) / 4} = 1.0128 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{R - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1.0128 - 0.9594}{1.0423 - 0.9594} = 0.6440$$

$$1 - p = 0.3560$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 4.366
			\$ 4.189	
		\$ 4.019		\$ 4.019
	\$ 3.856		\$ 3.856	
\$ 3.700		\$ 3.700		\$ 3.700
	\$ 3.550		\$ 3.550	
		\$ 3.406		\$ 3.406
			\$ 3.268	
				\$ 3.135

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

donde:

- C_{t-1} : Valor de la opción en un nudo de t-1.
 C_{tu} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "u", de "t-1" a "t".
 C_{td} : Valor de la opción en t, cuando el precio del subyacente se multiplica por "d", de "t-1" a "t".

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 0.666
			\$ 0.536	
		\$ 0.412		\$ 0.319
	\$ 0.307		\$ 0.203	
\$ 0.224		\$ 0.129		\$ 0.000
	\$ 0.082		\$ 0.000	
		\$ 0.000		\$ 0.000
			\$ 0.000	
				\$ 0.000

Es decir, vemos que al terminar el desarrollo del segundo árbol para conocer el precio que tendría la opción call, éste sería de \$0.224 pesos por cada Kilo de maíz amparado por la opción.

Por lo tanto, como cada commodity integra sólo 100 Kgs. de producto y ocuparemos un total de 10 contratos, entonces el costo total de la cobertura será de \$ 224.00 pesos.

A efecto de conocer el impacto que tendría el caso inverso, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que utilizamos para el árbol de la opción

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 0.000
			\$ 0.000	
		\$ 0.000		\$ 0.000
	\$ 0.013		\$ 0.000	
\$ 0.041		\$ 0.036		\$ 0.000
	\$ 0.094		\$ 0.103	
		\$ 0.201		\$ 0.294
			\$ 0.385	
				\$ 0.565

Es decir, vemos que al terminar el desarrollo del árbol para conocer el precio que tendría la opción put, éste sería de \$ 0.041 pesos por cada Kg. de maíz en la opción.

Por lo tanto, como ocuparemos un total de 10 contratos, entonces el costo total de la cobertura será de \$ 41.00 pesos.

La paridad put - call en las opciones sobre mercancías o commodities.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la segunda opción put commodity:

$$P = 0.206 - 3.30 + \frac{3.30}{1.0135^4} = 0.033$$

Que es precisamente el valor que encontramos para la opción de venta en el diagrama de árbol correspondiente.

Ahora, verifiquemos la autenticidad del cálculo de la prima de la tercera opción put commodity:

$$P = 0.224 - 3.70 + \frac{3.70}{1.0128^4} = 0.041$$

Que es precisamente el valor que encontramos para la opción de venta en el diagrama de árbol obtenido en la página anterior.

Cuarto período de contratación de las commodities a los precios y condiciones actuales del mercado:

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre maíz.

Plazo en años de la opción: tres meses = 0.250 años.
 Precio al que cotiza cada Kg. de maíz \$ 4.00 01 de Octubre de 1997.
 El precio de ejercicio de la opción es de \$ 4.00 pesos
 El tipo de interés a corto plazo es del 20.2857% 01 de Octubre de 1997.
 La volatilidad estimada para el producto es: 23.638% *
 El número de períodos de la opción es: 4
 Cada contrato de opción tiene un tamaño de 100 Kgs. de maíz.

$$r = \ln(1 + 0.202857) = 0.18470 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.23638 * (0.250 / 4)^{1/2}} = 1.0609 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0609 = 0.9426 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18470 * (90 / 360) / 4} = 1.0116 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{R - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1.0116 - 0.9426}{1.0609 - 0.9426} = 0.5834$$

$$1 - p = 0.4166$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del índice partiendo de su precio actual y aplicando los factores "u" y "d" obtenidos anteriormente)

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 5.067
			\$ 4.776	
		\$ 4.502		\$ 4.502
	\$ 4.244		\$ 4.244	
\$ 4.000		\$ 4.000		\$ 4.000
	\$ 3.770		\$ 3.770	
		\$ 3.554		\$ 3.554
			\$ 3.350	
				\$ 3.158

Diagrama para la evolución del precio de la opción de compra ó "call" a través del método recursivo

mediante la siguiente expresión:
$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}]$$

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 1.067
			\$ 0.822	
		\$ 0.593		\$ 0.502
	\$ 0.411		\$ 0.289	
\$ 0.277		\$ 0.167		\$ 0.000
	\$ 0.096		\$ 0.000	
		\$ 0.000		\$ 0.000
			\$ 0.000	
				\$ 0.000

Es decir, vemos que al terminar el desarrollo del segundo árbol para conocer el precio que tendría la opción call, éste sería de \$0.277 pesos por cada Kilo de maíz amparado por la opción.

Por lo tanto, como cada commodity integra sólo 100 Kgs. de producto y ocuparemos un total de 10 contratos, entonces el costo total de la cobertura será de \$ 277.00 pesos.

A efecto de conocer el impacto que tendría el caso inverso, podemos calcular el costo de la prima de la opción de venta correspondiente, aplicando las mismas reglas que utilizamos para el árbol de la opción call:

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 0.000
			\$ 0.000	
		\$ 0.000		\$ 0.000
	\$ 0.031		\$ 0.000	
\$ 0.096		\$ 0.076		\$ 0.000
	\$ 0.190		\$ 0.184	
		\$ 0.355		\$ 0.446
			\$ 0.604	
				\$ 0.842

Es decir, vemos que al terminar el desarrollo del árbol para conocer el precio que tendría la opción put, éste sería de \$ 0.096 pesos por cada Kg. de maíz en la opción.

Por lo tanto, como ocuparemos un total de 10 contratos, entonces el costo total de la cobertura será de \$ 96.00 pesos.

13.4 Resultados de las opciones de compra y venta sobre mercancías (Opciones Commodities)

A continuación podremos observar las tablas en las que se detallan las operaciones financieras realizadas según sus fechas y precios por cada kilogramo de maíz, teniendo en cuenta a su vez las utilidades o pérdidas arrojadas como resultado de los ingresos y desembolsos que tienen lugar al llevarse a cabo simultáneamente la cancelación y contratación de nuevos contratos.

Tabla No.25: Análisis de las opciones de compra commodity al fin de cada período de su cobertura.

Fecha	Precio del Kg.de maíz	Precio commodity de compra	Resultado con la commodity	Utilidad o pérdida	Prima Pagada	Flujos de Efectivo
01-Ene-97	\$ 3.00				\$ 0.076	(\$ 0.076)
01-Abr-97	\$ 3.30	\$ 3.25	\$ 0.05	(\$ 0.026)	\$ 0.206	(\$ 0.232)
01-Jul-97	\$ 3.70	\$ 3.30	\$ 0.40	\$ 0.194	\$ 0.224	(\$ 0.030)
01-Oct-97	\$ 4.00	\$ 3.70	\$ 0.30	\$ 0.076	\$ 0.277	(\$ 0.201)
01-Ene-98	\$ 4.30	\$ 4.00	\$ 0.30	\$ 0.023	\$ 0.298	(\$ 0.275)

En el cuadro anterior podemos observar que las opciones de compra "commodity" nos ofrecen ganancias por cada kilo amparado en el contrato en cada uno de los trimestres, pero claro está que sólo hasta el vencimiento por tratarse de opciones europeas.

En la última columna se tratan los flujos de efectivo que la empresa tendrá en las fechas de inicio y expiración de cada contrato de opción, considerando que al inicio y al término de éstos recibe un beneficio pero al mismo tiempo le es necesario pagar la cobertura trimestral siguiente. A pesar de que todos nos entregan resultados negativos, si no hubiésemos contado con los contratos de opciones, las pérdidas en cada fecha de pago serían por mucho mayores.

Tabla No.26: Análisis de las opciones de venta commodity al fin de cada período de su cobertura.

Fecha	Precio del Kg.de maíz	Precio commodity de venta	Resultado con la commodity	Utilidad o pérdida	Prima Pagada	Flujos de Efectivo
01-Ene-97	\$ 3.00				\$ 0.120	(\$ 0.120)
01-Abr-97	\$ 3.30	\$ 3.25	\$ 0.00	\$ 0.300	\$ 0.033	\$ 0.147
01-Jul-97	\$ 3.70	\$ 3.30	\$ 0.00	\$ 0.400	\$ 0.041	\$ 0.513
01-Oct-97	\$ 4.00	\$ 3.70	\$ 0.00	\$ 0.300	\$ 0.096	\$ 0.772
01-Ene-98	\$ 4.30	\$ 4.00	\$ 0.00	\$ 0.300	\$ 0.103	\$ 0.976

Al contrario que las opciones de compra, podemos observar que las opciones de venta "commodity" no ofrecen ganancias al vencimiento de cada trimestre, porque si las variables realmente se manifestaran como lo previsto, sería preferible vender cada Kilo de maíz al precio de mercado. En la misma forma que para los contratos de compra, en la última columna de la tabla se detallan los flujos de efectivo que la empresa obtendría en cada una de las fechas de las commodities de venta.

13.5 Ejemplos de opciones commodities sobre futuros del petróleo.

En esta ocasión se muestran los cálculos del porcentaje de volatilidad para los precios del petróleo, los que nos servirán para calcular las primas de las opciones sobre los futuros para dicho subyacente.

Los precios están dados en dólares y equivalen a un barril de petróleo crudo en la fecha en que se menciona.

Estos datos han sido publicados por PEMEX y dado que no cuentan con más antigüedad que Enero de 1998, con el propósito de ser veraces en la información, según la clasificación que ellos mismos hacen, para los dos primeros ejercicios se utilizan los precios por "tipo de producto" y en los dos últimos los precios "por región".

Se calculará la volatilidad para cada año anterior al mes de contratación de cada opción sobre el activo subyacente.

Fecha	Dólares por barril	$R_t = \ln (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
Ene-98	\$ 11.82				
Feb-98	\$ 10.79	-0.091173233	-0.039316	-0.0518572	0.00268917
Mar-98	\$ 9.67	-0.10959147	-0.039316	-0.0702754	0.00493864
Abr-98	\$ 10.69	0.100280416	-0.039316	0.13959645	0.01948717
May-98	\$ 10.79	0.009311054	-0.039316	0.04862709	0.00236459
Jun-98	\$ 9.99	-0.077035187	-0.039316	-0.0377192	0.00142273
Jul-98	\$ 10.14	0.014903406	-0.039316	0.05421944	0.00293975
Ago-98	\$ 9.77	-0.037171532	-0.039316	0.0021445	4.5989E-06
Sep-98	\$ 10.88	0.107609775	-0.039316	0.14692581	0.02158719
Oct-98	\$ 10.40	-0.045120435	-0.039316	-0.0058044	3.3691E-05
Nov-98	\$ 9.17	-0.12586852	-0.039316	-0.0865525	0.00749133
Dic-98	\$ 7.67	-0.178620671	-0.039316	-0.1393046	0.01940578
Suma :		-0.432476397		Suma :	0.08236465

$$\bar{r} \text{ media} = -0.432476397 / 11 = -0.039316$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.0823646 = 0.00823646 = 0.8236\%$$

$$v = \sqrt{0.00823646} = 0.090755 = 9.075\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.090755 = 0.31437 = 31.437\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al primer período de contratación de las opciones.

Opciones sobre futuros del precio del petróleo (commodities).

Para el presente ejercicio, se calcularán los valores que corresponden a las primas de las opciones call y put, pero se elegirán las opciones de venta para concluir con sus cancelaciones en el mercado de opciones y futuros; ya que como se observó en meses pasados en nuestro país, el mercado petrolero presentó una tendencia bajista, lo que haría conveniente la adquisición de estas opciones.

Datos:

Opciones de compra y venta europeas sobre contratos de futuros del petróleo a tres meses.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

El precio actual del futuro es de: \$ 11.82 Dlls.

El precio de ejercicio para la opción es: \$ 11.80 Dlls.

La tasa de interés libre de riesgo es de: 20.4816% 01 de Enero de 1998.

Volatilidad estimada para el petróleo es: 31.4370%

El número de períodos de la opción es: 4

La cantidad de barriles por contrato es de 1,000 (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Cotización del dólar a la fecha actual: \$ 8.08 pesos

$$r = \ln(1 + 0.204816) = 0.18633 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.31437 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0663 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0663 = 0.9378 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18633 \cdot (60/360)/4} = 1.0078 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9378}{1.0663 - 0.9378} = 0.4840 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5160 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del precio del futuro por cada barril de petróleo).

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 15.28
			\$ 14.33	
		\$ 13.44	\$ 13.44	
	\$ 12.60	\$ 12.60	\$ 12.60	
\$ 11.82	\$ 11.82	\$ 11.81	\$ 11.81	
	\$ 11.08	\$ 11.08	\$ 11.08	
		\$ 10.39	\$ 10.39	
			\$ 9.74	
				\$ 9.13

Diagrama para la evolución del precio de la opción call commodity:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				3.4800
			2.5110	1.6400
	0.9703	1.6118	0.7927	0.0100
0.5608	0.1852	0.3832	0.0048	0.0000
		0.0023	0.0000	0.0000
			0.0000	0.0000

Lo anterior significa que el precio de la actual opción sobre un futuro del petróleo, tendrá un costo de: $0.5608 \text{ dlls.} \cdot 1000 \cdot \$8.08 = \$4,531.26$ pesos.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put commodity:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	0.0000
	0.1892	0.0000	0.0000	0.0000
0.5470	0.8909	0.3696	0.7219	1.4100
		1.3933	2.0442	2.6700

Por su parte, la prima obtenida con anterioridad significa que el precio de la actual opción de venta sobre un futuro del petróleo, tendrá un costo de: $0.5470 \text{ dlls.} \cdot 1000 \cdot \$8.08 = \$4,419.76$ pesos.

13.6 La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n}(F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n}(F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 0.5608 - \frac{1}{1.0078^4}(11.82 - 11.80) = 0.5424$$

Como estamos operando opciones sobre futuros, los cuáles tendrán aún otro mes de vigencia a partir de que caducan las opciones, debemos valorar a la fecha actual la prima del contrato que termina.

La volatilidad estimada para este ejemplo es el promedio del 1er. y 2do. Períodos:

Datos:

Opciones de venta europeas sobre contratos de futuros del petróleo a tres meses.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

El precio actual del futuro es de: \$ 9.70 Dlls.

El precio de ejercicio para la opción es: \$ 11.80 Dlls.

La tasa de interés libre de riesgo es de: 20.5160% 01 de Marzo de 1998.

Volatilidad estimada para el petróleo es: 37.5000%

El número de períodos de la opción es: 4

La cantidad de barriles por contrato es de 1,000 (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Cotización del dólar a la fecha actual: \$ 8.58 pesos

$$r = \ln(1 + 0.205160) = 0.18661 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.37500 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0796 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0796 = 0.9263 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18661 * (60 / 360) / 4} = 1.0078 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9263}{1.0796 - 0.9263} = 0.4808 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5192 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del precio del futuro por cada barril de petróleo).

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 13.17
			\$ 12.20	
		\$ 11.30		\$ 11.31
	\$ 10.47		\$ 10.48	
\$ 9.70		\$ 9.71		\$ 9.71
	\$ 8.99		\$ 8.99	
		\$ 8.33		\$ 8.33
			\$ 7.72	
				\$ 7.15

Diagrama para la evolución del precio de la opción call commodity:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				1.3700
			0.6536	
		0.3118		0.0000
	0.1488		0.0000	
0.0710		0.0000		0.0000
	0.0000		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Lo anterior significa que una vez transcurridos los dos meses de vigencia de la opción, el precio actual de ella sobre un futuro del petróleo, tendrá ahora un costo de: $0.0710 \text{ dls.} * 1000 * \$8.58 = \$ 609.20 \text{ pesos.}$

Diagrama para la evolución del precio de la opción put commodity:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.2524	
		0.7956		0.4900
	1.4408		1.3105	
2.1002		2.0599		2.0900
	2.7424		2.7848	
		3.4156		3.4700
			4.0511	
				4.6500

Por su parte, el precio actual de la opción de venta sobre un futuro del petróleo, tendrá a la fecha presente un costo de: $2.1002 \text{ dls.} * 1000 * \$8.58 = \$ 18,019.72 \text{ pesos.}$

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 0.0710 - \frac{1}{1.0078^4} (9.70 - 11.80) = 2.1067$$

A manera de comprobación, con la fórmula de la equivalencia para la opción put, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo binomial. La mínima diferencia se debe al redondeo en diezmilésimas.

A continuación, siguiendo con los datos de precio por barril "por tipo de producto", calcularemos la volatilidad que correspondería al segundo período de contratación de opciones.

Fecha	Dólares por barril	$R_t = \ln (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
Abr-98	\$ 10.69				
May-98	\$ 10.79	0.009311054	0.00084646	0.00846459	7.1649E-05
Jun-98	\$ 9.99	-0.077035187	0.00084646	-0.0778816	0.00606555
Jul-98	\$ 10.14	0.014903406	0.00084646	0.01405695	0.0001976
Ago-98	\$ 9.77	-0.037171532	0.00084646	-0.038018	0.00144537
Sep-98	\$ 10.88	0.107609775	0.00084646	0.10676332	0.01139841
Oct-98	\$ 10.40	-0.045120435	0.00084646	-0.0459669	0.00211296
Nov-98	\$ 9.17	-0.12586852	0.00084646	-0.126715	0.01605669
Dic-98	\$ 7.67	-0.178620671	0.00084646	-0.1794671	0.03220845
Ene-99	\$ 8.68	0.123704913	0.00084646	0.12285845	0.0150942
Feb-99	\$ 8.26	-0.049596941	0.00084646	-0.0504434	0.00254454
Mar-99	\$ 10.79	0.267195192	0.00084646	0.26634873	0.07094165
Suma :		0.009311054		Suma :	0.15813705

$$\bar{r} \text{ media} = 0.009311054 / 11 = 0.0008465$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.158137 = 0.0158137 = 1.5814\%$$

$$v = \sqrt{0.0158137} = 0.125753 = 12.575\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.125753 = 0.435611 = 43.561\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al segundo período de contratación de las opciones.

Al inicio del segundo trimestre, nos encontramos con la oferta de los siguientes contratos:

Datos:

Opciones de venta europeas sobre contratos de futuros del petróleo a tres meses.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

El precio actual del futuro es de: \$ 10.69 Dls.

El precio de ejercicio para la opción es: \$ 10.70 Dls.

La tasa de interés libre de riesgo es de: 21.6893% 01 de Abril de 1998.

Volatilidad estimada para el petróleo es: 43.5610%

El número de períodos de la opción es: 4

La cantidad de barriles por contrato es de 1,000 (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Cotización del dólar a la fecha actual: \$ 8.52 pesos

$$r = \ln(1 + 0.216893) = 0.19630 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.435610 \cdot (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0930 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0930 = 0.9149 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.19630 \cdot (60 / 360) / 4} = 1.0082 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9149}{1.0930 - 0.9149} = 0.4778 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5222 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del precio del futuro por cada barril de petróleo).

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 15.26
			\$ 13.96	
		\$ 12.77		\$ 12.77
	\$ 11.68		\$ 11.68	
\$ 10.69		\$ 10.69		\$ 10.69
	\$ 9.78		\$ 9.78	
		\$ 8.95		\$ 8.95
			\$ 8.19	
				\$ 7.49

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				4.5600
			3.2332	
		2.0404		2.0700
	1.2078		0.9810	
0.6865		0.4649		0.0000
	0.2203		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Lo anterior significa que el precio de la actual opción sobre un futuro del petróleo, tendrá un costo de: 0.6865 dls. * 1000 * \$8.52 = \$ 5,849.00 pesos.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0027		0.0000
	0.2470		0.0052	
0.6957		0.4744		0.0100
	1.1171		0.9112	
		1.7226		1.7500
			2.4920	
				3.2100

Lo anterior significa que el precio de la actual opción sobre un futuro del petróleo, tendrá un costo de: 0.6957 dls. * 1000 * \$8.52 = \$ 5,927.36 pesos.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 0.6865 - \frac{1}{1.0082^4} (10.69 - 10.70) = 0.6962$$

A manera de comprobación, con la fórmula de la equivalencia para la opción put, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo binomial. La mínima diferencia se debe al redondeo en diezmilésimas.

Como estamos operando opciones sobre futuros, los cuáles tendrán aún otro mes de vigencia a partir de que caducan las opciones, debemos valorar a la fecha actual la prima del contrato que termina.

La volatilidad estimada para este caso es el promedio de la volatilidad del 2do. y 3er. períodos.

Datos:

Opciones de venta europeas sobre contratos de futuros del petróleo a tres meses.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

El precio actual del futuro es de: \$ 10.00 Dlls.

El precio de ejercicio para la opción es: \$ 10.70 Dlls.

La tasa de interés libre de riesgo es de: 19.8886% 01 de Junio de 1998.

Volatilidad estimada para el petróleo es: 39.1125%

El número de períodos de la opción es: 4

La cantidad de barriles por contrato es de 1,000 (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Cotización del dólar a la fecha actual: \$ 8.88 pesos

$$r = \ln(1 + 0.198886) = 0.18139 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.391125 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0831 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0831 = 0.9233 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.18139 * (60 / 360) / 4} = 1.0076 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9233}{1.0831 - 0.9233} = 0.4800 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5200 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del precio del futuro por cada barril de petróleo).

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 13.76
			\$ 12.70	
		\$ 11.73		\$ 11.73
	\$ 10.83		\$ 10.83	
\$ 10.00		\$ 10.00		\$ 10.00
	\$ 9.23		\$ 9.23	
		\$ 8.52		\$ 8.52
			\$ 7.87	
				\$ 7.27

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				3.0600
			1.9893	
		1.2009		1.0300
	0.6927		0.4907	
0.3875		0.2338		0.0000
	0.1114		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Lo anterior significa que una vez transcurridos los dos meses de vigencia de la opción, el precio actual de ella sobre un futuro del petróleo, tendrá ahora un costo de: $0.3875 \text{ dls.} * 1000 * \$8.88 = \$ 3,441.00$ pesos.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.1865		0.0000
	0.5661		0.3613	
1.0682		0.9248		0.7000
	1.5472		1.4585	
		2.1443		2.1800
			2.8087	
				3.4300

Por su parte, el precio actual de la opción de venta sobre un futuro del petróleo, tendrá a la fecha presente un costo de: $1.0682 \text{ dls.} * 1000 * \$8.88 = \$ 9,485.62$ pesos.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 0.3875 - \frac{1}{1.0076^4} (10.00 - 10.70) = 1.0666$$

A manera de comprobación, con la fórmula de la equivalencia para la opción put, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo binomial. La mínima diferencia se debe al redondeo en diezmilésimas.

Ahora, empleando los datos referentes a precio por barril "por región", calcularemos la volatilidad que manejaremos para el tercer período de contratación de opciones.

Fecha	Dólares por barril	$R_t = \ln(S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
Ene-98	\$ 11.95				
Feb-98	\$ 11.17	-0.067499665	-0.0405478	-0.0269519	0.0007264
Mar-98	\$ 9.67	-0.144203304	-0.0405478	-0.1036555	0.01074447
Abr-98	\$ 10.79	0.10959147	-0.0405478	0.15013925	0.0225418
May-98	\$ 10.97	0.016544495	-0.0405478	0.05709228	0.00325953
Jun-98	\$ 10.02	-0.090581179	-0.0405478	-0.0500334	0.00250334
Jul-98	\$ 10.44	0.041061487	-0.0405478	0.08160927	0.00666007
Ago-98	\$ 9.89	-0.054120437	-0.0405478	-0.0135727	0.00018422
Sep-98	\$ 10.96	0.102728136	-0.0405478	0.14327592	0.02052799
Oct-98	\$ 10.68	-0.025879448	-0.0405478	0.01466834	0.00021516
Nov-98	\$ 9.23	-0.145913785	-0.0405478	-0.105366	0.01110199
Dic-98	\$ 7.65	-0.187753401	-0.0405478	-0.1472056	0.02166949
Suma :		-0.446025631		Suma :	0.10013446

$$\bar{r} \text{ media} = -0.446025631 / 11 = -0.0405478$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.1001345 = 0.0100134 = 1.0013\%$$

$$v = \sqrt{0.0100134} = 0.10006 = 10.006\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.10006 = 0.34664 = 34.664\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al tercer período de contratación de las opciones.

Al inicio del tercer trimestre, nos encontramos con la oferta de los siguientes contratos:

Datos:

Opciones de venta europeas sobre contratos de futuros del petróleo a tres meses.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

El precio actual del futuro es de: \$ 10.15 Dlls.

El precio de ejercicio para la opción es: \$ 10.15 Dlls.

La tasa de interés libre de riesgo es de: 21.4695% 01 de Julio de 1998.

Volatilidad estimada para el petróleo es: 34.6640%

El número de períodos de la opción es: 4

La cantidad de barriles por contrato es de 1,000 (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Cotización del dólar a la fecha actual: \$ 9.04 pesos

$$r = \ln(1 + 0.214695) = 0.19449 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.346640 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0733 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0733 = 0.9317 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.19449 * (60 / 360) / 4} = 1.0081 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9317}{1.0733 - 0.9317} = 0.4823 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5177 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del precio del futuro por cada barril de petróleo).

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 13.47
			\$ 12.55	
		\$ 11.69		\$ 11.69
	\$ 10.89		\$ 10.89	
\$ 10.15		\$ 10.15		\$ 10.15
	\$ 9.46		\$ 9.46	
		\$ 8.81		\$ 8.81
			\$ 8.21	
				\$ 7.65

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				3.3200
			2.3792	
		1.5166		1.5400
	0.9066		0.7368	
0.5203		0.3525		0.0000
	0.1686		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Lo anterior significa que el precio de la actual opción sobre un futuro del petróleo, tendrá un costo de: $0.5203 \text{ dlls.} * 1000 * \$9.04 = \$ 4,703.51$ pesos.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.1815		0.0000	
0.5212		0.3534		0.0000
	0.8458		0.6881	
		1.3177		1.3400
			1.9249	
				2.5000

Lo anterior significa que el precio de la actual opción sobre un futuro del petróleo, tendrá un costo de: $0.5212 \text{ dlls.} * 1000 * \$9.04 = \$ 4,711.65$ pesos.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 0.5203 - \frac{1}{1.0081^4} (10.15 - 10.15) = 0.5203$$

A manera de comprobación, con la fórmula de la equivalencia para la opción put, llegamos al mismo resultado obtenido para el costo de la prima mediante el desarrollo binomial. La mínima diferencia se debe al redondeo en diezmilésimas.

Como estamos operando opciones sobre futuros, los cuáles tendrán aún otro mes de vigencia a partir de que caducan las opciones, debemos valorar a la fecha actual la prima del contrato que termina.

La volatilidad estimada para este caso es el promedio de la volatilidad del 3er y 4to períodos.

Datos:

Opciones de venta europeas sobre contratos de futuros del petróleo a tres meses.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

El precio actual del futuro es de: \$ 10.90 Dlls.

El precio de ejercicio para la opción es: \$ 10.15 Dlls.

La tasa de interés libre de riesgo es de: 25.7807% 01 de Septiembre de 1998.

Volatilidad estimada para el petróleo es: 37.3350%

El número de períodos de la opción es: 4

La cantidad de barriles por contrato es de 1,000 (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Cotización del dólar a la fecha actual: \$ 9.96 pesos

$$r = \ln(1 + 0.257807) = 0.22937 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.37335 \cdot (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0792 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0792 = 0.9266 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.22937 \cdot (60 / 360) / 4} = 1.0096 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9266}{1.0792 - 0.9266} = 0.4810 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado a la prima de la opción)}$$

$$1 - p = 0.5190 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado a la prima de la opción)}$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del precio del futuro por cada barril de petróleo).

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 14.79
			\$ 13.70	
		\$ 12.69		\$ 12.69
	\$ 11.76		\$ 11.76	
\$ 10.90		\$ 10.90		\$ 10.90
	\$ 10.10		\$ 10.10	
		\$ 9.36		\$ 9.36
			\$ 8.67	
				\$ 8.03

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				4.6400
			3.5163	
		2.4956		2.5400
	1.6742		1.5957	
1.0738		0.9439		0.7500
	0.5372		0.3573	
		0.1702		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Lo anterior significa que una vez transcurridos los dos meses de vigencia de la opción, el precio actual de ella sobre un futuro del petróleo, tendrá ahora un costo de: $1.0738 \text{ dls.} * 1000 * \$9.96 = \$ 10,695.05 \text{ pesos.}$

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.1073		0.0000	
0.3526		0.2088		0.0000
	0.5864		0.4061	
		0.9472		0.7900
			1.4662	
				2.1200

Por su parte, el precio actual de la opción de venta sobre un futuro del petróleo, tendrá a la fecha presente un costo de: $0.3526 \text{ dls.} * 1000 * \$9.96 = \$ 3,511.90 \text{ pesos.}$

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

En estas opciones, la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 1.0738 - \frac{1}{1.0096^4} (10.90 - 10.15) = 0.3519$$

Siguiendo con los datos referentes a precio por barril "por región", calcularemos aquí la volatilidad que correspondería al cuarto período de contratación de opciones.

Fecha	Dólares por barril	$R_t = \text{LN} (S_t / S_{t-1})$	$\bar{r}$ media	$R_t - \bar{r}$	$(R_t - \bar{r})^2$
Abr-98	\$ 10.79				
May-98	\$ 10.97	0.016544495	-0.0065493	0.02309383	0.00053332
Jun-98	\$ 10.02	-0.090581179	-0.0065493	-0.0840318	0.00706135
Jul-98	\$ 10.44	0.041061487	-0.0065493	0.04761082	0.00226679
Ago-98	\$ 9.89	-0.054120437	-0.0065493	-0.0475711	0.00226301
Sep-98	\$ 10.96	0.102728136	-0.0065493	0.10927747	0.01194157
Oct-98	\$ 10.68	-0.025879448	-0.0065493	-0.0193301	0.00037365
Nov-98	\$ 9.23	-0.145913785	-0.0065493	-0.1393645	0.01942245
Dic-98	\$ 7.65	-0.187753401	-0.0065493	-0.1812041	0.03283491
Ene-99	\$ 8.72	0.13091359	-0.0065493	0.13746292	0.01889606
Feb-99	\$ 8.35	-0.043357699	-0.0065493	-0.0368084	0.00135486
Mar-99	\$ 10.04	0.184315575	-0.0065493	0.19086491	0.03642941
Suma :		-0.072042665		Suma :	0.13337738

$$\bar{r} \text{ media} = -0.072042665 / 11 = -0.0065493$$

$$\text{varianza} = 1 / (11 - 1) * 0.1333774 = 0.01333774 = 1.3338\%$$

$$v = \sqrt{0.0133377} = 0.115489 = 11.549\%$$

$$v \text{ Anual} = \sqrt{12} * 0.115489 = 0.400066 = 40.007\%$$

El resultado obtenido nos representa el factor de volatilidad anual correspondiente al cuarto período de contratación de las opciones.

Al inicio del cuarto trimestre, nos encontramos con la oferta de los siguientes contratos:

Datos:

Opciones de venta europeas sobre contratos de futuros del petróleo a tres meses.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

El precio actual del futuro es de: \$ 10.45 Dlls.

El precio de ejercicio para la opción es: \$ 10.50 Dlls.

La tasa de interés libre de riesgo es de: 42.0395% 01 de Octubre de 1998.

Volatilidad estimada para el petróleo es: 40.0070%

El número de períodos de la opción es: 4

La cantidad de barriles por contrato es de 1,000 (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Cotización del dólar a la fecha actual: \$ 10.11 pesos

$$r = \ln(1 + 0.214695) = 0.35094 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.40007 * (0.1667 / 4)^{1/2}} = 1.0851 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0851 = 0.9216 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.35094 * (60 / 360) / 4} = 1.0147 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9216}{1.0851 - 0.9216} = 0.4795$$

$$1 - p = 0.5205$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del precio del futuro por cada barril de petróleo).

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 14.50
			\$ 13.36	
		\$ 12.31		\$ 12.31
	\$ 11.34		\$ 11.34	
\$ 10.45		\$ 10.45		\$ 10.45
	\$ 9.63		\$ 9.63	
		\$ 8.88		\$ 8.88
			\$ 8.18	
				\$ 7.54

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				4.0000
			2.8187	
		1.7707		1.8100
	1.0441		0.8553	
0.5914		0.4042		0.0000
	0.1910		0.0000	
		0.0000		0.0000
			0.0000	
				0.0000

Lo anterior significa que el precio de la actual opción sobre un futuro del petróleo, tendrá un costo de: $0.5914 \text{ dls.} * 1000 * \$10.11 = \$ 5,979.05 \text{ pesos.}$

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0131		0.0000
	0.2373		0.0256	
0.6359		0.4505		0.0500
	1.0210		0.8546	
		1.5754		1.6200
			2.2839	
				2.9600

Lo anterior significa que el precio de la actual opción sobre un futuro del petróleo, tendrá un costo de: $0.6359 \text{ dls.} * 1000 * \$10.11 = \$ 6,428.95 \text{ pesos.}$

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

Como decíamos, en estas opciones la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 0.5914 - \frac{1}{1.0147^4} (10.45 - 10.50) = 0.6386$$

Como estamos operando opciones sobre futuros, los cuáles tendrán aún otro mes de vigencia a partir de que caducan las opciones, debemos valorar a la fecha actual la prima del contrato que termina.

La volatilidad estimada para este caso es el promedio de todos los períodos anteriores.

Datos:

Opciones de venta europeas sobre contratos de futuros del petróleo a tres meses.

Plazo en años de la opción: dos meses = 0.1667 años.

El precio actual del futuro es de: \$ 7.70 Dlls.

El precio de ejercicio para la opción es: \$ 10.50 Dlls.

La tasa de interés libre de riesgo es de: 34.7758% 01 de Diciembre de 1998.

Volatilidad estimada para el petróleo es: 37.6600%

El número de períodos de la opción es: 4

La cantidad de barriles por contrato es de 1,000 (Carmen Díaz. "Futuros y opciones sobre futuros")

Cotización del dólar a la fecha actual: \$ 9.94 pesos

$$r = \ln(1 + 0.347758) = 0.29844 \text{ (Tipo de interés "instantáneo")}$$

$$u = e^{0.37660 \cdot (0.1667/4)^{1/2}} = 1.0799 \text{ (Factor de probabilidad al alza asociado al activo subyacente)}$$

$$d = 1 / 1.0799 = 0.9260 \text{ (Factor de probabilidad a la baja asociado al activo subyacente)}$$

$$R = e^{0.29844 \cdot (60/360)/4} = 1.0125 \text{ (Factor de interés aplicable al activo con riesgo)}$$

$$p = \frac{1 - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 - 0.9260}{1.0799 - 0.9260} = 0.4808$$

$$1 - p = 0.5192$$

Diagrama para la evolución del activo subyacente (evolución del precio del futuro por cada barril de petróleo).

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$ 10.48
			\$ 9.70	
		\$ 8.98		\$ 8.98
	\$ 8.32		\$ 8.32	
\$ 7.70		\$ 7.70		\$ 7.70
	\$ 7.13		\$ 7.13	
		\$ 6.60		\$ 6.60
			\$ 6.11	
				\$ 5.66

Diagrama para la evolución del precio de la opción call:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
0.0000	0.0000		0.0000	
	0.0000	0.0000		0.0000
		0.0000	0.0000	
			0.0000	0.0000
				0.0000

Lo anterior significa que una vez transcurridos los dos meses de vigencia de la opción, el precio actual de ella sobre el futuro habrá perdido la totalidad de su prima, puesto que como se aprecia, en todos los casos es más conveniente comprar el producto al precio de mercado.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0200
			0.7889	
		1.4810		1.5200
2.6645	2.1042		2.1576	
	3.2476	2.7319		2.8000
		3.8034	3.3295	
			4.3339	3.9000
				4.8400

Por su parte, el precio actual de la opción de venta sobre un futuro del petróleo, tendrá a la fecha presente un costo de: 2.6645 dls. * 1000 * \$9.94 = \$ 26,485.15 pesos.

La paridad put - call en las opciones sobre futuros.

Como decíamos, en estas opciones la paridad put-call viene dada por las expresiones siguientes:

$$P = C - \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de venta.}$$

$$C = P + \frac{1}{R^n} (F - E) \quad \text{para las opciones de compra.}$$

donde: "F" = Precio inicial del futuro.

"E" = Precio de ejercicio de la opción.

De esta manera podemos verificar la autenticidad del cálculo de la prima de la opción put:

$$P = 0.0000 - \frac{1}{1.0125^4} (7.70 - 10.50) = 2.6643$$

13.7 Esquema de cancelaciones de cada posición en opciones.

Al liquidar las posiciones adquiridas con cada opción al final de su vigencia mediante la operación contraria, en este caso, la venta de opciones put, obtenemos un diferencial en cada prima de dichos contratos expresado originalmente en dólares, que podemos adicionar o restar a cada futuro para obtener utilidades ó pérdidas al convertirlas en unidades monetarias considerando el tipo de cambio en las fechas en que tuvo lugar cada una de ellas.

Para el caso de la primera opción, obtenemos el siguiente resultado en vista de que la prima de la misma ha cambiado su valor completamente al momento de expirar:

Compra de un contrato opción put en :	0.5470 Dólares
Tipo de cambio al 01/Ene/98:	\$ 8.08
Unidades / barriles en cada contrato:	1000
Costo de la opción en esta fecha:	\$ 4,419.76
 Venta de un contrato opción put en :	 2.1002 Dólares
Tipo de cambio al 01/Mar/98:	\$ 8.58
Unidades / barriles en cada contrato:	1000
Costo de la opción en esta fecha:	\$ 18,019.72
 Utilidad / pérdida total en pesos :	 <u>\$ 13,599.96</u>

Al cumplirse el plazo de expiración de la segunda partida de opciones, obtenemos el resultado siguiente:

Compra de un contrato opción put en :	0.6957 Dólares
Tipo de cambio al 01/Abr/98:	\$ 8.52
Unidades / barriles en cada contrato:	1000
Costo de la opción en esta fecha:	\$ 5,927.36
 Venta de un contrato opción put en :	 1.0682 Dólares
Tipo de cambio al 01/Jun/98:	\$ 8.88
Unidades / barriles en cada contrato:	1000
Costo de la opción en esta fecha:	\$ 9,485.62
 Utilidad / pérdida total en pesos :	 <u>\$ 3,558.26</u>

Al cumplirse el plazo de expiración de la tercera partida de opciones, obtenemos el resultado siguiente:

Compra de un contrato opción put en :	0.5212 Dólares
Tipo de cambio al 01/Jul/98:	\$ 9.04
Unidades / barriles en cada contrato:	1000
Costo de la opción en esta fecha:	\$ 4,711.65

Venta de un contrato opción put en :	0.3526 Dólares
Tipo de cambio al 01/Sept/98:	\$ 9.96
Unidades / barriles en cada contrato:	1000
Costo de la opción en esta fecha:	\$ 3,511.90

Utilidad / pérdida total en pesos :	<u>\$ (1,199.75)</u>
-------------------------------------	-----------------------------

El hecho de que en el tercer período hayamos obtenido una pérdida al liquidar la opción, se debe a que los contratos de opciones se encuentran devaluados al momento de su expiración, puesto que el precio de mercado del contrato futuro se ha ido por encima del de ejercicio, lo que significa que la opción sólo cuenta con "valor tiempo"; además, se hace obvio que un factor primordial en los resultados será el tipo de cambio inicial y final, a pesar de que éste aumentó, el cobro no fué lo suficiente como para superar la prima pagada inicialmente. Sin embargo, hemos podido ver que es posible recuperar parte del costo de la prima en este último caso.

Al cumplirse el plazo de expiración para la cuarta partida de opciones, obtenemos el resultado siguiente:

Compra de un contrato opción put en :	0.6359 Dólares
Tipo de cambio al 01/Oct/98:	\$ 10.11
Unidades / barriles en cada contrato:	1000
Costo de la opción en esta fecha:	\$ 6,428.95

Venta de un contrato opción put en :	2.6645 Dólares
Tipo de cambio al 01/Sept/98:	\$ 9.94
Unidades / barriles en cada contrato:	1000
Costo de la opción en esta fecha:	\$ 26,485.13

Utilidad / pérdida total en pesos :	<u>\$ 20,056.18</u>
-------------------------------------	----------------------------

13.8 Cancelaciones de las posiciones en el mercado de los contratos de futuros.

Como las posiciones en futuros también se cancelan con el movimiento contrario al que se adquirió, tendremos para ello que adquirir una posición larga para cada operación en el mercado de futuros, y el resultado final de cada una de ellas estará dado por la diferencia entre las distintas cotizaciones al inicio y al final de cada período, adicionados o disminuidos con los resultados de la cobertura con las opciones y multiplicadas éstas por su paridad en pesos.

Resultado al cancelar la posición para el primer período:

Precio del futuro al contratar la opción:	\$	11.8200	
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	\$	11.8000	01 de Enero de 1998.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	\$	9.7000	01 de Marzo de 1998.
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	\$	9.7000	Posición corta (de venta)
Utilidad / pérdida obtenida con la cobertura de la opción:	\$	1.5532	
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	\$	10.6900	01 de Abril de 1998.
Utilidad / pérdida obtenida con el futuro:	\$	0.5632	
Por número de barriles amparados por contrato:		1000	
Tipo de cambio en la fecha de liquidación	\$	8.52	
Resultado expresado en pesos :	\$	4,798.46	

Resultado al cancelar la posición para el segundo período:

Precio del futuro al contratar la opción:	\$	10.6900	
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	\$	10.7000	01 de Abril de 1998.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	\$	10.0000	01 de Junio de 1998.
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	\$	10.0000	Posición corta (de venta)
Utilidad / pérdida obtenida con la cobertura de la opción:	\$	0.3725	
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	\$	10.1500	01 de Julio de 1998.
Utilidad / pérdida obtenida con el futuro:	\$	0.2225	
Por número de barriles amparados por contrato:		1000	
Tipo de cambio en la fecha de liquidación	\$	9.04	
Resultado expresado en pesos :	\$	2,011.40	

Resultado al cancelar la posición para el tercer período:

Precio del futuro al contratar la opción:	\$	10.1500	
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros:	\$	10.1500	01 de Julio de 1998.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	\$	10.9000	01 de Septiembre de 1998.
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	\$	10.9000	Posición corta (de venta)
Utilidad / pérdida obtenida con la cobertura de la opción:	\$	(0.1686)	
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	\$	10.4500	01 de Octubre de 1998.
Utilidad / pérdida obtenida con el futuro:	\$	0.2814	
Por número de barriles amparados por contrato:		1000	
Tipo de cambio en la fecha de liquidación	\$	10.11	
Resultado expresado en pesos :	\$	2,844.95	

Resultado al cancelar la posición para el cuarto período:

Precio del futuro al contratar la opción:	\$	10.4500	
Precio al que se contrata la opción en el mercado de futuros	\$	10.5000	01 de Octubre de 1998.
Precio del futuro al finalizar el contrato de la opción:	\$	7.7000	01 de Diciembre de 1998.
Cotización a la que se entra en el mercado de futuros:	\$	7.7000	Posición corta (de venta)
Utilidad / pérdida obtenida con la cobertura de la opción:	\$	2.0286	
Cotización a la que se cancela la posición en futuros:	\$	8.6800	01 de Enero de 1999.
Utilidad / pérdida obtenida con el futuro:	\$	1.0486	
Por número de barriles amparados por contrato:		1000	
Tipo de cambio en la fecha de liquidación	\$	9.87	
Resultado expresado en pesos :	\$	10,349.68	

En todos los casos estamos entrando al mercado de futuros con el precio de mercado para estos instrumentos a la fecha indicada, ya que en cada operación los contratos de opciones fueron liquidados previamente. Notaremos que al incluir las ganancias o pérdidas obtenidas mediante las opciones, el mercado de futuros nos arroja otras que podemos considerar como finales. Es obvio que habrá diferencias en comparación con las obtenidas mediante las opciones, debido a los distintos tipos de cambio en cada fecha.

14. - OPCIONES AMERICANAS

14.1 Opciones americanas sobre divisas

La valoración de opciones americanas sobre divisas se puede realizar de una manera bastante eficiente mediante el mismo método binomial. Como primer punto puede decirse que **el valor de una opción americana es como mínimo igual al valor de una opción europea equivalente**. Esto se debe a la posibilidad que tenemos con una opción americana de un ejercicio anticipado de la opción. En el caso de las opciones en divisas, el ejercicio anticipado se producirá cuando:

- El tipo de cambio proyectado en un período del diagrama binomial menos el tipo de cambio de ejercicio logre ser mayor a la prima de la Call europea equivalente, en el caso de las opciones de compra.
- El tipo de cambio de ejercicio menos el tipo de cambio proyectado efectivamente supere a la prima de la Put europea equivalente, para el caso de las opciones de venta.

Los modelos en tiempo continuo derivados del modelo Black-Scholes no nos permiten la introducción en la valoración del ejercicio anticipado. En cambio, con el modelo binomial es fácil introducir esta posibilidad y por tanto valorar una opción americana en divisas. Los pasos son:

1. Estimar la evolución del subyacente de forma similar al cálculo de la prima de una opción europea.
2. Calcular los valores intrínsecos de la opción en el último período.
3. A partir de estos valores se calcula el valor de la opción en períodos anteriores, aplicando la regla recursiva:

$$C = \text{Max}[X_{t-1} - X_e, (p \cdot C_{tu} + (1-p) \cdot C_{td}) / R] \text{ para las opciones de compra, y}$$

$$P = \text{Max}[X_e - X_{t-1}, (p \cdot P_{tu} + (1-p) \cdot P_{td}) / R] \text{ para las opciones de venta;}$$

siendo " X_{t-1} " el valor del tipo de cambio en el período y nodo del diagrama en que se evalúa la opción.

Un paso previo para poder valorar una opción americana es aplicar primero los criterios correspondientes a la valoración de las opciones europeas, por lo tanto, retomaremos las características del ejemplo analizado con anterioridad para una opción Put europea sobre divisas, para

aplicarlas ahora a una opción Put americana sobre el dólar, considerando los mismos datos sobre el contrato:

14.2 Ejemplo (para una opción Put americana sobre divisas) :

Plazo (en años) :	0.5	(6 meses)
Tipo de cambio actual :	\$ 8.165	(al 26 de Dic/97)
Tipo de cambio de ejercicio :	\$ 8.165	(La opción está "en el dinero")
Tasa de interés dólares:	11.842%	(Libor + 6 puntos)
Tasa de interés pesos :	20.700%	(Cetes a 182 días)
Volatilidad anual (Ptje.) :	17.065%	
No. de períodos opción :	6	

$$rf = \ln (1 + 0.11842) = 0.1119$$

$$rd = \ln (1 + 0.2070) = 0.1881$$

Los valores obtenidos para los parámetros "rf" y "rd" representan el interés nominal libre de riesgo para la divisa extranjera y la doméstica o nacional respectivamente; cada uno de los valores posteriores ("u", "d", "R", etc.) serán los mismos que los que se obtuvieron para la opción de venta europea correspondiente, e inclusive los respectivos al árbol de la evolución del precio del subyacente; sólo será distinto el diagrama de la evolución de la prima para la opción americana, como observaremos en los siguientes apartados.

Recordemos primeramente el desarrollo del árbol binomial para el activo subyacente, que para el ejemplo al que hacemos referencia con la opción europea, quedaba de la siguiente manera:

Diagrama para la evolución del activo subyacente :

En este primer diagrama de árbol, se calcularán los valores probables en el futuro del activo subyacente según los elementos para el alza y la baja del mismo ("u" y "d" respectivamente).

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
					\$ 10.450	\$ 10.979
				\$ 9.947		\$ 9.947
			\$ 9.468		\$ 9.468	
		\$ 9.012		\$ 9.012		\$ 9.010
	\$ 8.578		\$ 8.578		\$ 8.578	
\$ 8.165		\$ 8.165		\$ 8.165		\$ 8.165
	\$ 7.772		\$ 7.772		\$ 7.770	
		\$ 7.397		\$ 7.397		\$ 7.396
			\$ 7.041		\$ 7.041	
				\$ 6.702		\$ 6.701
					\$ 6.379	
						\$ 6.071

Una vez que se tiene el diagrama anterior, análogo también al desarrollo de las opciones europeas, el próximo punto será el de calcular los valores intrínsecos en el último período de la opción, con el objetivo de retroceder a partir de allí en cada período del árbol para llegar hasta la prima correspondiente al contrato.

Es acertado volver a mencionar en este momento, que serán justamente las ganancias que la opción americana pueda poseer en los valores intrínsecos para cada nodo de los períodos los que harán que el inversionista decida ejecutar el contrato antes de su vencimiento.

Diagrama para la evolución del precio de la opción :

El siguiente paso es pues, calcular los valores intrínsecos al final de los "n" periodos y por un procedimiento recursivo calcular el valor de la opción en cada nudo del diagrama, mediante la siguiente expresión:

$$C_{t-1} = \frac{1}{R} [p \cdot C_{tu} + (1 - p) \cdot C_{td}]$$

El cálculo se inicia en "n", último período asumido para la valoración. A partir de los valores intrínsecos en "n", se calculan los valores C_{n-1} y retrocediendo en el tiempo se calculan los C_{n-2} , C_{n-3} , etc., hasta llegar a "C" que es el valor de la opción en el momento actual. Aquí está primeramente el árbol binomial de la **opción Put europea**:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
					0.000	0.000
					0.000	
				0.000		0.000
			0.000		0.000	
		0.029		0.000		0.000
	0.103		0.066		0.000	
0.2236		0.199		0.149		0.000
	0.380		0.369		0.339	
		0.617		0.653		0.769
			0.944		1.064	
				1.336		1.464
					1.718	
						2.093

Como hemos constatado, hasta el momento todas las formalidades que pide el método binomial han sido las mismas; los cambios que se dan en la valoración de la prima de una opción de peculiaridad americana se demuestran en el siguiente diagrama binomial, en el que habrá que tener en cuenta las condiciones posteriores:

A efectos del cálculo de la prima, siempre que exista un valor intrínseco mayor entre el precio de ejercicio de la opción y el desarrollo del subyacente, se considerará este valor en el nodo correspondiente para la opción americana.

Al igual que las opciones europeas, el cálculo se iniciará en "n", último período asumido para la valoración. A partir de los valores intrínsecos en "n", se calculan los valores C_{n-1} y retrocediendo en el tiempo se calculan los C_{n-2} , C_{n-3} , etc., hasta llegar a "C" que es el valor de la opción en el momento actual. Aquí está el árbol binomial de la **opción Put americana**:

14.3 Diagrama para la obtención de la prima de la opción de venta americana sobre divisas

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
						0.000
					0.000	
				0.000		0.000
			0.000		0.000	
		0.034		0.000		0.000
	0.121		0.077		0.000	
0.2707		0.233		0.174		0.000
	0.465		0.433		0.395	
		0.768		0.768		0.770
			1.124		1.124	
				1.463		1.464
					1.786	
						2.093

Con excepción de los valores intrínsecos en el período 6, los obtenidos mediante el procedimiento para la modalidad americana serán mayores en cada nodo del árbol al aplicar el método recursivo. Los nuevos valores colocados inicialmente en el período 5 de este diagrama resultan de la resta entre el precio de ejercicio y el precio proyectado en el primer árbol para el subyacente; esto es así porque el valor intrínseco de la opción americana en ése momento sería superior al de la opción europea y propiciaría la ejecución de la misma. A partir del período 4 seguimos con el mismo criterio, es decir, aplicar la fórmula conocida para el "método recursivo", comparándolo contra el valor intrínseco de la opción en ése nodo, y considerando que el mayor de ellos será el definitivo.

Podemos observar las diferencias en ambos árboles; en el de la opción europea nos da una prima resultante de \$0.2236 pesos por cada dólar contratado; en cambio, en el árbol de la opción americana se tendría que pagar una prima de \$0.2707 por cada dólar, lo que significa una diferencia al alza de \$0.0471 pesos en el valor de la prima de esta opción. Esto es así porque existen tipos de cambio dentro del árbol para el activo subyacente en los cuáles se produciría un ejercicio anticipado en caso de que el mercado realmente los registrara y estos serían aprovechados por una opción de tipo americano al poder ejercerse en el momento en que ocurrieran y no hasta el final de la misma, como es el caso de la opción europea.

Las diferencias de valor entre una opción europea y una americana en divisas dependen de dos factores:

1. El nivel en que las opciones se encuentran "dentro de dinero". Como regla general, cuanto más dentro de dinero esté la opción, mayor será la diferencia de primas entre la modalidad americana y europea, ya que el ejercicio anticipado tendrá más sentido.
2. El diferencial de las tasas de interés entre las dos monedas implicadas en la opción sobre divisas. En este sentido, cuanto mayor sea el tipo de interés de la divisa subyacente con relación al tipo de interés de la moneda doméstica, mayor será el diferencial de primas para las opciones Call. De la misma forma, cuanto menor sea el tipo de interés de la divisa subyacente con relación al tipo de interés de la moneda doméstica, mayor será el diferencial de primas para las opciones Put.

14.4 Opciones americanas sobre acciones.

En las opciones americanas sobre acciones, el problema fundamental de la valoración se presenta con los repartos de dividendos cuando la opción no está protegida ante este evento, lo cuál es la norma usual en los mercados.

De no existir dividendos, el ejercicio anticipado de la opción sólo interesaría en el caso de las opciones put muy "dentro del dinero", por lo que la diferencia de valor entre las opciones americanas y las europeas sería poco significativa en la mayoría de los casos.

La presencia de dividendos amplía el número de situaciones en que interesa ejercer anticipadamente la opción, lo cuál supone que el diferencial de valor entre las opciones americanas y europeas aumenta. Para mejorar la comprensión de lo anterior, comenzaremos nuestro análisis con la valoración de opciones americanas sobre acciones que **no reparten dividendos**.

14.5 Valoración de opciones americanas que no reparten dividendos.

En la valoración de este tipo de opciones debemos diferenciar nítidamente entre las opciones call y las put. En el caso de las call, la modalidad americana debe valer en principio lo mismo que la opción europea, ya que nunca se producirá el ejercicio anticipado, La verificación de este hecho es sencilla:

En el caso de ejercicio anticipado, el valor de la opción sería su valor intrínseco, es decir, $S - E$.

De no ejercer anticipadamente, el valor de la opción call tendrá como límite inferior:

$$S - E * (1+i)^{-T} . \text{ es decir: } C \geq S - E * (1+i)^T ; \text{ ya que: } C \geq S - E * (1+i)^T > S - E$$

Nunca interesa ejercer una opción call americana sobre una acción que no reparte dividendos antes de su vencimiento. Es decir, sin dividendos la opción call americana siempre vale más viva que ejecutada. Por tanto, la posibilidad de ejercicio anticipado no proporciona ningún beneficio especial y la call americana se puede valorar sin problemas como una call europea con el modelo de los diagramas binomiales.

Por el contrario, el caso de las opciones put es diferente. En el caso de ejercicio anticipado obtenemos:
 $P = E - S$. (Ecuación 1).

Si no ejercemos, por la paridad put-call sabemos que la put debe tener el valor igual a:

$$P = C - S + E * (1+i)^{-T} \quad (\text{Ecuación 2}).$$

Si la ecuación uno es mayor que la dos, en cualquier momento previo al vencimiento de la opción, interesará el ejercicio anticipado. Es decir, la condición necesaria y suficiente para que se produzca el ejercicio anticipado sería la siguiente:

$$E - S > C - S + E * (1+i)^{-T};$$

y ordenando los términos de la desigualdad:

$$E * (1 - (1+i)^{-T}) > C$$

y en consecuencia:

$$E * \frac{i}{(1+i)^T} > C \quad (\text{Ecuación 3})$$

Analizando sobre todo esta última expresión, podemos observar que los factores que influyen en la probabilidad de ejercicio anticipado son fundamentalmente dos:

1. El grado en que la opción put esté "dentro del dinero". Efectivamente, "C" (el costo de la prima de la opción call) será menor cuanto más "fuera del dinero" esté dicha opción, lo que equivale a decir cuanto más "dentro del dinero" esté la opción put.
2. El nivel de los tipos de interés. Cuanto más alto sea el tipo de interés, será más probable el ejercicio anticipado de las put que se encuentran "dentro del dinero".

Ahora bien, en términos menos formales podemos explicar el ejercicio anticipado de la siguiente manera:

El efecto del tipo de interés sobre el valor de una opción de venta es negativo. Si este efecto negativo de los tipos de interés supera al valor como mecanismo de seguro de la put, ésta se ejercerá anticipadamente, puesto que en tal caso ya no importaría tener la opción.

En consecuencia, dado que en las opciones put americanas el ejercicio anticipado puede ser rentable y conveniente, su valor debe ser superior al de la opción put europea.

La valoración de las opciones put americanas es relativamente sencilla con el método del árbol ó diagrama binomial. La única modificación que se exige con respecto a la utilización para opciones europeas es que en cada nodo del árbol se debe verificar que:

$$p * P_{tu} + (1 - p) * P_{td} \geq E - S_{t-1}$$

Es decir, que el valor de cada nodo del árbol binomial para la opción sea mayor ó igual que la diferencia entre el precio de ejercicio estipulado en el contrato y el estimado para el subyacente. En caso contrario, debemos sustituir el valor en función de los períodos futuros por el valor intrínseco de la opción en la fecha correspondiente.

14.6 Ejemplo para opciones de venta americanas sobre títulos accionarios que no reparten dividendos

A continuación, se llevará a cabo un ejemplo sobre un título accionario para demostrar todo lo comentado con anterioridad respecto a esta modalidad de opciones americanas. Además, resaltaremos de nueva cuenta las diferencias existentes en comparación con las opciones europeas en el momento en que estas se hacen presentes durante el desarrollo de este caso, para que así sean más fácilmente identificadas y comprendidas.

Supongamos que tenemos una opción de venta sobre una acción cualquiera con los datos siguientes:

Precio de la acción subyacente "S" : 800 pesos
 Precio de ejercicio de la opción "E" : 800 pesos
 Factor de probabilidad al alza de la acción: 1.25
 Factor de probabilidad a la baja de la acción: 0.80
 Tasa de interés libre de riesgo asociado a la acción: 1.050 (como factor de "interés instantáneo").
 Número de períodos de la opción: 4

Por lo tanto, los parámetros "p" y "1-p" los obtenemos de la siguiente manera:

$$p = \frac{1.050 - 0.80}{1.250 - 0.80} = 0.5556$$

$$1 - p = 0.4444$$

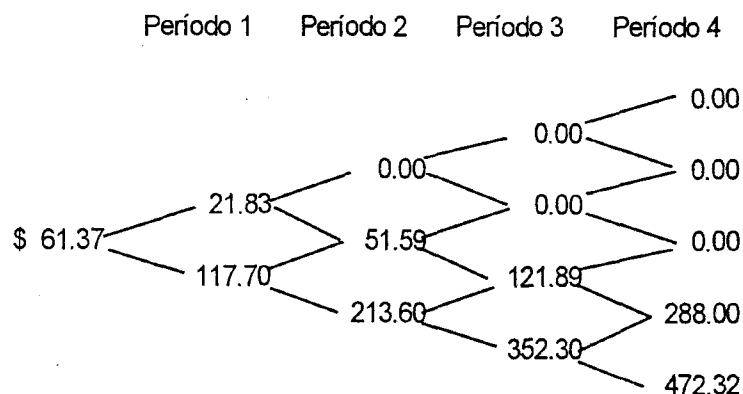
La evolución de la acción, en base a estos supuestos, la podríamos representar por medio del diagrama siguiente:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				\$1,953.13
			\$1,562.50	
		\$1,250.00		\$1,250.00
	\$1,000.00		\$1,000.00	
\$800.00		\$800.00		\$800.00
	\$640.00		\$640.00	
		\$512.00		\$512.00
			\$409.60	
				\$327.68

Como siempre, mediante el método del proceso binomial se nos permite tratar de visualizar los posibles escenarios que encontraríamos para el activo subyacente, al aplicarle los factores de alza y baja aritméticamente propuestos para ello. En la práctica, se ha corroborado que el margen de error en ellos normalmente es mínimo.

Como acto seguido, se procede a la obtención de los valores intrínsecos según el precio de ejercicio del contrato de opción en el último período, elaborando el diagrama de árbol que le correspondería mediante la fórmula del ya manejado método recursivo para el costo de la prima.

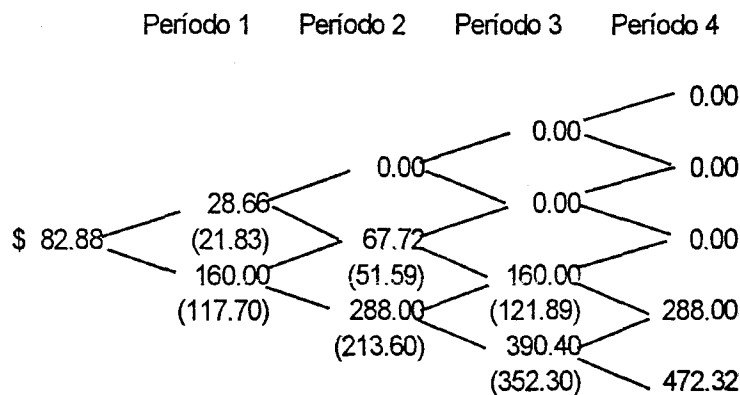
Para hacer notorias las diferencias entre la valoración de la prima de una opción tipo americana con una europea, primero realizaremos el diagrama de árbol para la opción como si se tratase de una opción de venta europea:



Podemos darnos cuenta que de acuerdo a las características presentes, para la acción subyacente con valor de mercado de \$800.00, una opción de venta tipo europea tendría un costo de \$61.37 pesos.

Ahora, la valoración de la **opción de venta americana** se realiza a partir del diagrama para la evolución del subyacente y comparando sus valores intrínsecos en cada período para ver si son ó no mayores a lo que costaría la opción si no se ejerciese, también mediante el típico "árbol binomial":

A efectos ilustrativos, en los valores de la acción en los que se produciría un ejercicio anticipado se indican entre paréntesis el valor de la opción en el caso de no existir dicho ejercicio.



Podemos darnos cuenta cómo en el período tres se puede producir un ejercicio anticipado si la acción se sitúa a \$640.00 y \$409.60 pesos. En estos casos, los valores intrínsecos (\$160.00 y \$390.40) son superiores al valor de la opción si no se ejerce en ese momento (\$121.89 y \$352.30 respectivamente). En consecuencia, en el proceso de valoración sustituiremos un valor por otro al tratarse de una opción put americana.

Obviamente, esta posibilidad de ejercer anticipadamente explica que la modalidad americana valga más que su equivalente europea (\$82.88 contra \$61.37).

14.7 Valoración de opciones americanas sobre acciones que reparten dividendos.

Los antecedentes. El modelo de Merton.

El primer modelo propuesto para valorar opciones sobre acciones que reparten dividendos es el modelo de Merton (1973), el cuál constituye una extensión del modelo Black-Scholes. En consecuencia, su hipótesis y derivación son similares, añadiendo exclusivamente la hipótesis adicional de que la acción reparte una tasa continua de dividendos durante la vida de la opción.

El modelo de Merton tiene el valor de ser el primer modelo analítico que incluye los dividendos del activo subyacente; de hecho, su utilización es mayor que la del modelo Black-Scholes. No obstante, presenta serias limitaciones ya que la hipótesis del dividendo continuo es irreal y sólo puede utilizarse para opciones europeas.

Cualquier persona que conozca mínimamente los mercados de valores sabe que las acciones descuentan, es decir, deducen de su precio los dividendos pagados a los accionistas. Este hecho debe incluirse al valorar opciones sobre acciones que reparten dividendos. En general, dado que las opciones sobre acciones tienen un plazo de vencimiento no muy dilatado, es relativamente fácil hacer una estimación de los dividendos que va a pagar la acción subyacente durante la vida de la opción. Por supuesto, algunas empresas modifican sus dividendos en bastantes ocasiones, pero la importancia de dicha modificación suele ser pequeña de un año a otro.

14.8 Utilización del modelo binomial para valorar opciones americanas en presencia de dividendos.

Por su parte, el método binomial nos permite valorar correctamente y de forma sencilla las opciones americanas sobre acciones. Las modificaciones necesarias en su utilización con relación a lo expuesto en los apartados para las opciones europeas son las dos siguientes:

1. En el árbol binomial que refleja la evolución de la acción **deben reflejarse los repartos de dividendos**. Estos repartos de dividendos aumentarán la complejidad del árbol, aunque no de forma excesiva, cuando trabajamos con un número grande de periodos y a partir del periodo en que se contempla la distribución del dividendo.

El período en que se debe imputar el dividendo será el número entero más próximo al cociente:
$$(n * t) / T;$$

Donde: n = Número de periodos a utilizar en el modelo binomial.

t = Número de días desde la fecha de cálculo hasta la fecha de pago del dividendo.

T = Plazo de vencimiento de la opción (en días).

Ejemplo: Se va a evaluar una opción americana a 180 días sobre una acción que reparte dividendos en 125 días. El número de períodos elegido es de 20.

$$(20 * 125) / 180 = 13.89 = 14$$

En consecuencia, deberemos contemplar el pago del dividendo en el período 14.

2. En cada período del árbol, deberemos verificar que:

$$p * C_{tu} + (1 - p) * C_{td} \geq S_{t-1} - E$$

Es decir, que los valores intrínsecos alto y bajo del árbol de la opción multiplicados por sus factores de probabilidad correspondientes, sean mayores que el valor intrínseco que existe entre el precio de ejercicio y el de mercado para el subyacente. En caso contrario, se producirá el ejercicio anticipado y por tanto el valor de la opción en dicho nodo del período "t-1" será: $S_{t-1} - E$, como hemos visto en las prácticas pasadas.

Con relación a las opciones Put, al comienzo del apartado sobre "acciones americanas que no reparten dividendos" vimos cómo se podía producir el ejercicio anticipado, incluso aunque éstos no existan para la acción subyacente.

La existencia de dividendos altera la condición establecida en la ecuación de ejercicio anticipado que

se definió de la siguiente manera: $E * \frac{i}{(1+i)^{-T}} > C$.

En el caso de ejercicio anticipado obtenemos: $P = E - S$

Si no ejercemos, por la paridad Put-Call la opción Put debe tener un valor igual a:

$$P = C - S + E * (1+i)^{-T} + D * (1+i)^{-t}$$

Existe la posibilidad de ejercicio anticipado si la ecuación anterior es mayor que el precio de ejercicio ("E") menos el precio del subyacente ("S").

$C - S + E * (1+i)^{-T} + D * (1+i)^{-t} < E - S$. de la cuál obtenemos:

$$C < E * \frac{i}{(1+i)^T} - D * (1+i)^{-t}$$

Esta última expresión nos enuncia la condición **necesaria y suficiente** para que exista un ejercicio anticipado antes de la fecha de distribución del correspondiente dividendo. Es decir, si ésta se verifica, los poseedores de las opciones Put americanas deben ejercer automáticamente.

Por otro lado el valor de la Call no puede ser negativo, por lo que:

$$E * \frac{i}{(1+i)^T} - D * (1+i)^{-t} > 0 \quad , \text{ y despejando "D", tendremos:}$$

$$D < \frac{i * E * (1+i)^t}{(1+i)^T}$$

Si en cualquier momento se verifica esta última expresión, sabemos que se puede producir un ejercicio anticipado de la opción Put tipo americana, incluso antes de la distribución del dividendo. Si ésta no se verifica, el ejercicio anticipado no se puede producir antes de la distribución del dividendo, pero sí es posible en el período comprendido entre la fecha de reparto del dividendo y la fecha de vencimiento de la opción.

Ejemplo:

Para una opción con las características siguientes, verificar si supone o no un ejercicio anticipado:

$$S = \$ 1,000.00$$

$$E = \$ 1,000.00$$

$$D = \$ 100.00$$

$$i = 13 \%$$

$$T = 6 \text{ meses (0.5 años)}$$

$$t = 3 \text{ meses (0.25 años)}$$

aplicando la fórmula obtenemos:

$$50 < \frac{0.13 * 1,000 * (1 + 0.13)^{0.25}}{(1 + 0.13)^{0.50}} = 50 < 126.09$$

Lo cuál supone que el ejercicio anticipado de la opción Put es teóricamente posible, incluso antes de la distribución del dividendo. Si el dividendo fuese superior a los \$126.09 pesos obtenidos con la fórmula, el ejercicio anticipado sólo sería posible después de la fecha de reparto de dicho dividendo.

Por último, con respecto a la valoración de las opciones Put americanas sobre acciones que reparten dividendos según el método binomial, no tenemos que añadir nada a lo que se expuso en el apartado

para el cálculo de los árboles de valores para la proyección del activo subyacente y del valor de la prima de la opción para las opciones Call americanas. En cada nodo se debe verificar que:

$$p * P_{iu} + (1 - p) * P_{id} \geq E - S_{t-1}$$

En caso contrario, se cumple:

$$C < E * \frac{i}{(1+i)^T} - D * (1+i)^{-t} \text{ y se produce ejercicio anticipado, por lo que el valor del nodo será el}$$

valor intrínseco de la opción Put para dicho período y precio.

La flexibilidad del método binomial permite su aplicación en otros supuestos como los siguientes:

- Opciones americanas sobre acciones con una posible ampliación de capital si el contrato de opción no está protegido ante este evento. En este caso el valor teórico del derecho de suscripción sustituirá al dividendo "D".
- Rechazo de la hipótesis de descuento del dividendo del precio de la acción. Como hemos comentado, el supuesto del descuento íntegro del dividendo del precio de la acción en el momento de su reparto es muy realista. Ahora bien, si se estima que la acción no va a descontar el dividendo en su totalidad, también el método binomial es válido.

En este caso, "D" será igual a:

$$D = a * \text{Dividendo}; 0 \leq a \leq 1$$

Siendo "a" la parte estimada del dividendo que será descontada después del reparto, en el precio de la acción.

14.9 Ejemplos de opciones sobre títulos que reparten dividendos:

En los siguientes ejemplos se intentará dejar claro todo lo redactado precedentemente. Es preciso tener muy en cuenta la forma en la que se desarrollará el diagrama de árbol desde el momento en el cual se pagarán los dividendos del título accionario, ya que de ello depende la valoración final de cada prima de los contratos de opción.

Opciones americanas sobre acciones que reparten dividendos.

Supongamos que tenemos una opción de compra americana sobre un documento accionario cualquiera con los datos siguientes:

Precio de la acción subyacente "S": \$ 1,500.00

Precio de ejercicio de la opción "E": \$ 1,300.00

Factor de probabilidad al alza de la acción: 1.25

Factor de probabilidad a la baja de la acción: 0.80

Tasa de interés libre de riesgo asociado a la acción: 1.050 (como factor de "interés instantáneo")

Número de periodos de la opción: 4

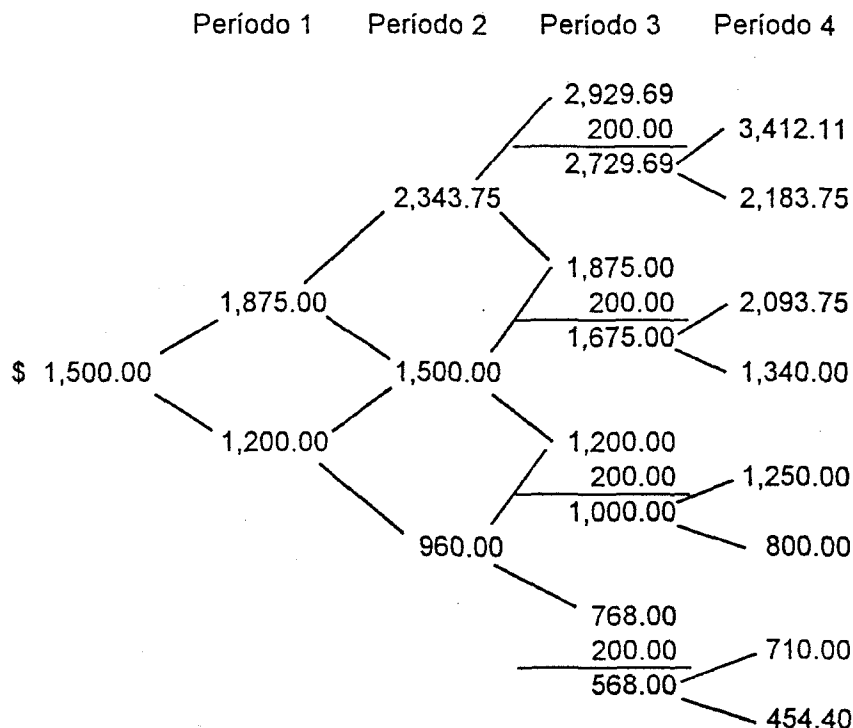
La acción pagará un dividendo de \$ 200.00 en el periodo número 3.

Por lo tanto, los parámetros "p" y "1-p" los obtenemos de la siguiente manera:

$$p = \frac{1.050 - 0.80}{1.250 - 0.80} = 0.5556$$

$$1 - p = 0.4444$$

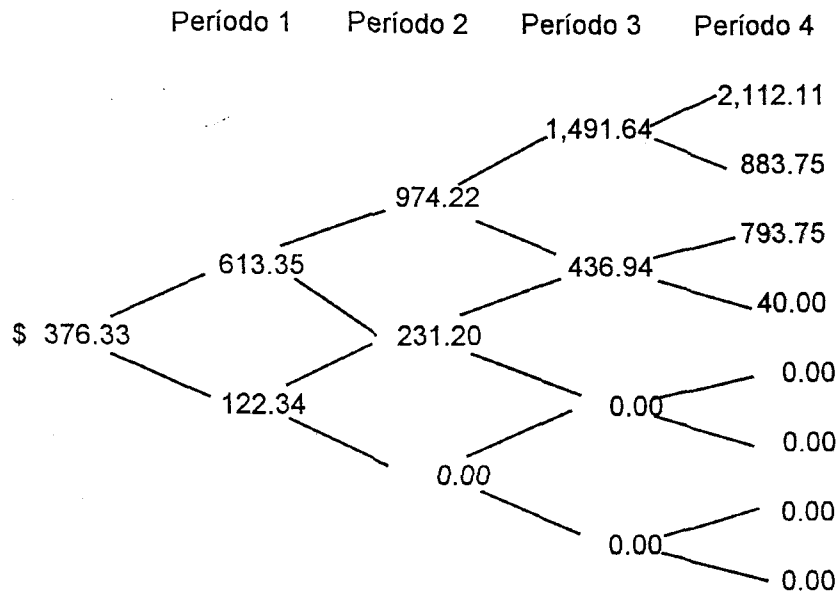
La evolución de la acción, en base a estos supuestos, la podríamos representar por medio del diagrama siguiente:



El cálculo del diagrama anterior es ordinario al de una opción para cualquier subyacente, con la única excepción de que en el periodo número 3 debemos descontar los dividendos que la acción pagará para que una vez que se tenga el valor real del título, poder continuar con el cálculo para el periodo 4.

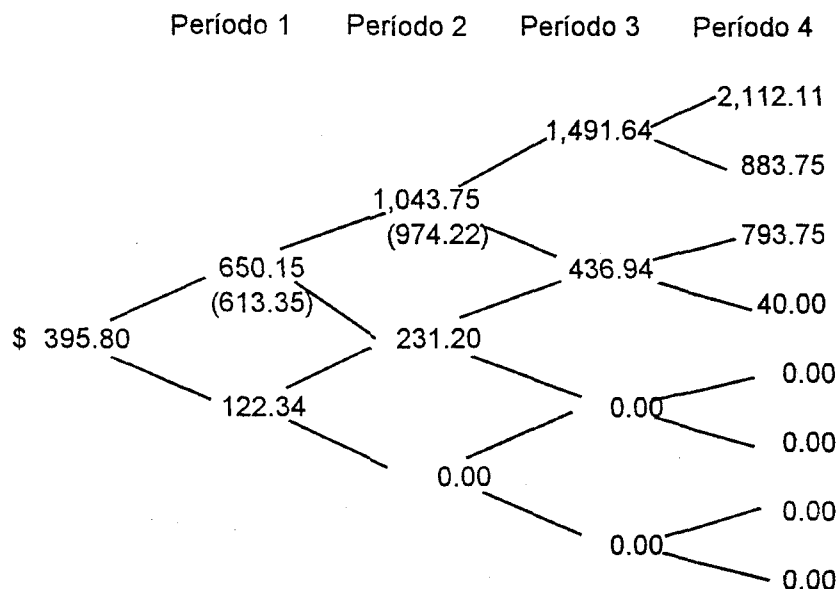
Ahora, calcularemos primero el valor de la prima de la opción call europea.

Cálculo de la prima de la opción de compra tipo europea:



El calcular primero el valor de la prima de la opción call europea es con la idea de posteriormente comparar las diferencias tanto en el desarrollo del árbol como en el precio final de la opción americana. En este diagrama, podemos observar que el costo de la opción europea será de \$ 376.33 pesos por cada acción amparada.

Observemos ahora el cálculo de la prima de la **opción de compra tipo americana**:



Al calcular mediante el conocido método recursivo el valor de la opción americana sobre una acción que reparte un dividendo de \$ 200.00 en el período 3, vemos que tendría una prima correspondiente de \$395.80 pesos, representando un incremento de \$ 19.47 pesos por cada acción amparada por este tipo de opción. El primer valor que afecta al costo de la prima se localiza en el período 2, que sería el momento en el que la opción americana se ejercería. Cabe señalar que mientras mayor sea el dividendo que la acción subyacente pague, el valor de su prima descenderá.

Supongamos ahora que tenemos una **opción de venta americana** sobre un documento accionario cualquiera con los datos siguientes:

Precio de la acción subyacente "S" : \$ 1,500.00

Precio de ejercicio de la opción "E" : \$ 1,300.00

Factor de probabilidad al alza de la acción: 1.25

Factor de probabilidad a la baja de la acción: 0.80

Tasa de interés libre de riesgo asociado a la acción: 1.050 (como factor de "interés instantáneo").

Número de períodos de la opción: 4

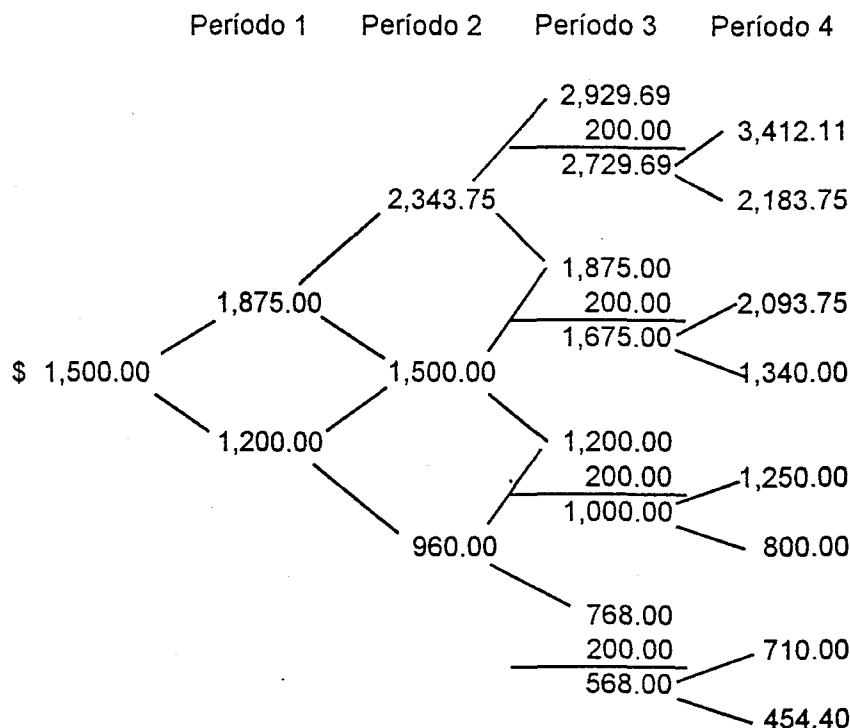
La acción pagará un dividendo de \$ 200.00 en el período número 3.

Por lo tanto, los parámetros "p" y "1-p" los obtenemos de la siguiente manera:

$$p = \frac{1.050 - 0.80}{1.250 - 0.80} = 0.5556$$

$$1 - p = 0.4444$$

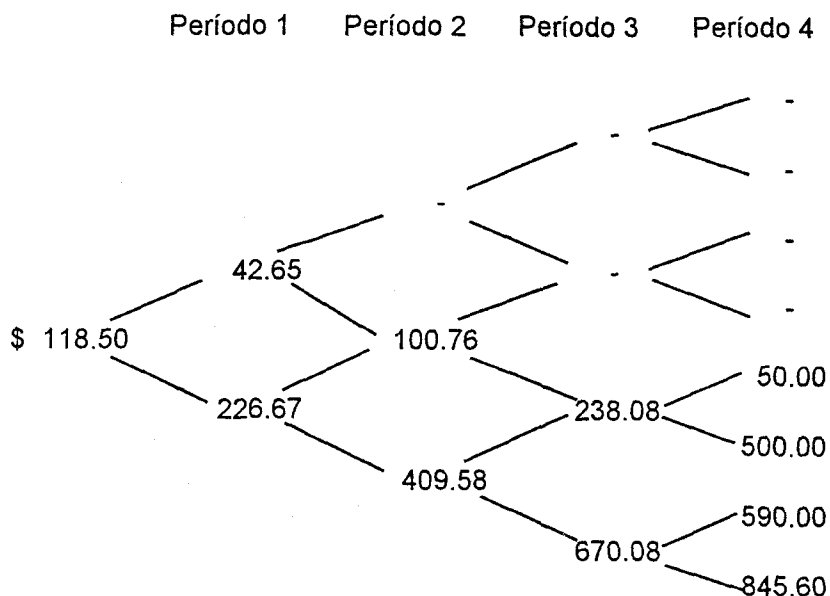
La evolución de la acción, en base a estos supuestos, la podríamos representar por medio del diagrama siguiente:



El cálculo del diagrama anterior es ordinario al de una proyección para cualquier subyacente, con la excepción de que en el período número 3 debemos descontar los dividendos que la acción pagará para posteriormente continuar con el cálculo del valor para el período 4.

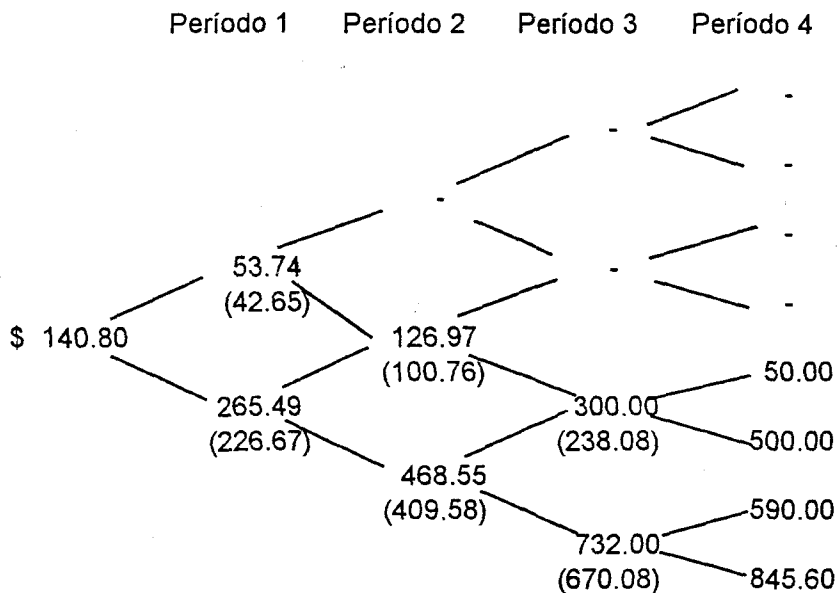
Se calculará a continuación el valor de la prima de la opción put europea, después el de la americana.

Cálculo de la prima de la opción de venta tipo europea:



El calcular primero el valor de la prima de la opción put europea es con la idea de hacer después poder una comparación en las diferencias tanto en el desarrollo del árbol como en el precio final de la opción americana. En este diagrama de la europea, podemos observar que el costo de ella será de \$ 118.50 pesos por cada acción amparada por una opción de este tipo.

Cálculo de la prima de la opción de venta tipo americana:



Al calcular mediante el conocido método recursivo el valor de la opción americana sobre una acción que reparte un dividendo de \$ 200.00 en el período 3, vemos que ésta tendría una prima correspondiente de \$140.80 pesos, observando un incremento de \$ 22.30 pesos por cada acción amparada por la opción de venta americana. Cabe señalar que mientras mayor sea el dividendo que la acción subyacente pague, el valor de su prima descenderá.

Por otro lado, podemos preguntarnos si existe alguna condición que suponga el ejercicio anticipado de la opción de compra. Esta condición existe, aunque es **necesaria y no suficiente**. Roll (1977) ha demostrado que la condición necesaria no suficiente es que:

$$D > (i' * E) / (1 + i)$$

Siendo i' el tipo de interés vigente para el período comprendido entre la fecha de pago del dividendo y el vencimiento de la opción. En el ejemplo que hemos manejado, $D = 200.00$, $i' = 0.05$ y $E = 1,300.00$. Se demuestra que la condición necesaria se cumple, ya que:

$$200 > (0.05 * 1,300) / (1 + 0.05); 200 > 61.91$$

Por ejemplo, si el dividendo en el caso pasado hubiera sido de \$ 60.00, sabemos con certeza que no habría interesado el ejercicio anticipado. Ahora bien, dado que es sólo una condición necesaria, su cumplimiento no implica que se produzca siempre el ejercicio anticipado. En la práctica, los operadores con opciones deciden ejercer anticipadamente cuando el valor intrínseco de la opción americana supera al valor teórico de una opción europea equivalente en el momento del cálculo. Esto se puede producir en el día inmediatamente anterior a la distribución del dividendo, por lo que una regla importante a tener en cuenta con estas opciones es la siguiente:

El poseedor de opciones Call sobre acciones que reparten dividendos debe analizar cuidadosamente el beneficio del ejercicio anticipado cuando se acercan las fechas de distribución de dividendos de la acción subyacente. Si "S" menos "E" es mayor que el valor teórico de la opción, debe ejercer anticipadamente.

14.10 Ejemplos de Opciones americanas sobre contratos de futuros

Para concluir con este capítulo de contratos de opciones tipo americano, recalcularemos dos de los árboles binomiales hechos anteriormente sobre contratos de futuros; en particular, nos remitiremos al ejemplo hecho para las opciones europeas que tenían como subyacente al futuro de la T.I.I.E., iniciado en la página 92.

Como notaremos en los diagramas siguientes, el procedimiento es el mismo que el descrito para las opciones que no son sobre futuros, pero nos será útil observar las diferencias directamente en el árbol de la opción americana.

A continuación valuaremos la correspondiente opción **call americana** para los primeros contratos futuros que resolvimos sobre la T.I.I.E. sobre los diagramas de las páginas 93 y 94. A efectos operativos, la adaptación del método binomial para opciones americanas sobre futuros sólo exige que en cada "nodo" del árbol se compare el valor intrínseco con el valor de la opción en función de la evolución futura del subyacente. Si el valor intrínseco es superior, se producirá el ejercicio anticipado y entonces el valor de la opción en dicho punto será tal valor intrínseco.

Los valores que se encuentran con números más pequeños representan a los encontrados para las opciones europeas; o lo que es igual, sería el valor que la opción tendría en el período correspondiente en caso de no ejercerse.

Diagrama para la evolución del precio de la opción call americana:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				21.5064
			15.5788	
		10.0348	15.4093	10.0366
	5.9817	9.8177	4.8513	
3.4258	5.8650	2.3194	4.7986	0.0032
	1.1089	2.2942	0.0015	
	1.0969	0.0007	0.0015	0.0000
		0.0007	0.0000	
			0.0000	0.0000

Siguiendo las mismas reglas que para la opción call, revisemos el árbol correspondiente a la opción put.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put americana:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	1.1844	0.0000	0.0000	
3.4251	1.1719	2.3170	0.0000	0.0000
	5.5930	2.2926	4.5327	
	5.4846	8.7751	4.4849	8.7737
		8.5858	12.7416	
			12.6029	16.4514

Podemos observar las diferencias en los costos de ambas modalidades; mientras que las opciones europeas tuvieron para la opción call y put una prima de 336.38 y 336.37 puntos básicos respectivamente, las opciones americanas sobre ese mismo subyacente alcanzan primas de 342.58 y 342.51 puntos para la call y la put, en éste orden.

Ahora valuaremos las correspondientes **opciones americanas** al finalizar el primer período de dicha cobertura trimestral sobre la T.I.I.E., analizadas en los árboles de las páginas 96 y 97. En este ejercicio, los parámetros necesarios para los diagramas de estas opciones eran los siguientes, para " R "= 1.0084, " p "= 0.4826 y " $1-p$ "= 0.5174. La adaptación del método para opciones americanas sobre futuros sólo exige que en cada "nodo" del árbol se compare el valor intrínseco con el valor de la opción en función de la evolución futura del subyacente. Los valores que se encuentran con números más pequeños representan a los encontrados para las opciones europeas; o lo que es igual, sería el valor que la opción tendría en el período correspondiente en caso de no ejercerse.

Diagrama para la evolución del precio de la opción call americana:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				32.5957
			25.7442	
		19.3499	25.5293	19.3527
	13.5322	19.0281	13.3849	
8.9920	13.3507	8.3254	13.2730	7.8177
	4.9031	8.2719	3.7414	
	4.8775	1.7906	3.7414	0.0000
		1.7906	0.0000	
			0.0000	0.0000

Siguiendo las mismas reglas que para la opción call, revisemos el árbol correspondiente a la opción put.

Diagrama para la evolución del precio de la opción put americana:

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
				0.0000
			0.0000	
		0.0000		0.0000
	0.3011	0.0000	0.0000	
1.3450	0.3011	0.5869	0.0000	0.0000
	2.3406	0.5869	1.1439	
	2.3259	4.0144	1.1439	2.2295
		3.9857	6.7571	
			6.7011	10.9808

Podemos observar las diferencias en los costos de ambas modalidades; mientras que las opciones europeas tienen para la opción call y put una prima de 889.20 y 133.75 puntos básicos respectivamente, las opciones americanas sobre ese mismo subyacente alcanzan primas de 899.20 y 134.50 puntos para la call y la put, en ése orden.

En la literatura financiera, la valoración de opciones americanas sobre futuros ha recibido una atención especial. Generalmente, los distintos modelos empleados intentan presentar soluciones analíticas frente a la solución numérica del método binomial. Uno de los modelos más conocidos es el "semianalítico" de Whaley. El adjetivo "semianalítico" se debe a que a pesar de que el modelo propone una fórmula cerrada de valoración, su resolución exige un proceso iterativo de cálculo. Otros autores han propuesto adaptar el método de evaluación analítica de una opción compuesta, elaborado por Geske y Johnson (1984) para las opciones americanas sobre futuros.

En otra línea, Ramaswamy y Sundaresan (1984), entre otros, han propuesto soluciones numéricas para valorar este tipo de opciones a través del método de "diferencias finitas". Como indica Augros (1989), el problema de éste método es que exige un tiempo de cálculo importante, ya que se debe "barrer" todo el espacio tiempo/precio futuro asociado a la opción. Comparando los resultados de estos métodos contra los obtenidos mediante el proceso del "árbol binomial" para vencimientos iguales o inferiores a seis meses, se ha demostrado que los resultados son prácticamente iguales. En el caso de opciones americanas a medio y largo plazo, el método semianalítico de Whaley sobrevalora sistemáticamente las primas. Es decir, a efectos prácticos, a los operadores de opciones no les compensa utilizar modelos sofisticados de valoración para opciones americanas, ya que la mayor dificultad de comprensión del modelo no añade unos resultados más exactos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las opciones financieras, lejos de ser un instrumento demasiado sofisticado y alejado del alcance de los gestores de riesgos e inversionistas, han demostrado ser en realidad una herramienta muy valiosa para proteger y manejar tanto patrimonio empresarial como individual. Las cualidades de su accionar les otorgan ventajas sobre otro tipo de instrumentos derivados financieros que existen hoy en día. Haremos aquí una pequeña reseña de los apartados que a lo largo del trabajo se estuvieron manejando:

Las opciones referidas a una divisa, y particularmente sobre el dólar, podrían ser actualmente las más provechosas y las que en un corto plazo comiencen a contar con mayor liquidez e "interés abierto" en el mercado nacional, ya que es bien sabido que el dólar es uno de los elementos principales que influyen en nuestra economía. Para una empresa importadora o exportadora de bienes y servicios en esta divisa, casi es un elemento substancial para evitar pérdidas y a la vez tener latente la posibilidad de incidir en ganancias aprovechando la naturaleza de estos contratos financieros, que brindan el derecho, mas no la obligación a su titular al ejercicio de la misma.

Como experiencia vivida de lo que sucedió a finales de 1994 cuando el tipo de cambio peso-dólar se disparó irremediablemente haciendo que muchas empresas que inclusive aún no teniendo sus costos en dólares se fueran a quiebra, seguramente esto no habría alcanzado magnitudes tan altas si en ése momento hubieran contado con una opción financiera que les garantizara un costo máximo de su deuda, o bien, la protección conveniente para que sus costos no se fueran muy por arriba de sus ganancias de aquel tiempo.

Las opciones sobre tipos de interés son otro tipo de contratos que se piensa pueden llegar a ser imprescindibles de uso en las entidades que consideran financiarse contratando créditos indexados a tasas nacionales o extranjeras; dados los abundantes escenarios de volatilidad para las mismas, en un momento dado su deuda puede incrementarse hasta un costo desmesurado, mientras que al contar con el respaldo de una opción, se tendrá la confianza definitiva de que la deuda no puede pasar por encima de los límites estipulados en el contrato, lo cuál en ocasiones puede llegar a significar la supervivencia o la liquidación de una organización.

Las opciones sobre índices accionarios y no accionarios como el I.N.P.C., tienen su mayor campo de acción entre aquellos inversionistas que cuentan con una cartera o portafolio bursátil indexado al comportamiento del índice respectivo, y que dado el caso tienen la necesidad de venderlo o bien el deseo de conservarlo nutriendo su valor, les resultará conveniente ampararse con un contrato de opción de venta o de compra respectivamente, presentándose a la vez como un buen instrumento de especulación.

Las opciones commodities o sobre mercancías, demostraron su utilidad creciente en la medida en que sean capaces de hacer que un productor disminuya radicalmente su riesgo de pérdidas en las operaciones con intermediarios nacionales y/o extranjeros, simultáneamente dejando abiertas las eventualidades para obtener alguna ganancia en el desarrollo de sus operaciones.

Las opciones sobre títulos accionarios, consiguen dar su principal aportación al poseedor de acciones o inversionista interesado en los bonos de una empresa, como pieza importante para que el capital a invertir cuente con la importante plusvalía de seguridad al momento de adquirirlos; o por el lado de la empresa que los expide, al momento de venderlos, éstos mantengan un precio competitivo.

Es obvio que todas las variantes en los contratos de opciones financieras otorgan potencialmente ventajas operativas a sus poseedores, sin embargo, también es cierto que inicialmente debemos intentar conocer las condiciones y magnitudes en las que serán redituables y aportarán una posible ganancia. Los contratos tienen como finalidad principal eliminar los riesgos que acompañan a toda operación comercial y financiera, lo que por el hecho de otorgar este privilegio tienen también el costo de la prima para su titular, esto a su vez hace necesario ser estudioso de cada marco dentro del cuál una empresa consideraría equitativamente rentable la aplicación de estos instrumentos, ya que también es muy válido tener la noción de que para algunos tipos de empresas en determinados momentos se presenten escenarios lo insuficientemente alicientes como para juzgar el llegar a obtener beneficios reales o ganancias por medio de ellos.

No obstante, como vimos, una de las condiciones principales a examinar para el empleo de estos contratos era advertirse dentro de un mercado con altas tasas de volatilidad, lo que de entrada es elemento substancial dentro de nuestra economía y la de muchas naciones; por lo tanto, ya es un factor que sin duda alguna impulsará a los inversionistas a echar mano de este tipo de herramientas de hoy en adelante.

Finalmente, un capital protegido y respaldado usando contratos de opciones en medio de todo este entorno cambiante, tendrá como valor agregado la confianza de ser un capital mejor invertido, así como contar con la firmeza y el dinamismo necesarios para una eficiente operación.

BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE INFORMACION

Lamothe Fernández, Prosper “OPCIONES FINANCIERAS, Un enfoque fundamental”, Editorial McGraw Hill, España, 1993.

Díaz, Carmen, “FUTUROS Y OPCIONES SOBRE FUTUROS, Teoría y práctica”, Editorial Prentice Hall, México, 1998.

Suñol, Rafael; Nuño, Pedro; Pregel, Gert; “INSTRUMENTOS FINANCIEROS AL SERVICIO DE LA EMPRESA”, Editorial Deusto, S.A., España, 1991.

Díaz Tinoco Jaime y Hernández Trillo Fausto, “FUTUROS Y OPCIONES FINANCIERAS, Una introducción”, Editorial Limusa, México, 1998.

“INGENIERIA FINANCIERA”, Díez de Castro, Editorial Limusa, España, 1994.

Urquijo de la Puente, José L., “RIESGO Y DECISIONES”, Editorial Deusto, S.A., España.

Rivera Carmona, Alfredo, “LA ADMINISTRACION FINANCIERA ANTE EL RETO ACTUAL DE LA CRISIS EN LA MICRO, PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA”, Editorial PAC, S.A., México, 1997.

BOLETINES ELECTRONICOS INFORMATIVOS “PRODUCTOS DERIVADOS” DE BANCA SERFIN.

BOLETINES ELECTRONICOS INFORMATIVOS DE CHICAGO BOARD OPTIONS EXCHANGE

SISTEMA MEXICANO DE BANCO DE DATOS ELECTRONICOS DE I.N.E.G.I

PUBLICACIONES MENSUALES DE LA REVISTA “INFORMACION DINAMICA DE CONSULTA”, MEXICO.

PAGINA ELECTRONICA DEL MERCADO MEXICANO DE DERIVADOS (MEXDER)

PAGINA ELECTRONICA DE CONSULTA "SIFISCAL", MEXICO.

PAGINA ELECTRONICA DE PETROLEOS MEXICANOS (PEMEX)

PAGINA ELECTRONICA DE CASA DE BOLSA "M.E.F.F." (ESPAÑA).

A N E X O S

**17.1 Términos y Condiciones del Contrato de Futuro sobre el Certificado de la Tesorería de la Federación a 91 días.
(Liquidación en Efectivo)**

I. OBJETO.

1. Activo Subyacente.

Los Certificados de la Tesorería de la Federación con un plazo de 91 días o al plazo que substituya a éste en caso de días inhábiles (en adelante Cetes) son títulos de crédito al portador denominados en moneda nacional a cargo del Gobierno Federal. Estos títulos son colocados a descuento, conforme lo establece la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Los montos, rendimientos, plazos y condiciones de colocación, son determinados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, oyendo previamente la opinión del Banco de México. Por lo general se emiten CETES a 28, 91, 182 y 364 días, aunque se han llegado a emitir CETES a 7, 14 días y a 2 años.

2. Número de Unidades del Activo Subyacente o Valor Nominal que ampara un Contrato de Futuro.

Cada Contrato de Futuro sobre el Cete a 91 días ampara una cantidad de 10,000 (diez mil) Cetes, equivalente a un valor nominal de 100,000.00 pesos (cien mil 00/100 pesos).

3. Series.

En términos de sus respectivos Reglamentos Interiores, MexDer y Asigna listarán y mantendrán disponibles para su negociación distintas Series del Contrato de Futuro del Cete a 91 días sobre una base de vencimientos trimestrales, lo que significa que se abrirán a la negociación permanentemente Contratos de Futuros con Fechas de Vencimiento para los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre.

En caso de que el mercado demande la disponibilidad de Contratos de Futuro del Cete a 91 días con Fechas de Vencimiento distintas a las señaladas en el párrafo anterior, MexDer podrá listar nuevas Series para su negociación.

4. Símbolo o clave de pizarra.

Las distintas Series del Contrato de Futuro del Cete a 91 días serán identificadas con un símbolo o clave de pizarra que se integrará por la expresión "CT91" a la que se agregarán la primera letra más la siguiente consonante del mes de vencimiento y los últimos dos dígitos del año de vencimiento conforme al ejemplo siguiente:

Símbolo o clave de pizarra del Contrato de Futuro	Clave del Activo Subyacente	Mes de vencimiento	Año de vencimiento
CT91 JN99	CT91	JN = Junio	99 = 1999
CT91 SP99	CT91	SP = Septiembre	99 = 1999
CT91 DC99	CT91	DC = Diciembre	99 = 1999
CT91 MR00	CT91	MR = Marzo	00 = 2000

II. CARACTERÍSTICAS Y PROCEDIMIENTOS DE NEGOCIACIÓN.

1.Unidad de cotización.

La celebración del Contrato de Futuro del Cete a 91 días en MexDer tendrá como unidad de cotización del Precio Futuro a un índice de 100 menos la tasa de rendimiento anualizada.

2.Puja.

La presentación de posturas para la celebración de Contratos de Futuros del Cete a 91 días tendrá como fluctuación mínima del Precio Futuro un punto base (0.01) del índice, señalado en el numeral (II.1) anterior.

3.Valor de la Puja por Contrato de Futuro.

El valor del cambio en un punto base del índice es de 2.5278 pesos, el cual resulta de la fórmula siguiente:

$$\text{Valor de la Puja} = (\text{Valor Nominal del Contrato}) \times (\text{Puja en términos porcentuales}) \times (\text{Plazo del Activo Subyacente}) / 360.$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$2.5278 \text{ pesos} = (100,000.00 \text{ pesos}) (0.0001) (91/360)$$

4.Fluctuación diaria máxima del precio futuro.

No habrá fluctuación máxima del precio futuro durante una misma sesión de remate.

5.Mecánica de negociación.

La mecánica de negociación para la celebración de Contratos de Futuros del Cete a 91 días será mediante procedimientos a viva voz en el área de negociación de MexDer, de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos en el Título V de su Reglamento, sin perjuicio de la facultad de MexDer de establecer alguna mecánica distinta.

6.Horario de negociación.

El horario de negociación de los Contratos de Futuro del Cete será de las 8:30 horas a las 14:00 horas tiempo de la Ciudad de México, Distrito Federal. Asimismo, se considerarán como parte del horario de negociación el periodo de negociación al Precio de Liquidación Diaria y las subastas que convoque MexDer, de acuerdo a lo establecido en el numeral (III.3.d) del presente anexo.

7.Horario de negociación a Precio de Liquidación Diaria.

El Precio de Liquidación Diaria será calculado por MexDer al cierre de cada sesión de negociación y permitirá la negociación de Contratos de Futuro del Cete a 91 días, mediante la presentación de posturas en firme al Precio de Liquidación Diaria por parte de los Miembros de MexDer. El periodo en el

que MexDer recibirá Posturas en firme para negociar al Precio de Liquidación Diaria será de 14:40 a 14:50 horas.

8. Último día de negociación y Fecha de vencimiento de la Serie.

El último día de negociación y la Fecha de Vencimiento de cada Serie de Contratos de Futuro del Cete a 91 días será el día en que Banco de México realice la subasta primaria de valores gubernamentales en la semana correspondiente al tercer martes del mes de vencimiento.

9. Negociación de nuevas Series.

La negociación de Series, con vencimiento distinto al establecido en el inciso (I.3) anterior, o bien, una nueva Serie del ciclo del Contrato de Futuro, se iniciará el Día Hábil siguiente al de la fecha de su anuncio a través del boletín.

10. Fecha de Liquidación al Vencimiento.

Se realizará el Día Hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento.

III. Liquidación Diaria y Liquidación al Vencimiento.

1. Liquidación al Vencimiento.

La liquidación se realizará en efectivo. La liquidación al vencimiento se realizará el Día Hábil posterior a la Fecha de Vencimiento.

2. Liquidación Diaria.

Los Clientes y los Socios Liquidadores realizarán la liquidación de sus obligaciones conforme lo hayan establecido en el Contrato de Intermediación.

Los Socios Liquidadores y Asigna realizarán diariamente la liquidación de sus obligaciones conforme lo establece el Reglamento Interior de Asigna, quedando incorporados en la misma, las pérdidas y ganancias, la actualización de las Aportaciones Iniciales Mínimas, la actualización del Fondo de Compensación, los intereses devengados y, en su caso, las cuotas correspondientes.

**17.2 Términos y Condiciones del Contrato de Futuro sobre la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio a 28 días.
(Liquidación en Efectivo)**

I. OBJETO.

1. Activo Subyacente.

Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (en adelante TIIE) a 28 días, calculada por el Banco de México con base en cotizaciones presentadas por las instituciones de banca múltiple mediante un mecanismo diseñado para reflejar las condiciones del mercado de dinero en moneda nacional. El procedimiento de cálculo de la tasa se establece en la Circular 2019/95 emitida por el Banco de México.

2. Valor Nominal que ampara un Contrato de Futuro.

Cada Contrato de Futuro sobre la TIIE a 28 días ampara un valor nominal de \$100,000.00 (cien mil 00/100 pesos).

3. Series.

En términos de sus respectivos reglamentos interiores, MexDer y Asigna listarán y mantendrán disponibles para su negociación distintas Series del Contrato de Futuro de la TIIE a 28 días sobre una base mensual hasta por tres meses y sobre una base semestral hasta por dos años. A continuación se exponen dos ejemplos con fines ilustrativos:

Si estuviéramos en los primeros días del mes de Enero de 1999, se tendrían listadas las siguientes Series: Enero, Febrero, Marzo, Junio, Diciembre de 1999; Junio y Diciembre de 2000. Si estuviéramos en los primeros días del mes de Junio de 1999, se tendrían listadas las siguientes Series: Junio, Julio, Agosto, Diciembre de 1999; Junio, Diciembre de 2000 y Junio de 2001.

En caso que el mercado demande la disponibilidad de Contratos de Futuro de la TIIE a 28 días con Fechas de Vencimiento distintas a las señaladas en el primer párrafo de este inciso (I.3), MexDer podrá listar nuevas Series para su negociación.

4. Símbolo o clave de pizarra.

Las distintas Series del Contrato de Futuro de la TIIE serán identificadas con un símbolo o clave de pizarra que se integrará por la expresión: "TI28" a la que se agregarán la primera letra más la siguiente consonante del mes de vencimiento y los últimos dos dígitos del año de vencimiento conforme al ejemplo siguiente:

Símbolo o clave de pizarra del Contrato de Futuro	Clave del Activo Subyacente	Mes de Vencimiento	Año de vencimiento
TI28 JN99	TI28	JN = Junio	99 = 1999
TI28 JL99	TI28	JL = Julio	99 = 1999
TI28 AG99	TI28	AG = Agosto	99 = 1999
TI28 DC99	TI28	DC = Diciembre	99 = 1999
TI28 JN00	TI28	JN = Junio	00 = 2000
TI28 DC00	TI28	DC = Diciembre	00 = 2000

II. CARACTERÍSTICAS Y PROCEDIMIENTOS DE NEGOCIACIÓN.

1.Unidad de cotización.

La celebración de Contratos de Futuros de la TIIE a 28 días en MexDer tendrá como unidad de cotización del Precio Futuro a un índice de 100 menos la tasa de rendimiento anualizada.

2.Puja.

La presentación de posturas para la celebración de Contratos de Futuros de la TIIE a 28 días tendrá como fluctuación mínima del Precio Futuro un valor de un punto base (0.01) del Índice, señalado en el inciso (II.1) anterior.

3.Valor de la Puja por Contrato de Futuro.

El valor del cambio en un punto base del índice es de 0.7778 pesos, el cual resulta de la fórmula siguiente:

$$\text{Valor de la Puja} = (\text{Valor Nominal del Contrato}) \times (\text{Puja en términos porcentuales}) \times (\text{Plazo del Activo Subyacente}) / 360$$

Sustituyendo valores se tiene: 0.7778 pesos = (100,000.00 pesos) (0.0001) (28/360)

4.Fluctuación diaria máxima del Precio Futuro.

No habrá fluctuación máxima del precio futuro durante una misma sesión de remate.

5.Mecánica de negociación.

La mecánica de negociación para la celebración de Contratos de Futuros de la TIIE a 28 días será mediante procedimientos a viva voz en el área de negociación de MexDer, de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos en el Título V de su Reglamento, sin perjuicio de la facultad de MexDer de establecer alguna mecánica distinta.

6.Horario de negociación.

El horario de negociación de los Contratos de Futuro de la TIIE a 28 días será de las 8:30 horas a las 14:00 horas tiempo de la Ciudad de México, Distrito Federal. Asimismo, se considerarán como parte del horario de negociación el periodo de negociación al Precio de Liquidación Diaria, y las subastas que convoque MexDer de acuerdo a lo establecido en el numeral (III.3.d) de abajo.

7.Horario de negociación a Precio de Liquidación Diaria.

El Precio de Liquidación Diaria será calculado por MexDer al cierre de cada sesión de negociación y permitirá la negociación de Contratos de Futuro de la TIIE a 28 días, mediante la presentación de Posturas en firme al Precio de Liquidación Diaria por parte de los Miembros de MexDer. El periodo en el que MexDer recibirá Posturas en firme para negociar al Precio de Liquidación Diaria será de 14:40 a 14:50 horas.

8. Último día de negociación y Fecha de Vencimiento de la Serie.

El último día de negociación y la Fecha de Vencimiento de una Serie del Contrato de Futuro de la TIIE a 28 días será el tercer miércoles del mes de vencimiento o el Día Hábil anterior si dicho miércoles es inhábil.

9. Negociación de nuevas Series.

La negociación de Series, con vencimiento distinto al establecido en el inciso (I.3) anterior, o bien, una nueva Serie del ciclo del Contrato de Futuro, se iniciará el Día Hábil siguiente al de la fecha de su anuncio a través del boletín.

10. Fecha de Liquidación la Vencimiento.

Para efectos del cumplimiento de las obligaciones a cargo de Asigna y del Socio Liquidador con respecto al Cliente, es el Día Hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento.

III. Liquidación Diaria y Liquidación al Vencimiento.

1. Procedimiento para la Liquidación al Vencimiento.

El Cliente efectuará la Liquidación al Vencimiento sujeto a los procedimientos y términos en que se efectúa la Liquidación Diaria en la Fecha de Vencimiento.

2. Liquidación Diaria.

Los Clientes y los Socios Liquidadores realizarán la Liquidación Diaria de sus obligaciones derivadas de las operaciones celebradas en MexDer conforme lo hayan establecido en el Contrato de Intermediación.

Los Socios Liquidadores y Asigna realizarán diariamente la liquidación de sus obligaciones conforme lo establece el Reglamento Interior de Asigna, quedando incorporados en la misma, las pérdidas y ganancias, la actualización de las Aportaciones Iniciales Mínimas, la actualización del Fondo de Compensación, los intereses devengados y en su caso, las cuotas correspondientes.

**17.3 Términos y Condiciones del Contrato de Futuro sobre el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.
(Liquidación en Efectivo)**

I. OBJETO.

1. Activo Subyacente.

Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores S.A. de C.V. (en adelante "IPC" y "BMV" respectivamente).

El IPC es el principal indicador del comportamiento del mercado accionario de la BMV, el cual expresa el rendimiento de este mercado tomando como referencia las variaciones de precios de una muestra balanceada, ponderada y representativa del total de los títulos accionarios cotizados en la BMV.

La muestra se revisa bimestralmente y se integra por alrededor de 35 emisoras de distintos sectores de la economía. Aplicado en su actual estructura desde 1978, el IPC expresa en forma fidedigna la situación del mercado bursátil y constituye un indicador altamente confiable.

El IPC es un índice que toma como base el cálculo de un índice de precios que pondera la participación de cada una de las acciones que componen la muestra por su valor de capitalización (precio de mercado multiplicado por el número de acciones inscritas). El IPC relaciona su valor actual con el del día anterior, ajustando en su caso los precios por ejercicio de derechos. El IPC es actualizado automáticamente en tiempo real como consecuencia de las operaciones registradas en los títulos accionarios integrantes de la muestra durante la sesión de remates del mercado de capitales de la BMV.

2. Valor Nominal que ampara un Contrato de Futuro.

\$10.00 (diez pesos 00/100) multiplicados por el valor del IPC.

3. Series.

En términos de sus respectivos reglamentos interiores, MexDer y Asigna listarán y mantendrán disponibles para su negociación distintas Series del Contrato de Futuro del IPC sobre una base trimestral, lo que significa que de manera permanente estarán disponibles para su negociación Contratos de Futuros con Fechas de vencimiento en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre.

En caso que el Mercado demande la disponibilidad de Contratos de Futuro del IPC con Fechas de Vencimiento distintas a las señaladas en el párrafo anterior, MexDer podrá listar nuevas Series para su negociación.

4. Símbolo o clave de pizarra.

Las distintas Series del Contrato de Futuro del IPC serán identificadas con un símbolo o clave de pizarra que se integrará por la expresión "IPC" a la que se agregarán la primera letra más la siguiente consonante del mes de vencimiento y los últimos dos dígitos del año de vencimiento conforme al ejemplo siguiente:

Símbolo o clave de pizarra del Contrato de Futuro	Clave del Activo Subyacente	Mes de vencimiento	Año de vencimiento
IPC MR99	IPC	MR = Marzo	99 = 1999
IPC JN99	IPC	JN = Junio	99 = 1999
IPC SP99	IPC	SP = Septiembre	99 = 1999
IPC DC99	IPC	DC = Diciembre	99 = 1999
IPC MR00	IPC	MR = Marzo	00 = 2000

II. CARACTERISTICAS Y PROCEDIMIENTOS DE NEGOCIACIÓN.

1.Unidad de cotización.

La celebración de Contratos en MexDer tendrá como unidad de cotización del Precio Futuro al valor absoluto del IPC.

2.Puja.

La presentación de posturas para la celebración de Contratos se reflejará en fluctuaciones mínimas del Precio Futuro de 1 (uno) punto del IPC.

3.Valor de la Puja por Contrato de Futuro.

El valor del cambio de una puja en el precio futuro de un Contrato es de 10.00 pesos, el cual resulta de multiplicar una puja 1.00 (un punto del IPC) por el valor de un punto del IPC (10.00 pesos).

4.Fluctuación diaria máxima del Precio Futuro.

No habrá fluctuación máxima del precio futuro durante una misma sesión de remates.

5.Mecánica de negociación.

La mecánica de negociación para la celebración de Contratos de Futuros del IPC será mediante procedimientos a viva voz en el área de negociación de MexDer, de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos en el Título V de su Reglamento, sin perjuicio de la facultad de MexDer de establecer temporalmente alguna mecánica distinta.

6.Horario de negociación.

El horario de negociación de los Contratos de Futuro del IPC será en Días Hábiles de las 8:30 horas a las 15:00 horas tiempo de la Ciudad de México, Distrito Federal. Asimismo, se considerarán como parte del horario de negociación el periodo de negociación al Precio de Liquidación Diaria, y las subastas que convoque MexDer de acuerdo a lo establecido en el numeral (III.3.d) del presente anexo.

7. Horario de negociación a Precio de Liquidación Diaria.

El Precio de Liquidación Diaria será calculado por MexDer al cierre de cada sesión de negociación y permitirá la negociación de Contratos de Futuro del IPC, mediante la presentación de Posturas en firme al Precio de Liquidación Diaria por parte de los Miembros de MexDer. El periodo en el que MexDer recibirá Posturas en firme para negociar al Precio de Liquidación Diaria será de las 15:40 a 15:50 horas.

8. Último día de negociación y Fecha de Vencimiento de la Serie.

El último día de negociación y la Fecha de Vencimiento de una Serie del Contrato de Futuro del IPC será el cuarto martes del mes de vencimiento o el Día Hábil anterior, si dicho martes es inhábil.

9. Negociación de nuevas Series.

La negociación de Series, con vencimiento distinto al establecido en el inciso (I.3) anterior, o bien, una nueva Serie del ciclo del Contrato de Futuro, se iniciará el Día Hábil siguiente al de la fecha de su anuncio a través del boletín.

10. Fecha de Liquidación al Vencimiento.

Se realizará el Día Hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento.

III. Liquidación Diaria y Liquidación al Vencimiento.

1. Liquidación al Vencimiento.

La liquidación al vencimiento se realizará el Día Hábil posterior a la Fecha de Vencimiento.

2. Liquidación Diaria.

Los Clientes y los Socios Liquidadores realizarán la liquidación de sus obligaciones conforme lo hayan establecido en el Contrato de Intermediación.

Los Socios Liquidadores y Asigna realizarán diariamente la liquidación de sus obligaciones conforme lo establece el Reglamento Interior de Asigna, quedando incorporados en la misma, las pérdidas y ganancias, la actualización de las Aportaciones Iniciales Mínimas, la actualización del Fondo de Compensación, los intereses devengados y en su caso, las cuotas correspondientes.

17.4 - OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS (Resolución Miscelánea 1999).

ARTICULO	DESCRIPCION
RM99.3.4.1	OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS DE CAPITAL- SE CONSIDERAN
RM99.3.4.2	OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS DE DEUDA- SE CONSIDERAN
RM99.3.4.3	INTERMEDIARIOS FINANCIEROS RETENCION POR OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS CON PERSONAS FISICAS
RM99.3.4.4	OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS DE DEUDA-EXTRANJERAS -OTRAS TASAS Y EXENTOS
RM99.3.4.5	OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS- CASO DE READQUISICION DE TITULOS
RM99.3.4.6	TASA DE RETENCION POR NO LIQUIDAR UNA OPERACION FINANCIERA DERIVADA DE CAPITAL
RM99.3.4.7	GANANCIA/PERDIDA EN OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS REFERIDAS A TIPO CAMBIO

RM99.3.4.1
OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS DE CAPITAL- SE CONSIDERAN

3.4. Operaciones financieras derivadas

3.4.1. Para efectos de lo dispuesto en los artículos 16-A del Código y del 7o.-D de la Ley del ISR, se consideran operaciones financieras derivadas de capital, entre otras, las siguientes:

A. Las de cobertura cambiaria de corto plazo y las operaciones con futuros de divisas celebradas conforme a lo previsto en la Circular 2019/95, emitida por el Banco de 20 de septiembre de 1995.

B. Las realizadas con títulos opcionales (warrants), celebradas conforme a lo previsto en las Circulares 10-157 y 10-157-Bis emitidas por la Comisión Nacional de Valores, publicadas en el DOF el 3 de septiembre de 1992 y 2 de marzo de 1993, respectivamente.

C. Las que conforme a las prácticas comerciales generalmente aceptadas se efectúen con instrumentos conocidos mercantilmente con el nombre de "forwards".

D. Las operaciones que se efectúen en el Mercado Mexicano de Derivados.

RM99.3.4.2

OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS DE DEUDA- SE CONSIDERAN

3.4.2. Para los efectos de los artículos 16-A del Código y del 7o.-D de la Ley del ISR, se consideran operaciones financieras derivadas de deuda, entre otras, las siguientes:

A. Las operaciones con títulos opcionales (warrants), referidos al Índice Nacional de Precios al Consumidor, celebradas por los sujetos autorizados que cumplan con los términos y condiciones previstos en las Circulares 10-157, 10-157-Bis, 10-157-Bis 1 y 10-157-Bis 2, emitidas por la Comisión Nacional de Valores, publicadas en el DOF los días 3 de septiembre de 1992, 2 de marzo y 19 de octubre de 1993 y 29 de junio de 1994, respectivamente.

B. Las operaciones con futuros sobre tasas de interés nominales, celebradas conforme a lo previsto en la Circular 2019/95, emitida por el Banco de México el 20 de septiembre de 1995.

C. Las operaciones con futuros sobre el nivel del Índice Nacional de Precios al Consumidor, celebradas conforme a lo previsto por la Circular 67/94, emitida por el Banco de México con fecha 11 de octubre de 1994 y la Circular 2019/95, emitida por el Banco de México el 20 de septiembre de 1995.

D. Las que se efectúen en el Mercado Mexicano de Derivados.

RM99.3.4.3

INTERMEDIARIOS FINANCIEROS RETENCION POR OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS CON PERSONAS FISICAS

3.4.3. Para efectos del artículo 135-A, segundo párrafo de la Ley del ISR, las instituciones de crédito, las casas de bolsa y los socios liquidadores del Mercado Mexicano de Derivados que hayan realizado por sí mismos las operaciones de compra y venta de cobertura cambiaria de corto plazo o de futuros de divisas a que se refieren los rubros A, C y D de la regla 3.4.1. y las operaciones de compra y venta de futuros sobre tasas de interés nominales y sobre el nivel del Índice Nacional de Precios al Consumidor a que se refieren los rubros B, C y D de la regla 3.4.2., con un mismo contratante

persona física y el vencimiento de dichas operaciones sea dentro de un mismo mes, estarán a lo siguiente:

A. No efectuarán la retención cuando en las operaciones de referencia la ganancia obtenida por la persona física contratante sea igual o inferior a la pérdida generada por dichas operaciones.

B. Cuando en las operaciones de referencia la ganancia obtenida por la persona física contratante exceda a la pérdida generada, la retención se efectuará sobre la diferencia obtenida.

C. Las instituciones de crédito y las casas de bolsa deberán tener a disposición de la autoridad fiscal un reporte en donde se muestre por separado la ganancia y pérdida obtenida por cada uno de los contribuyentes personas físicas, así como el importe de la retención efectuada, el nombre y la clave del RFC de cada uno de ellos, en los casos a que se refieren los rubros A y B de esta regla. Este reporte se presentará ante la Administración Especial de Auditoría Fiscal, cuando así lo requiera.

D. Se entiende para efectos de esta regla que la ganancia obtenida es aquella que se realiza al momento del vencimiento de la operación financiera derivada, independientemente del ejercicio de los derechos establecidos en la misma operación, o cuando se registre una operación contraria a la original contratada de modo que se cancele la operación original. La pérdida generada será aquella que corresponda a operaciones que se hayan vencido o cancelado en los términos antes descritos.

RM99.3.4.4

OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS DE DEUDA- EXTRANJ.- OTRAS TASAS Y EXENTOS

3.4.4. Los residentes en el extranjero que celebren operaciones financieras derivadas de deuda con residentes en el país, referidas a títulos de deuda colocados entre el gran público inversionista señalados en el Anexo 7 de la presente Resolución, causarán el ISR a la tasa del 15% o del 4.9%, según corresponda, por los ingresos que obtengan en dichas operaciones, salvo que los mencionados ingresos provengan de la enajenación de valores a cargo del Gobierno Federal inscritos en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios, que resulten como consecuencia de la liquidación en especie de esas operaciones con la entrega de tales títulos, los cuales están exentos del pago de dicho impuesto, siempre que la suma de la prima y el precio del ejercicio no exceda del valor de mercado.

RM99.3.4.5

OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS- CASO DE READQUISICION DE TITULOS

3.4.5. En las operaciones financieras derivadas en las que el emisor de los títulos en que consten los derechos u obligaciones de esas operaciones, los readquiera con anterioridad a su vencimiento, se considera como ingreso acumulable o deducible, o bien, ganancia o pérdida, según corresponda, la diferencia entre el precio en que los readquiera y la cantidad que percibió por colocar o enajenar dichos títulos, actualizada por el periodo transcurrido entre el mes en que la percibió y aquel en el que se readquieran los títulos. Para efectos de esta regla, el emisor considerará como primeramente adquiridos los títulos que primero se colocaron o se enajenaron.

RM99.3.4.6

TASA DE RETENCION POR NO LIQUIDAR UNA OPERACION FINANCIERA DERIVADA DE CAPITAL

3.4.6. Cuando no ocurra la liquidación de una operación financiera derivada de capital estipulada a liquidarse en especie, de conformidad con el artículo 151-B de la Ley del ISR, por no haberse ejercitado los derechos u obligaciones consignadas en los títulos, contratos o instrumentos que contengan estas operaciones, los residentes en el extranjero causarán el impuesto por las cantidades que hayan recibido por celebrar tales operaciones a la tasa del 20% o 40%, según corresponda, sin deducción alguna. El residente en México o en el extranjero con establecimiento permanente o base fija en el país, con quien se haya celebrado la operación, deberá retener el impuesto. Para el cálculo de este impuesto, las referidas cantidades se actualizarán por el periodo transcurrido desde el mes en que se perciban hasta el mes en que venza la operación.

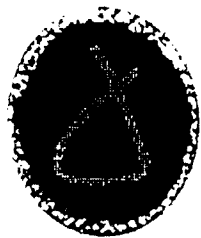
El residente en México o en el extranjero con establecimiento permanente o base fija en México deberá enterar dicho impuesto a más tardar el día 17 del mes de calendario inmediato posterior al mes en que venza dicha operación.

En estas operaciones el residente en el extranjero únicamente estará exento del pago del impuesto por el ingreso que obtenga en la enajenación de las acciones o títulos valor que ocurra como consecuencia de su liquidación en especie o, en su caso, por las cantidades previas recibidas por su celebración, cuando la operación financiera derivada se realice en bolsa de valores o mercados reconocidos, en los términos del quinto párrafo del artículo 151-B de la Ley del ISR.

RM99-3.4.7

GANANCIA, PERDIDA EN OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS REFERIDAS A TIPO CAMBIO

3.4.7. Para los efectos de lo dispuesto por el artículo 18-A de la Ley del ISR, cuando se trate de operaciones financieras derivadas referidas al tipo de cambio de una divisa, se podrá determinar la ganancia acumulable o la pérdida deducible por la operación, aun en el supuesto de que ésta no haya sido ejercida, si su fecha de vencimiento sucede durante el ejercicio siguiente al año en que la operación fue contratada. La pérdida o utilidad se determinará en función del tipo de cambio que se publique en el DOF correspondiente al último día hábil del año del ejercicio que se declara. La cantidad acumulada o deducida en el primer ejercicio será restada o sumada respectivamente, del resultado neto que tenga la operación en la fecha de su vencimiento para efectos de la declaración fiscal del siguiente ejercicio.



MexDer

Mercado Mexicano de Derivados

La opción para su Futuro

Información General

[Presentación](#)
[Contratos](#)
[Listados](#)
[Código de Ética](#)
[Perfil del participante](#)
[Derechos y Obligaciones de los participantes](#)
[Los 10 Mandamientos Socios Participantes](#)
[Sistemas MexDer / Asigna](#)

MexDer

[Antecedentes](#)
[Organización](#)
[Instrumentos](#)
[Operación](#)
[Piso de Remates](#)
[Certificación](#)
[Reglamento Interior](#)
[Manual de Políticas y Procedimientos](#)
[Régimen Fiscal](#)

Asigna

[Estructura y Funcionamiento](#)
[Compensación y Liquidación](#)
[Reglamento Interior](#)
[Manual de Políticas y Procedimientos](#)

Circulares

[Reglas](#)
[Disposiciones Prudenciales](#)
[Autorizaciones](#)

[INICIO](#)

[CORREO](#)

[GLOSARIO](#)

[COMO CONTACTARNOS](#)

RÉGIMEN FISCAL PARA OPERACIONES FINANCIERAS DERIVADAS CONCERTADAS EN MEXDER, MERCADO MEXICANO DE DERIVADOS, S.A. DE C.V.

Contrato de Futuros	Ganancias o pérdidas consideradas para fines fiscales	Retención por parte del socio liquidador de posición de terceros			
		Personas Físicas con actividad empresarial	Personas Morales	Personas Físicas	Extranjeros
DEUA (Dólar de los Estados Unidos de América)	Operaciones financieras derivadas Capital.	Exentas de retención	Exentas de retención	Retención del 15% mensual	Exentos de retención.
IPC (Índice de precios y cotizaciones)	Operaciones financieras derivadas Capital.	Exentas de retención	Exentas de retención	Exentas de retención	Exentas de retención
CETE91 (Índice de precios y cotizaciones)	Operaciones financieras derivadas Capital.	Exentas de retención	Exentas de retención	Retención del 15% mensual	Retención del 4.9% sobre las ganancias devengadas diariamente, si residen en un país con el cual México mantiene un tratado vigente para evitar doble tributación. Retención del 15% para los demás extranjeros.
TIIE28 (tasa interbancaria de equilibrio a 28 días)	Operación derivada de Deuda (ya sea por intereses a cargo o intereses a favor, según sea el caso).	Exentas de retención.	Exentas de retención	Retención del 15% mensual	Retención del 4.9% sobre las ganancias devengadas diariamente, si residen en un país con el cual México mantiene un tratado vigente para evitar doble tributación. Retención del 15% para los demás extranjeros.