

01168



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

**Sistema de Información Electrónica  
para Valuación de Opciones**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**M A E S T R O**  
EN INGENIERÍA DE SISTEMAS  
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

P R E S E N T A:

**JOSÉ ANTONIO CLIMENT HERNÁNDEZ**



DIRECTOR DE TESIS:  
M. EN I. RUBÉN TÉLLEZ SÁNCHEZ

MÉXICO D.F.

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

**PARA  
MI  
ESPOSA KARINA  
Y MI HIJO TOÑO**



# CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
FORMULACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	3
OBJETIVOS.....	8
HIPÓTESIS.....	8
<b>CAPÍTULO I MEXDER Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS OPCIONES.....</b>	<b>9</b>
OBJETIVOS.....	9
ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LAS OPCIONES.....	10
OPCIÓN.....	14
CARACTERÍSTICAS DE LAS OPCIONES.....	14
PRIMA.....	23
RIESGO.....	23
CÁMARA DE COMPENSACIÓN.....	25
MERCADO EXTRABURSÁTIL.....	26
MERCADO ORGANIZADO.....	26
APORTACIÓN DE GARANTÍA (MARGEN).....	28
PARTICIPANTES DE MEXDER.....	30
CONCLUSIONES.....	33
EJERCICIO.....	34
<b>CAPÍTULO II MÉTODOS DE VALUACIÓN.....</b>	<b>37</b>
OBJETIVOS.....	37
FACTORES DE INFLUENCIA SOBRE EL MONTO DE LA PRIMA.....	38
FACTORES EXÓGENOS.....	38
FACTORES ENDÓGENOS.....	40
VALOR INTRÍNSECO.....	41
VALOR EXTRÍNSECO.....	42
LÍMITES EN EL VALOR DE LAS OPCIONES.....	42
PARIDAD COMPRA VENTA.....	48
MÉTODO BINOMIAL.....	53
CONCEPTO DE GRIEGAS PARA EL MÉTODO BINOMIAL.....	78
PROCESO DE MARKOV.....	81
PROCESO DE WIENER.....	82
ECUACIÓN DIFERENCIAL DE BLACK & SCHOLES.....	87
CONCEPTO DE GRIEGAS PARA EL MÉTODO BLACK & SCHOLES.....	94
CONCLUSIONES.....	98
EJERCICIO.....	100

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

NOMBRE: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_

<b>CAPÍTULO III</b>	<b>INGENIERÍA DE SOFTWARE Y BASES DE DATOS.....</b>	<b>103</b>
OBJETIVOS .....	103	
SISTEMA.....	104	
INGENIERÍA DE SOFTWARE .....	105	
MÉTODOS PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE.....	106	
GESTIONAR EL DESARROLLO DE SOFTWARE.....	109	
MODELAR EL SISTEMA .....	110	
LENGUAJE DE MODELADO UNIFICADO.....	110	
SISTEMAS DE BASES DE DATOS.....	115	
MODELOS LÓGICOS DE DATOS .....	118	
MODELO ENTIDAD RELACIÓN .....	119	
LENGUAJES DE BASES DE DATOS .....	122	
SISTEMA GESTOR DE BASES DE DATOS .....	123	
MODELO RELACIONAL DE DATOS .....	125	
BASES DE DATOS RELACIONALES .....	126	
CONCLUSIONES .....	127	
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA .....</b>	<b>129</b>
OBJETIVOS .....	129	
ANÁLISIS DEL SISTEMA .....	130	
ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	131	
DISEÑO .....	152	
PROTOTIPO.....	172	
CONCLUSIONES .....	176	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>177</b>	
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>179</b>	
<b>BIBLIOGRFÍA .....</b>	<b>193</b>	
COMENTARIOS SOBRE LA BIBLIOGRFÍA .....	196	

# AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos los que enriquecen mi vida con su amistad, apoyo y comprensión.

En especial a mi esposa: Hilda Karina Lugo Morales.  
Y a mi hijo: José Antonio Climent Lugo.

A mis padres y hermanos.

A toda mi familia.

A mis tutores:

M. en I. Rubén Téllez Sánchez.

Dr. Sergio Fuentes Maya.

Dra. Idalia Flores de la Mota.

M. en A. P. Pilar Alonso Reyes.

Dr. Luis Antonio Rincón Solís.

A todos mis profesores.

A todos mis compañeros.

A todos mis alumnos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Facultad de Ingeniería.

A la Facultad de Ciencias.

A todos los que lean este trabajo.

A CONACYT por la motivación para concluir mis estudios de maestría.

jach@ciencias.unam.mx

José Antonio Climent Hernández

Universidad Nacional Autónoma de México



# RESUMEN

## RESUMEN

*Las cosas están siempre mejor en su principio.  
Blaise Pascal.*

## ABSTRACT

*Analysis of the methods Cox, Ross & Rubinstein and Black & Scholes to develop an information system that evaluate and is available in Internet: The analysis is about the American and European call and put option's prices on dollar, initial margin, daily liquidation, Delta, Gamma, Vega, Rho and the state of the contract until their maturity.*

## RESUMEN

Analizar los métodos Cox, Ross & Rubinstein y Black & Scholes para desarrollar un sistema de información que valúe y presente en Internet: El precio de opciones americanas y europeas de compra y venta sobre dólar americano, aportación inicial mínima, liquidación diaria, Delta, Gamma, Vega, Rho y el estado de los contratos durante su vigencia.





# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

*La respuesta científica a la preocupación humana sobre su futuro.*

## FORMULACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Los productos derivados han tenido impacto importante en las inversiones en las últimas décadas. Los *Forwards*, *Futuros*, *Opciones* y *Swaps* son el conjunto de instrumentos financieros, cuya principal característica es que están vinculados a cierto valor de referencia. De este conjunto el tema a desarrollar es el de las opciones.

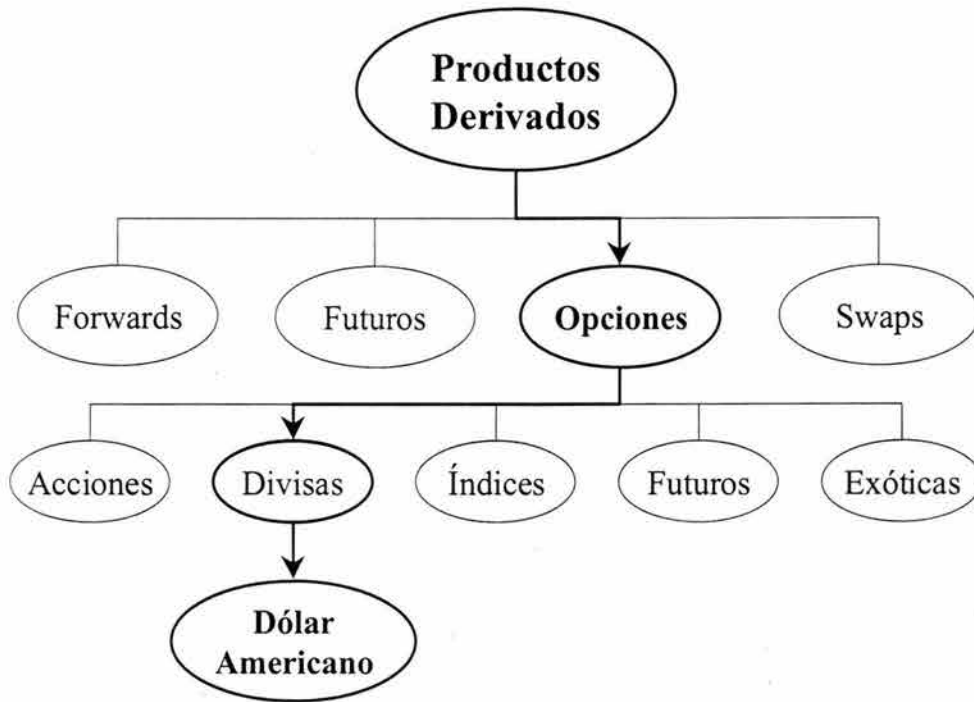
Existe gran variedad de contratos de opciones: Sobre acciones, sobre divisas, sobre índices, sobre futuros y exóticas (*Asiáticas*, *Bermudas*, *Barrera*, *Lookback*, *Opciones de opciones*, *Opciones que otorgan el derecho de elegir entre opciones de compra o de venta*, *Opciones de dos o más subyacentes* y *Quantos*).

Dentro del conjunto de opciones, el tema a desarrollar es el de las opciones sobre divisas, estilo americano y europeo; tipo compra y venta; liquidación de ejercicio en efectivo y ejercicio en especie; emisión cubierta y descubierta.

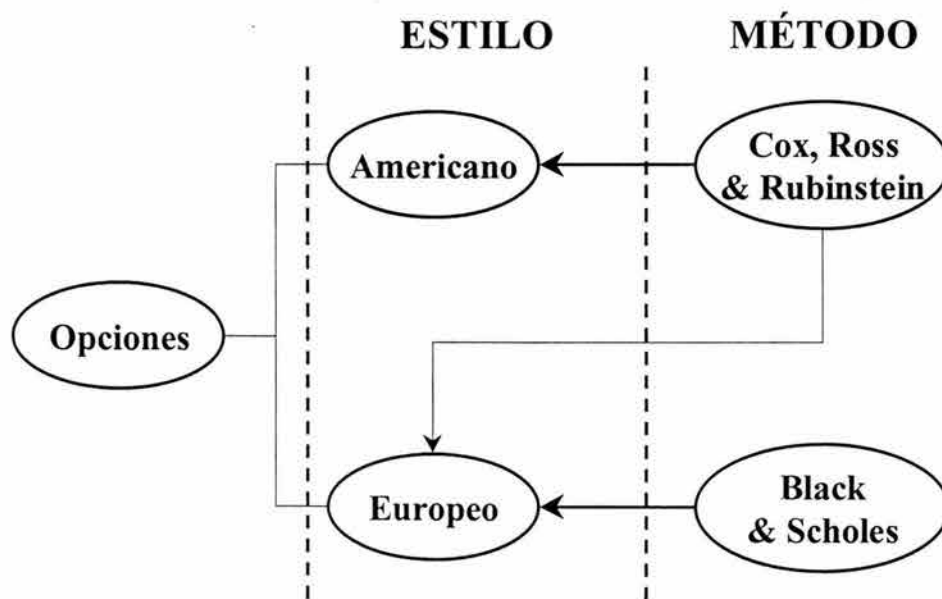
La historia y el conocimiento de las características de los contratos de opciones como son: El tipo, el estilo, la especificación de liquidación, la condición de emisión, el estado, la posición de los inversionistas; introducen la necesidad de contar con métodos numéricos y analíticos, con base científica, que permitan valuar el costo por la cobertura ante los cambios en el precio del bien subyacente durante cierto periodo.

Mediante la definición de los factores de influencia en el precio de las opciones sobre divisas y las características específicas de los contratos se consideran dos métodos de valuación: El primero numérico, el segundo analítico y su aplicación depende del estilo de los contratos, característica que anexa restricciones en el método de valuación.

El análisis, diseño e implementación del sistema de información electrónica están vinculados con la paridad del dólar americano.



Existen factores, de influencia en la valuación de los contratos de opciones, los cuales se dividen en exógenos (Precio del bien subyacente en el mercado, volatilidad subyacente, tasa de interés libre de riesgo) y endógenos (Precio de liquidación y fecha de expiración).



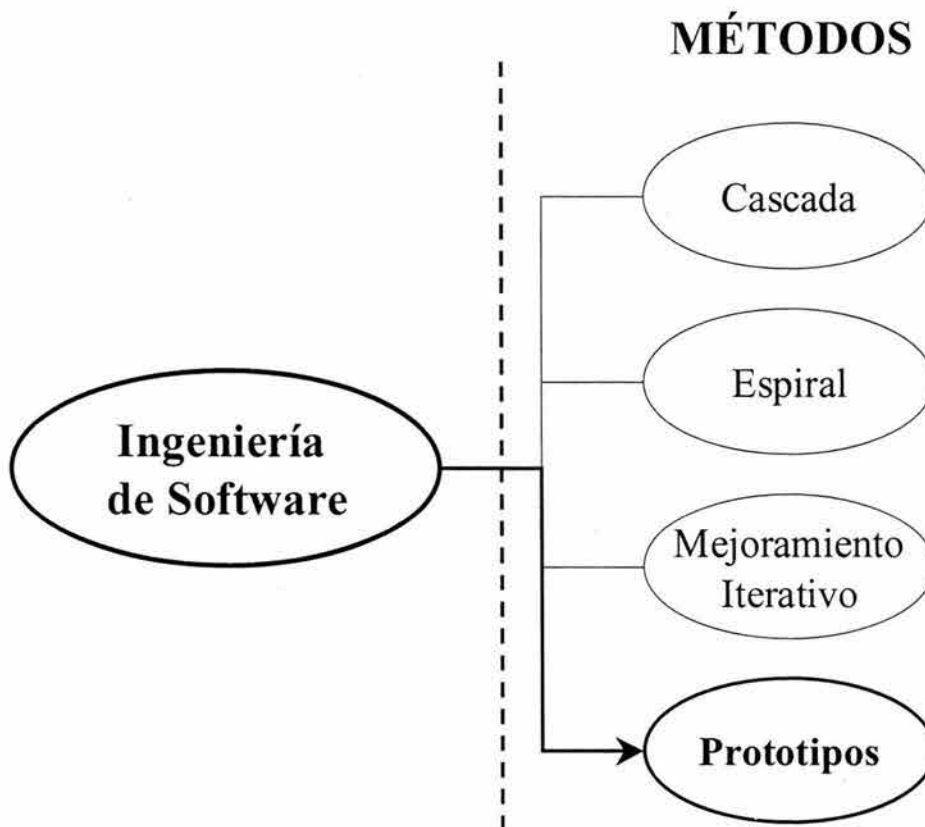


El estilo es la característica que determina el método de valuación. Para valorar contratos de opciones con estilo americano de venta se analiza el método *Cox, Ross & Rubinstein* y para valorar contratos de opciones con estilo europeo se analiza el método *Black & Scholes*.

El análisis teórico de los métodos de valuación está basado en el valor intrínseco, valor extrínseco, paridad entre contratos de compra y contratos de venta de la misma serie, variable aleatoria, distribución *Bernoulli*, distribución Binomial, proceso estocástico, caminata aleatoria simple, proceso de *Markov*, programación dinámica estocástica, proceso de *Wiener*, Calculo de *Itô*, movimiento geométrico *Browniano*, distribución Lognormal y la derivación de la ecuación diferencial de *Black & Scholes* como resultado de emplear el teorema del límite central para inferir que la suma de variables independientes e idénticamente distribuidas converge a la variable con distribución Normal.

Para valorar opciones americanas, el uso de la programación dinámica estocástica es necesario para modelar el comportamiento del precio del bien subyacente en el futuro, creando el árbol Binomial y por medio del principio de inducción hacia atrás se resuelve el problema de maximizar el flujo de efectivo en valor presente, de acuerdo a las restricciones, por el pronto ejercicio y los valores presentes correspondientes.

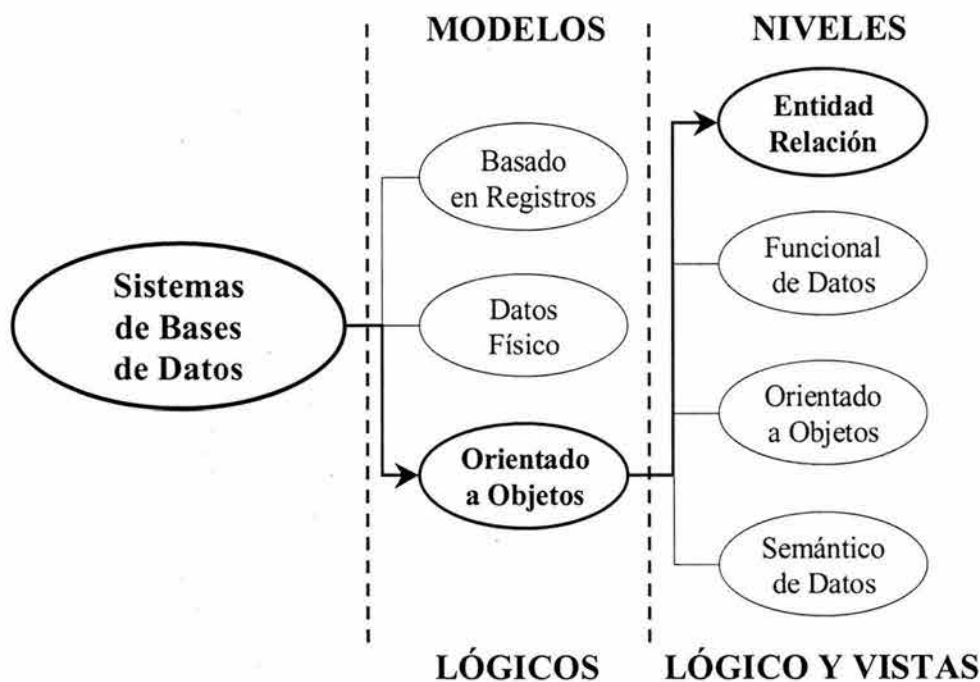
Ya que se conocen los métodos para valorar opciones, se procede al análisis, diseño e implementación del sistema de información electrónica, para lo cual se recurre a la metodología de la ingeniería de *software*.



De los diferentes métodos para desarrollar *software* (Cascada, espiral, mejoramiento iterativo y prototipos). El método a seguir para el análisis, diseño e implementación del sistema de información electrónica es el de prototipos.

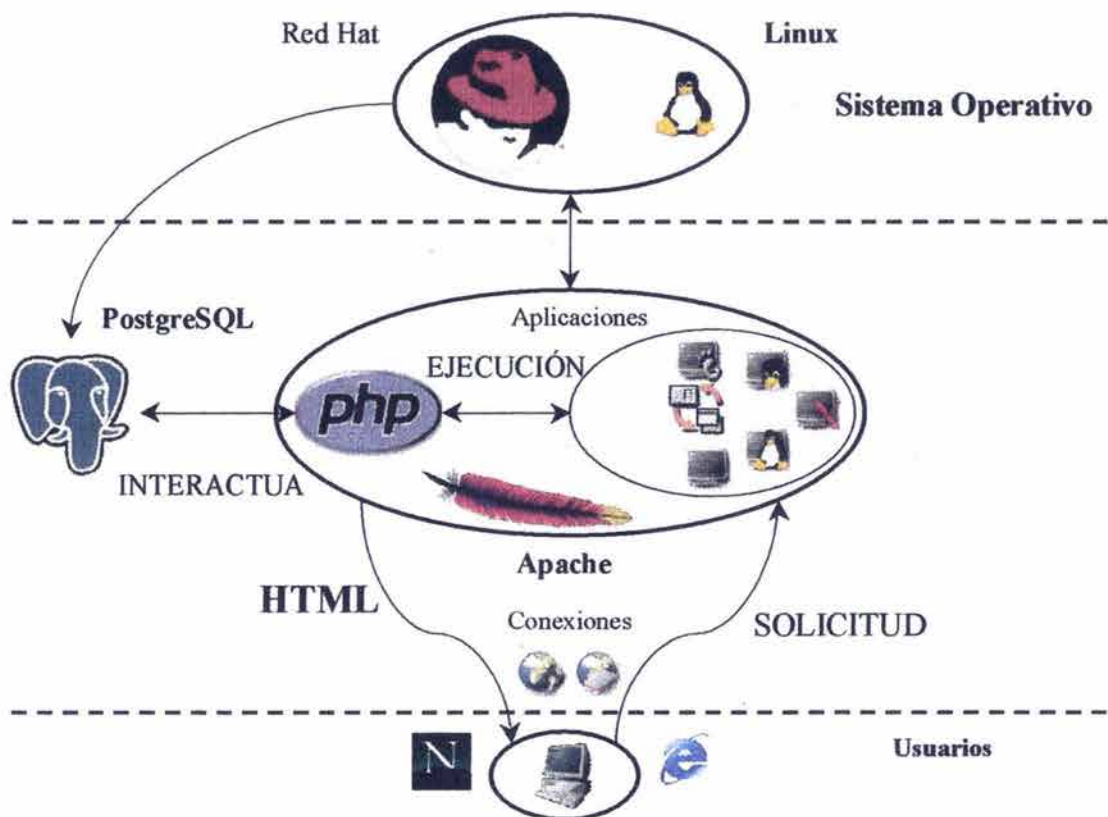
El precio diario de la divisa, la tasa nacional de interés libre de riesgo y la tasa extranjera son factores necesarios para valuar las opciones. Esta y otra información necesaria es gestionada mediante **PostgreSQL**, Sistema Gestor de Bases de Datos (**DBMS** *DataBase Management System*) Relacionales Orientadas a Objetos (Objeto Relacional) de código abierto que soporta casi toda la sintaxis **SQL** y el conjunto de enlaces con lenguajes de programación, incluyendo **PHP**.

De los modelos lógicos de sistemas de bases de datos se emplea el orientado a objetos. La descripción de los datos en el nivel lógico y de vistas es mediante el modelo de entidad relación.



El origen del sistema está basado en la cantidad de información necesaria (Precio del bien subyacente en el mercado, volatilidad subyacente, las tasas de interés libres de riesgo, el precio de liquidación y la fecha de expiración) para presentar el precio de los contratos, aportación inicial mínima, liquidación diaria, estado del contrato, coberturas e información relevante para los usuarios, en periodos de cambio diarios. Esto es, el precio de los contratos tiene valor extrínseco y es necesario conocer cada uno de estos factores diariamente, hasta la expiración de los contratos (Excepto el precio de ejercicio y la fecha de vencimiento para cada clase, los cuales son factores que no cambian durante la vigencia de los contratos). La información es almacenada para la futura consulta de los usuarios y creación de contratos basados en el cambio diario de los factores de influencia.

El sistema operativo **Linux** de **Red Hat** provee el servidor **WEB Apache** que ejecuta las aplicaciones **PHP**, interactúa con **PostgreSQL** y administra las rutinas de control de memoria mediante **HTTP**. Mediante esta plataforma multiusuario y multitarea, de distribución libre, se cuenta con las herramientas necesarias para el análisis, diseño y desarrollo del sistema de información electrónica.



Actualmente se cuenta con una computadora portátil con las características siguientes:

### **SONY VAIO PCG-FVR25**

Procesador Intel® Pentium IV® a 2.66 Ghz y 512 Mb de memoria DDR SRAM  
 Disco duro de 40 Gb Hitachi® Hitachi\_DK23EA-40  
 Tarjeta de Video de 64 Mb de memoria ATI Radeon® IGP 345M  
 Tarjeta de Red 10/100 Mbs Realtek® NIC Fast Ethernet PCI RTL8139 Realtek  
 Monitor XGA 15" (1024x768), Teclado estándar 101/102, Mouse compatible PS/2

### **RESUMIENDO LA FORMULACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

Conocer los antecedentes históricos de las opciones y el desarrollo que tiene el mercado de derivados en México. Definir las características de las opciones, el valor de los contratos, los riesgos, los factores que influyen en el precio de las opciones para analizar los métodos de valuación *Cox, Ross & Rubinstein* y *Black & Scholes*. Analizar, diseñar e implementar el sistema de información que presente en Internet: El costo de opciones sobre dólar, estado de pérdidas y ganancias del emisor, coberturas para la posición corta y el estado de los contratos durante la vigencia de los mismos, considerando el estilo, el tipo, la liquidación y la emisión de los contratos.



## **OBJETIVOS**

Desarrollar el sistema de información para presentar en Internet: El costo de opciones sobre dólar americano, el estado de pérdidas y ganancias del emisor, las coberturas para la posición corta, el estado de los contratos; dadas las características y contando con los factores de influencia sobre el monto de la prima. Empleando en el análisis, diseño e implementación: La ingeniería de *software*, sistemas de bases de datos, teoría de probabilidad y estadística, programación dinámica, cálculo de *Itô*, ecuaciones diferenciales, cálculo diferencial e integral para generar las aplicaciones de valuación basadas en los métodos *Cox, Ross & Rubinstein* y *Black & Scholes*.

## **HIPÓTESIS**

*Si el sistema de información electrónica cuenta con los datos necesarios, entonces los usuarios pueden registrar, negociar, almacenar y consultar la información que les permite tomar las decisiones adecuadas.*

## **ALCANCES**

El sistema cuenta con claves de acceso, permitiendo a los usuarios, mediante la conexión de Internet, negociar contratos a la medida, esto es, los usuarios establecen el precio de liquidación y la fecha de vencimiento de los contratos. Los días de ejercicio son de lunes a viernes, con periodo mínimo de un día y periodo máximo de un año. Además desde el momento en que se registran los contratos, el sistema de información electrónica presenta la evolución diaria del precio de las opciones, la aportación inicial mínima, la liquidación diaria, la Delta, la Gamma, la Vega, la Rho y el estado de los contratos durante la vigencia de los mismos. También permite conocer el precio de mercado de la divisa con precios diarios de cierre, la volatilidad subyacente y las tasas de interés libres de riesgo mexicana y estadounidense con periodos de vigencia semanal.

## **LIMITACIONES**

El sistema únicamente maneja contratos americanos y europeos, de compra y venta, de liquidación pactada para ejercicio en efectivo y en especie, con emisión cubierta o descubierta y sólo sobre dólar americano. La información está basada en inversionistas con posición corta y larga, esto es, se presenta la información concerniente a los emisores y a los poseedores. La operación y difusión de información no es en tiempo real, esto es, el sistema realiza operaciones de valuación con los precios de cierre, por lo cual los precios de los contratos negociados están basados en los precios de cierre del día hábil inmediato anterior. El sistema no permite el registro de posturas compra y venta, simplemente se negocian los contratos. El sistema no es tolerante a fallas de energía. El horario está restringido al del funcionamiento del servidor. No realiza consultas y estadísticas de clase, volumen operado y posiciones límite. El sistema no considera costos de comisión y régimen fiscal. Si el sistema no cuenta con la información de los factores de influencia, del día hábil inmediato anterior, entonces no valúa contratos y la información de los contratos existentes está incompleta, es decir, el sistema soporta aplicaciones de misión crítica.

# CAPÍTULO I

## **CAPÍTULO I MEXDER Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS OPCIONES**

*Los precedentes que establecen en forma deliberada los sabios deben ponderarse con detenimiento.  
Henry Clay.*

### **OBJETIVOS**

Conocer los acontecimientos que muestran la importancia de las opciones como instrumento de cobertura y la necesidad del mercado organizado en México.

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

Definir el riesgo y conocer los tipos de riesgos a los que están expuestos los inversionistas.

Conocer acerca de la entidad financiera que se encarga del cumplimiento de los derechos y obligaciones de los inversionistas.

Conocer las aportaciones que garantizan el cumplimiento de los derechos de los participantes del mercado mexicano de derivados.



## ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LAS OPCIONES

Las opciones<sup>1</sup> como instrumentos financieros se remontan a la época de los fenicios, griegos y romanos, quienes practicaban negocios con cláusulas de contratos de opciones, estos contratos eran derivados de las mercancías transportadas en vehículos terrestres y naves marítimas. En Grecia se negociaban opciones de compra sobre las cosechas de aceitunas. La posibilidad de la abundante cosecha de aceitunas motivó a *Tales de Mileto*<sup>2</sup> para reservar el uso exclusivo de las prensas locales. En este caso el bien subyacente<sup>3</sup> del contrato fue el pago por el alquiler de las prensas.

El primer mercado<sup>4</sup> organizado de opciones aparece en Holanda en el siglo XVII. Se negociaban opciones para comprar y vender bulbos de tulipán, estableciendo el precio de compra o venta para la fecha futura determinada. De esta forma los comerciantes aseguraban obtener las mercancías necesarias al precio de compra para ofrecer a sus clientes precios accesibles, asegurando la competencia en el mercado. Por su parte los agricultores adquirirían el derecho a vender la cosecha al precio de venta.

Fuertes variaciones en los precios ocasionaron el incumplimiento de las obligaciones adquiridas por parte de los vendedores de opciones, quienes emitieron contratos que no podían cubrir, lo cual propició la quiebra de los especuladores. El incumplimiento por parte de los emisores de opciones se difundió en Europa, generando la idea de que estos mercados eran excesivamente especulativos y peligrosos debido a la falta de legislación que los rigiera, protegiendo a los participantes involucrados.

En el siglo XVIII, en Inglaterra se iniciaron negociaciones con opciones sobre acciones<sup>5</sup> de las compañías más importantes. La creciente especulación mediante opciones y la caída de precios de las acciones en 1720 propició que el mercado de opciones fuera cerrado y declarado ilegal hasta su reapertura en el siglo XX. La práctica de operaciones clandestinas con opciones continuó.

---

<sup>1</sup> Contrato estandarizado, en el cual el comprador, mediante el pago de la prima, adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente al precio pactado en la fecha futura, y el vendedor se obliga a vender o comprar, según corresponda, el activo subyacente al precio convenido. El comprador puede ejercer dicho derecho, según se haya acordado en el contrato respectivo. Si en el contrato de opción se pacta el pago por diferencias, no se realizará la entrega del activo subyacente.

*Glosario*, 25 de agosto de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>2</sup> Filósofo, matemático y astrónomo griego, vivió entre el 640 y el 550 a.J.C. Fue fundador de la escuela de Mileto, su ciudad natal, situada en la costa oeste de Asia menor. Su filosofía de la vida supone que el origen de todo ser se encuentra en el agua. Estudió con profundidad los fenómenos naturales encontrando explicación a los eclipses de sol, al magnetismo y los terremotos. El teorema de Tales: Si varias paralelas interceptan a dos transversales entonces determinan sobre ellas segmentos proporcionales. Se le considera el primer matemático de la historia ya que fue el primero en demostrar sus afirmaciones. Fue capaz de predecir el eclipse solar del año 585 a.J.C.

*Tales de Mileto*, 22 de agosto de 2003, <http://centros5.pntic.mec.es/cpr.de.aranjuez/foro/circo/tales.htm>

<sup>3</sup> Bien o índice de referencia, objeto del contrato de opción, concentrado en la bolsa de derivados.

*Glosario*, 25 de agosto de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>4</sup> Lugar donde se oferta y demanda cierta cantidad de bienes y el precio que adquieren depende de la oferta y la demanda.

Climent Hernández José Antonio, *Análisis teórico práctico para la valuación de opciones*. UNAM 2001 p. 12.

<sup>5</sup> Títulos que representan parte del capital social de una empresa los cuales son colocados entre el público inversionista a través de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) para obtener financiamiento y su tenencia otorga a su poseedor el derecho de socio.

*Glosario de términos financieros*, 25 de agosto de 2003, [http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec1\\_glosario.html](http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec1_glosario.html)



En el siglo XX, en Estados Unidos, las opciones sobre mercancías básicas conocidas como *commodity options*<sup>1</sup> también quedaron prohibidas en 1936. En 1968, en el *Chicago Board of Trade (CBOT)*<sup>2</sup> se decide, de acuerdo al resultado del estudio analítico, crear el primer mercado de opciones sobre acciones. De esta forma, el 26 de abril de 1973 comienza a operar el *Chicago Board Options Exchange (CBOE)*, como el primer mercado organizado en el mundo con la finalidad concreta de negociar opciones sobre acciones de empresas que cotizan en bolsa<sup>3</sup>. El primer día se negociaron 911 contratos con 16 opciones de compra que aparecían en el índice<sup>4</sup> del *New York Stock Exchange* y hasta 1977 se negociaron las primeras opciones de venta. En los años ochenta se desarrollaron los primeros mercados organizados de opciones sobre divisas<sup>5</sup>. El *Philadelphia Stock Exchange (www.phlx.com)* es el principal mercado de opciones sobre divisas. En la actualidad estos mercados están regulados por la *Securities Exchange Commission (www.sec.gov)* y la *Commodity Futures Trading Commission (www.cftc.gov)*.

## ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN MÉXICO

En México, el Mercado Mexicano de Derivados (**MexDer**)<sup>6</sup> surge en 1997 debido a la evidente importancia de los productos derivados<sup>7</sup>. A principios de los años noventa se inició la operación de los títulos opcionales, mejor conocidos como *Warrants*<sup>8</sup>.

---

<sup>1</sup> Opciones sobre mercancías como productos agrícolas: Algodón, arroz, avena, cebada, centeno, papas y trigo. Glosario, 25 de agosto de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>2</sup> Fundado en 1948 como enlace entre agricultores y comerciantes. Su tarea principal fue en su inicio, la de estandarizar cantidades y calidades de cereales. Actualmente ofrece contratos de futuros para varios activos subyacentes, incluyendo avena, bonos del tesoro, letras del tesoro, maíz, plata y trigo.

Hull John, *Introducción a los mercados de futuros y opciones*, Cuarta Edición 2002. ISBN 84-205-3386-6, Prentice Hall 2002 p. 3.

<sup>3</sup> Institución responsable de proporcionar la infraestructura, la supervisión y los servicios necesarios para la realización de los procesos de emisión, colocación e intercambio de valores, títulos y de otros instrumentos financieros. Así mismo, hace pública la información bursátil, realiza el manejo administrativo de las operaciones y transmite la información, supervisa las actividades de las empresas emisoras y casas de bolsa, en cuanto al estricto apego a las disposiciones aplicables y fomenta la expansión y competitividad del mercado de valores.

*Glosario de términos financieros*, 27 de agosto de 2003, [http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec1\\_glosario.html](http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec1_glosario.html)

<sup>4</sup> Medida estadística diseñada para mostrar los cambios de una o más variables relacionadas a través del tiempo. Razón matemática producto de una fórmula, que refleja la tendencia de una muestra determinada.

*Glosario de términos financieros*, 27 de agosto de 2003, [http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec1\\_glosario.html](http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec1_glosario.html)

<sup>5</sup> Medio de cambio cifrado en una moneda extranjera.

*Definición de divisa*, 27 de agosto de 2003, <http://gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/fin/30/divisa.htm>

<sup>6</sup> Bolsa de Derivados de México, la cual inició operaciones el 15 de diciembre de 1998 al listar contratos de futuros sobre subyacentes financieros, siendo constituida como una sociedad anónima de capital variable, autorizada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (**SHCP**). Este hecho, constituye uno de los avances más significativos en el proceso de desarrollo e internacionalización del Sistema Financiero Mexicano.

*Presentación*, 27 de agosto de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/presentacion.html>

<sup>7</sup> Familia o conjunto de instrumentos financieros, cuya principal característica es que están vinculados a un valor subyacente o de referencia. Los principales productos derivados son los futuros, las opciones, los warrants, las opciones sobre futuros y los swaps.

*Glosario*, 27 de agosto de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>8</sup> Valor corporativo parecido a una opción de compra. Otorga al tenedor el derecho, mas no la obligación, de comprar directamente a la compañía emisora; acciones al precio de compra o precio de ejercicio durante un periodo determinado. Cada Warrant especifica el número de acciones que el tenedor tiene derecho a comprar, el precio de ejercicio y la fecha de expiración. También son llamados títulos opcionales.

Climent Hernández José Antonio, *Análisis teórico práctico para la valuación de opciones*. UNAM 2001 p. 3.



El éxito del mercado de *Warrants* motivó al Consejo de Administración de la Bolsa Mexicana de Valores<sup>1</sup> ([www.bmv.com.mx](http://www.bmv.com.mx)), para autorizar el presupuesto para desarrollar el mercado de Futuros<sup>2</sup> y Opciones. Desde 1994 se trabajó en el diseño de un mercado seguro, confiable y competitivo. El diseño contempla la creación de una Bolsa nueva, la Cámara de Compensación<sup>3</sup> y Liquidación (**Asigna**)<sup>4</sup>, así como los sistemas que soporten la operación de forma adecuada. El 31 de diciembre de 1996 se publican en el Diario Oficial de la Federación las reglas a las que han de sujetarse las sociedades y fideicomisos participantes en la constitución y operación del Mercado Mexicano de Derivados. Estas reglas permiten la constitución de **MexDer** y **Asigna**, y norman las actividades de los participantes del mercado. Las reglas se complementan con el marco de regulación prudencial que la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (**CNBV**)<sup>5</sup> emitió el 16 de mayo de 1997. Este marco define los esquemas operativos de control de riesgos, supervisión y vigilancia que norman las actividades del nuevo mercado.

**MexDer** y **Asigna** iniciaron operaciones el día 15 de diciembre de 1998, con la participación de cuatro socios liquidadores<sup>6</sup>: Banamex, Bancomer, BBV e Inverlat. Desde este momento se negoció a *viva voz* en el piso de remates construido específicamente para la negociación de futuros.

**MexDer** inició operación electrónica el día 8 de mayo de 2000, mediante SENTRA Derivados<sup>7</sup>, sistema desarrollado específicamente para la ejecución de operaciones de futuros.

---

<sup>1</sup> Institución sede del mercado mexicano de valores. Institución responsable de proporcionar la infraestructura, la supervisión y los servicios necesarios para la realización de los procesos de emisión, colocación e intercambio de valores y títulos inscritos en el Registro Nacional de Valores (**RNV**), y de otros instrumentos financieros. Así mismo, hace pública la información bursátil, realiza el manejo administrativo de las operaciones y transmite la información respectiva a SD Indeval, supervisa las actividades de las empresas emisoras y casas de bolsa, en cuanto al estricto apego a las disposiciones aplicables, y fomenta la expansión y competitividad del mercado de valores mexicanos.

*Glosario de términos financieros*, 27 de agosto de 2003, [http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec1\\_glosario.html](http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec1_glosario.html)

<sup>2</sup> Contrato estandarizado en plazo, monto, cantidad y calidad, entre otros, para comprar o vender un activo subyacente, a un cierto precio, cuya liquidación se realizará en una fecha futura. Si en el contrato de futuro se pacta el pago por diferencias, no se realizará la entrega del activo subyacente. De acuerdo con el subyacente es como se determina el tipo de futuro, así se tiene que un futuro sobre divisas se está refiriendo a que el valor subyacente objeto del contrato es una cantidad determinada de cierta moneda extranjera.

*Glosario*, 27 de agosto de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>3</sup> Es la entidad financiera que realiza centralizadamente la garantía del cumplimiento de los derechos para cada uno de los participantes, independientemente de la situación financiera de la contraparte, su tarea principal es llevar un registro de las operaciones efectuadas durante una jornada.

Climent Hernández José Antonio, *Análisis teórico práctico para la valuación de opciones*. UNAM 2001 p. 11.

<sup>4</sup> Fideicomiso administrado por Bancomer S.A., identificado como Asigna, Compensación y Liquidación, cuyo fin es el de compensar y liquidar contratos de futuros y contratos de opciones, y para actuar como contraparte en cada operación que se celebre en MexDer.

*Glosario*, 27 de agosto de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>5</sup> Órgano desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (**SHCP**) responsable de la supervisión y regulación de las entidades financieras y de las personas físicas, y demás personas morales cuando realicen actividades previstas en las leyes relativas al sistema financiero, cuyo fin es proteger los intereses del público.

*Acerca de la CNBV*, 28 de agosto de 2003, [http://www.cnbv.gob.mx/seccion.asp?sec\\_id=1&com\\_id=0](http://www.cnbv.gob.mx/seccion.asp?sec_id=1&com_id=0)

<sup>6</sup> Fideicomiso que participa en el patrimonio de la Cámara de Compensación, teniendo como finalidad celebrar y liquidar, por cuenta propia o de clientes, contratos de futuros y contratos de opciones operados en Bolsa.

*Glosario*, 28 de agosto de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>7</sup> El Sistema Electrónico de Negociación, Transacción, Registro y Asignación (SENTRA Derivados) es un mecanismo que sustituyó la operación a *viva voz*, por otra remota, totalmente automatizada y a tiempo real. A través de SENTRA Derivados es posible registrar posturas de venta y compra, realizar operaciones de cruce, operaciones de autoentrada y operaciones al precio de liquidación, así como, realizar el monitoreo de las posturas introducidas al sistema, dimensionar la profundidad del mercado e identificar operaciones de cruce y autoentrada.

*Operación electrónica*, 28 de agosto de 2003, [http://www.mexder.com.mx/MEX/operacion\\_electronica.html](http://www.mexder.com.mx/MEX/operacion_electronica.html)



Por el momento, en **MexDer**, únicamente se negocian futuros sobre:

Bien Subyacente	Contrato	Clave
<b>Divisas</b>	Dólar de los Estados Unidos de América	DEUA
<b>Índices</b>	Índice de Precios y Cotizaciones de la <b>BMV</b>	IPC
<b>Deuda</b>	Bono a tres años CETES de 91 días TIIE de 28 días	M3 CE91 TE28
<b>Acciones</b>	Cemex CPO Femsa UBD Gcarso A1 GFBB O Telmex L	CMXC FEMD GCAA GFBO TMXL

En etapa posterior se tiene prevista la negociación de opciones. Los principales contratos con los que **MexDer** iniciará operaciones son:

- Opciones sobre el IPC<sup>1</sup>.
- Primer paquete de opciones sobre acciones individuales.
- Segundo paquete sobre acciones individuales.
- Opciones sobre dólar.
- Opciones sobre bonos.

El 2 de septiembre de 2003, MexDer publica el aviso<sup>2</sup> en el que se dan a conocer los proyectos de los términos y condiciones generales de contratación de opciones sobre:

- Acciones representativas del capital social de:

EMPRESA	EMISORA	SERIE
Grupo Carso S.A. de C.V.	Gcarso	A1
América Móvil S.A. de C.V.	AMX	L
Grupo Modelo S.A. de C.V.	Gmodelo	C
Wal Mart de México S.A. de C.V.	Walmex	V
Teléfonos de México S.A. de C.V.	Telmex	L

- Unidades vinculadas de acciones representativas del capital social de:

EMPRESA	EMISORA	SERIE
Fomento Económico Mexicano S.A. de C.V.	Femsa	UBD

<sup>1</sup> Es el principal indicador del mercado accionario mexicano, el cual ilustra el comportamiento de una muestra de emisoras representativas del universo de empresas que cotizan en Bolsa, con respecto a su valor de capitalización.

*Glosario*, 28 de agosto de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>2</sup> *Aviso a Socios liquidadores, Operadores y Público en general (Preliminares de Opciones)*, 2 de septiembre de 2003, [http://www.mexder.com.mx/inter/info/mexder/avisos/AVISO\\_CGCS\\_DE OPCIONES PARA COMENTARIOS DE L PUBLICO\\_02\\_SEPTIEMBRE\\_2003.pdf](http://www.mexder.com.mx/inter/info/mexder/avisos/AVISO_CGCS_DE OPCIONES PARA COMENTARIOS DE L PUBLICO_02_SEPTIEMBRE_2003.pdf)

3. Certificados de participación ordinaria emitidos sobre acciones representativas del capital social de:

EMPRESA	EMISORA	SERIE
Cementos Mexicanos S.A. de C.V.	Cemex	CPO
Grupo Televisa S.A. de C.V.	Televisa	CPO

4. Certificados de participación ordinaria que representan parte de las acciones fideicomitidas y efectivo que pretenden reproducir el rendimiento<sup>1</sup> del IPC, en adelante Nafrac 02.
5. Índice de precios y cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores S.A. de C.V.

## OPCIÓN

*Contrato estandarizado, en el cual el comprador, mediante el pago de la prima<sup>2</sup>, adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente al precio pactado en la fecha futura y el vendedor se obliga a vender o comprar, según corresponda, el activo subyacente al precio convenido. El comprador puede ejercer dicho derecho, según se haya acordado en el contrato respectivo. Si en el contrato de opción se pacta el ejercicio en efectivo, no se realizará la entrega del activo subyacente.*

Etimológicamente proviene del latín *Optio* que significa elegir, esto es la facultad otorgada por la ley o mediante el contrato para seleccionar entre varias situaciones jurídicas. Los poseedores de las opciones pueden elegir si ejercen o no su derecho, mientras que los emisores de las opciones están obligados a cumplir con lo estipulado si así lo desean los poseedores.

## CARACTERÍSTICAS DE LAS OPCIONES

Los contratos de opción otorgan a los poseedores el derecho, pero no la obligación de comprar o vender el bien subyacente, lo cual es la característica que define el tipo de los contratos.

### OPCIÓN DE COMPRA

*Contrato estandarizado, en el cual el comprador adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar el bien subyacente al precio pactado en la fecha futura y el vendedor se obliga a vender el activo subyacente al precio convenido.*

<sup>1</sup> Beneficio que produce una inversión. El rendimiento anual y expresado porcentualmente respecto a la inversión se denomina tasa de rendimiento.

*Glosario de términos financieros*, 17 de septiembre de 2003, [http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec1\\_glosario.html](http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec1_glosario.html)

<sup>2</sup> Precio equivalente al riesgo que adquiere el emisor del contrato y que otorga al comprador, mediante el pago correspondiente, el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente de acuerdo a lo estipulado en el contrato.

Climent Hernández José Antonio, *Análisis teórico práctico para la valuación de opciones*. UNAM 2001 p. 3.



## OPCIÓN DE VENTA

*Contrato estandarizado, en el cual el comprador adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de vender el bien subyacente al precio pactado en la fecha futura y el vendedor se obliga a comprar el activo subyacente al precio convenido.*

De lo anterior se obtiene el cuadro siguiente:

<b>TIPO DE CONTRATO</b>	<b>POSEEDOR DEL CONTRATO</b>	<b>EMISOR DEL CONTRATO</b>
<i>Compra</i>	<i>Derecho a comprar</i>	<i>Obligación de vender</i>
<i>Venta</i>	<i>Derecho a vender</i>	<i>Obligación de comprar</i>

La fecha futura determina el periodo o fecha en la que los contratos tienen validez y es la característica que define el estilo de los contratos.

## OPCIÓN AMERICANA

*Contrato estandarizado, en el cual el comprador adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente al precio pactado en el periodo hábil comprendido entre el momento de efectuar el contrato y la fecha de vencimiento mientras el vendedor se obliga a vender o comprar, según corresponda, el activo subyacente al precio convenido.*

## OPCIÓN EUROPEA

*Contrato estandarizado, en el cual el comprador adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente al precio pactado solo en la fecha de vencimiento y el vendedor se obliga a vender o comprar, según corresponda, el activo subyacente al precio convenido.*

Al emitir contratos de opciones, emisores y compradores acuerdan el derecho de recibir o entregar, según corresponda, el bien subyacente o solo la diferencia entre el precio pactado y el precio del bien subyacente en el mercado. Esta característica determina la forma de liquidación al ejercer los contratos.

## EJERCICIO EN EFECTIVO

*Especificación en los contratos de opciones, cuya liquidación no requiere la entrega física del valor de referencia. Los poseedores de los contratos tienen el derecho a recibir el pago, resultado de la diferencia entre el precio del bien subyacente en el mercado y el precio pactado al momento de ejercer las opciones, si éstas son de compra o el resultado de la diferencia entre el precio pactado y el precio del bien subyacente en el mercado al momento de ejercer las opciones, si los éstas son de venta.*

## **EJERCICIO EN ESPECIE**

*Especificación en los contratos de opciones, cuya liquidación implica la entrega física del valor de referencia. Los poseedores de los contratos tienen el derecho de recibir o entregar físicamente, según corresponda, el bien subyacente al ejercer su derecho.*

La posesión del bien subyacente por parte de los emisores de contratos de opciones, para hacer frente a sus obligaciones ante los poseedores, determina la emisión de los contratos.

## **OPCIÓN CUBIERTA**

*Los emisores de los contratos de opciones poseen físicamente el bien subyacente para cumplir con sus obligaciones ante los poseedores, cuando se ha convenido el ejercicio en especie.*

## **OPCIÓN DESCUBIERTA**

*Los emisores de los contratos de opciones no poseen físicamente el bien subyacente para cumplir con sus obligaciones ante los poseedores, cuando se ha convenido el ejercicio en especie.*

En cada contrato de opción hay dos partes involucradas: Los inversionistas emisores de los contratos y los compradores.

## **POSICIÓN CORTA**

*Los inversionistas tienen la obligación de vender o comprar el bien subyacente, según corresponda, si los poseedores de los contratos deciden ejercer su derecho.*

## **POSICIÓN LARGA**

*Los inversionistas tienen el derecho pero no la obligación, ante los emisores, de comprar o vender el bien subyacente según corresponda.*

Las posiciones se muestran en el cuadro siguiente:

<b>POSICIÓN</b>	<b>TIPO DE OPCIÓN</b>	<b>DERECHO U OBLIGACIÓN</b>
<b>CORTA</b>	<b>COMPRA</b>	<i>Obligación de vender el bien subyacente</i>
<b>CORTA</b>	<b>VENTA</b>	<i>Obligación de comprar el bien subyacente</i>
<b>LARGA</b>	<b>COMPRA</b>	<i>Derecho a comprar el bien subyacente</i>
<b>LARGA</b>	<b>VENTA</b>	<i>Derecho a vender el bien subyacente</i>



Los emisores de los contratos de opciones, quiénes han tomado la posición corta, a cambio del pago de la prima, están obligados con los compradores, quiénes han tomado la posición larga, a vender o comprar, según corresponda, el bien subyacente al precio convenido.

Los precios de las opciones están determinados por las características y factores expresados en los contratos. El tipo, el estilo, la clase<sup>1</sup>, el precio pactado, la fecha futura (Determina el periodo durante el cual los contratos son válidos), el precio del bien subyacente en el mercado, el potencial de cambio que el bien subyacente tiene durante cierto periodo que es el riesgo<sup>2</sup> que asumen los emisores de los contratos, del cual quieren cubrirse los compradores, y la tasa de interés<sup>3</sup>.

Considerando algunos factores que influyen en los precios de los contratos de opciones se determina el estado en que se encuentran los contratos. Esto es, si los contratos pueden o no ser ejercidos por los poseedores.

## FUERA DE DINERO

- *Opciones de compra donde el precio del bien subyacente en el mercado es menor que el precio pactado en los contratos.*
- *Opciones de venta donde el precio del bien subyacente en el mercado es mayor que el precio pactado en los contratos.*

En el caso de las opciones de compra, los poseedores no tienen la obligación de comprar el bien subyacente a un precio superior al del mercado y en el caso de las opciones de venta, los poseedores no tienen la obligación de vender el bien subyacente a un precio inferior al del mercado. Es decir no se ejercen los contratos de opción.

La pérdida neta para los compradores de los contratos es la prima, mientras que la ganancia neta para los emisores de los contratos es la prima.

## EN DINERO

*Opciones donde el precio del bien subyacente en el mercado es igual al precio pactado en los contratos.*

Los contratos de opciones no se ejercen ya que los poseedores pueden comprar o vender el bien subyacente, en el mercado, al mismo precio pactado en los contratos.

---

<sup>1</sup> Contratos de opciones que tienen como objeto o referencia un mismo activo subyacente. *Glosario*, 18 de septiembre de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>2</sup> Exposición a determinada eventualidad económicamente desfavorable.

Climent Hernández José Antonio, *Análisis teórico práctico para la valuación de opciones*. UNAM 2001 p. 5.

<sup>3</sup> Tasa es la relación en que varía una magnitud económica con respecto a otra con que está relacionada. Interés es la remuneración por uso de capital. Capital es el factor económico constituido por el dinero. Dinero es la mercancía que se puede intercambiar inmediatamente por cualquier otra, es decir, es una medida del valor de intercambio de todas las mercancías. De esta forma, si se conviene fijar el tiempo de uso de capital durante cierto periodo, entonces se define *tasa de interés* como: *Cantidad que debe retribuirse por el uso de una unidad de capital durante un intervalo de tiempo unitario.*

Climent Hernández José Antonio. *Análisis teórico práctico para la valuación de opciones*. UNAM 2001 p. 8.

La pérdida neta para los compradores de los contratos es igual a la ganancia neta de los emisores de los contratos, esto es, el precio de las opciones.

## DENTRO DE DINERO

- *Opciones de compra donde el precio del bien subyacente en el mercado es mayor que el precio pactado en los contratos.*
- *Opciones de venta donde el precio del bien subyacente en el mercado es menor que el precio pactado en los contratos.*

En el caso de las opciones de compra, los poseedores tienen el derecho, ante los emisores, de comprar el bien subyacente y los vendedores se obligan a vender el activo subyacente al precio establecido en los contratos.

En el caso de las opciones de venta, los poseedores tienen el derecho, ante los emisores, de vender el bien subyacente y los vendedores se obligan a comprar el activo subyacente al precio establecido en los contratos.

En el caso de las opciones de compra, la ganancia neta para los poseedores de los contratos es igual al precio del bien subyacente en el mercado menos el precio pactado en el contrato menos la prima, mientras la pérdida neta para los emisores es igual a la ganancia neta de los poseedores.

En el caso de las opciones de venta, la ganancia neta para los poseedores de los contratos es igual al precio pactado menos el precio del bien subyacente en el mercado menos la prima, mientras la pérdida neta para los emisores es igual a la ganancia neta de los poseedores.

FACTORES	
<i>S</i>	<i>Precio pactado en los contratos</i>
<i>M</i>	<i>Precio del bien subyacente en el mercado</i>
<i>c</i>	<i>Precio de las opciones de compra</i>
<i>p</i>	<i>Precio de las opciones de venta</i>

Los factores necesarios para conocer el estado en que se encuentran los contratos son el precio pactado en los contratos y el precio del bien subyacente en el mercado.

Los poseedores de las opciones solo pueden ejercer su derecho cuando los contratos se encuentran dentro de dinero y no siempre resultan ganancias netas positivas al considerar el pago por la cobertura. Las opciones dentro de dinero, en la fecha en la cual termina el periodo de cobertura, deben ser ejercidas ya que no se tiene otra oportunidad para hacerlo. Los poseedores de las opciones pueden ejercer su derecho, ante los emisores, solo en una ocasión. Al hacerlo los contratos expiran sin valor alguno.

De acuerdo a la posición, el estado y el tipo de contrato, se analizan las ganancias y pérdidas potenciales de los inversionistas.



De acuerdo a la posición corta del inversionista se tiene el cuadro de pagos siguiente:

## POSICIÓN CORTA

### OPCIÓN DE COMPRA

SÍ	ESTADO	OBLIGACIÓN	GANANCIAS		PÉRDIDAS	
			TOTALES	NETAS	TOTALES	NETAS
$M < S$	<i>Fuera de dinero</i>	<i>Ninguna</i>	$c$	$c$	0	0
$M = S$	<i>En dinero</i>	<i>Ninguna</i>	$c$	$c$	0	0
$S < M < S + c$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Vender</i>	$c$	$c - (M - S)$	$M - S$	0
$M = S + c$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Vender</i>	$c$	0	$M - S$	0
$S + c < M$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Vender</i>	$c$	0	$M - S$	$(M - S) - c$

### OPCIÓN DE VENTA

SÍ	ESTADO	OBLIGACIÓN	GANANCIAS		PÉRDIDAS	
			TOTALES	NETAS	TOTALES	NETAS
$S < M$	<i>Fuera de dinero</i>	<i>Ninguna</i>	$p$	$p$	0	0
$S = M$	<i>En dinero</i>	<i>Ninguna</i>	$p$	$p$	0	0
$M < S < M + p$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Comprar</i>	$p$	$p - (S - M)$	$S - M$	0
$S = M + p$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Comprar</i>	$p$	0	$S - M$	0
$M + p < S$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Comprar</i>	$p$	0	$S - M$	$(S - M) - p$

Los inversionistas con posición corta reciben el pago por la cobertura y este pago es la ganancia máxima que los emisores pueden obtener, mientras las pérdidas aumentan conforme los contratos están más dentro de dinero.

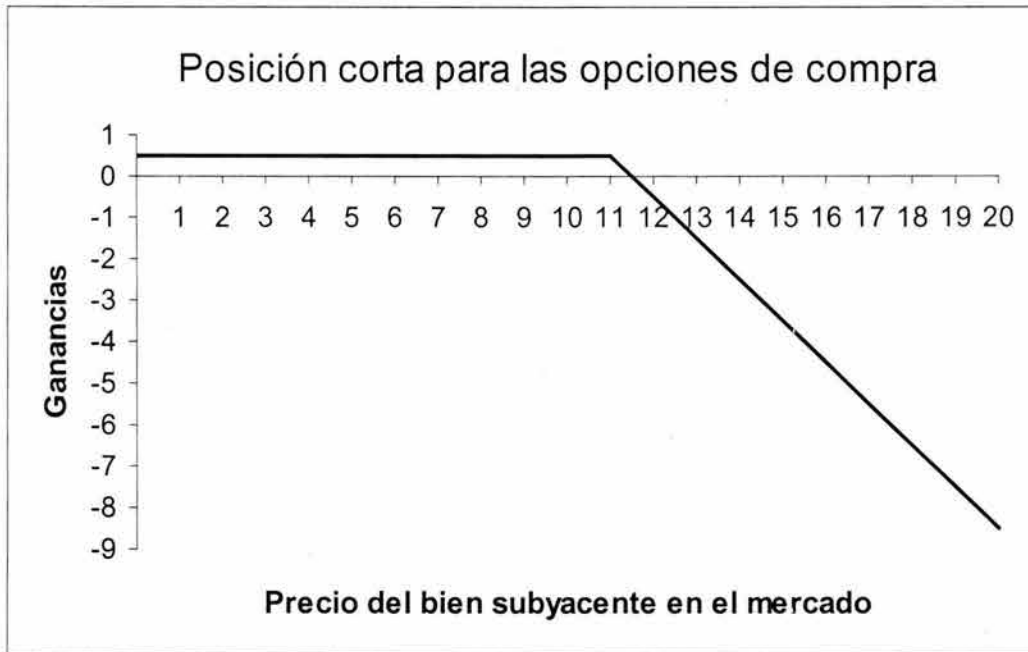
$$c = \max \{M - S, 0\} = -\min \{S - M, 0\}$$

$$p = \max \{S - M, 0\} = -\min \{M - S, 0\}$$

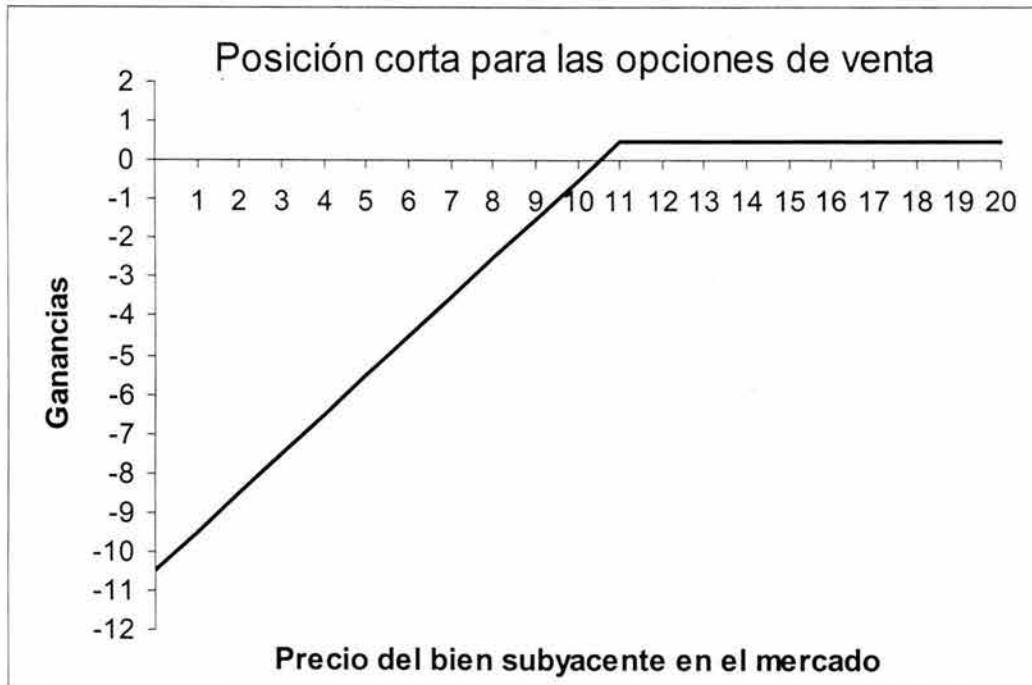
La gráfica 1.1 muestra las ganancias de los inversionistas con posición corta que al emitir opciones de compra sobre dólar con precio de mercado de \$ 11.00, precio pactado de \$ 11.00 y el precio de las opciones de \$ 0.50. Conforme el precio del bien subyacente en el mercado sube, las pérdidas aumentan.

La gráfica 1.2 muestra las ganancias de los inversionistas con posición corta que al emitir opciones de venta sobre dólar con precio de mercado de \$ 11.00, precio pactado de \$ 11.00 y el precio de las opciones de \$ 0.50. Conforme el precio del bien subyacente en el mercado desciende, las pérdidas aumentan.

La representación gráfica de las ganancias de la posición corta a continuación:



Gráfica 1.1



Gráfica 1.2



De acuerdo a la posición larga de los inversionistas se tiene el cuadro de pagos siguiente:

## POSICIÓN LARGA

### OPCIÓN DE COMPRA

SÍ	ESTADO	DERECHO	GANANCIAS		PÉRDIDAS	
			TOTALES	NETAS	TOTALES	NETAS
$M < S$	<i>Fuera de dinero</i>	<i>Ninguno</i>	0	0	$c$	$c$
$M = S$	<i>En dinero</i>	<i>Ninguno</i>	0	0	$c$	$c$
$S < M < S + c$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Comprar</i>	$M - S$	0	$c$	$c - (M - S)$
$M = S + c$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Comprar</i>	$M - S$	0	$c$	0
$S + c < M$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Comprar</i>	$M - S$	$(M - S) - c$	$c$	0

### OPCIÓN DE VENTA

SÍ	ESTADO	DERECHO	GANANCIAS		PÉRDIDAS	
			TOTALES	NETAS	TOTALES	NETAS
$S < M$	<i>Fuera de dinero</i>	<i>Ninguno</i>	0	0	$p$	$p$
$S = M$	<i>En dinero</i>	<i>Ninguno</i>	0	0	$p$	$p$
$M < S < M + p$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Vender</i>	$S - M$	0	$p$	$p - (S - M)$
$S = M + p$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Vender</i>	$S - M$	0	$p$	0
$M + p < S$	<i>Dentro de dinero</i>	<i>Vender</i>	$S - M$	$(S - M) - p$	$p$	0

Los inversionistas con posición larga pagan por la cobertura y este pago es la pérdida máxima que los compradores pueden tener, mientras las ganancias aumentan conforme los contratos están más dentro de dinero.

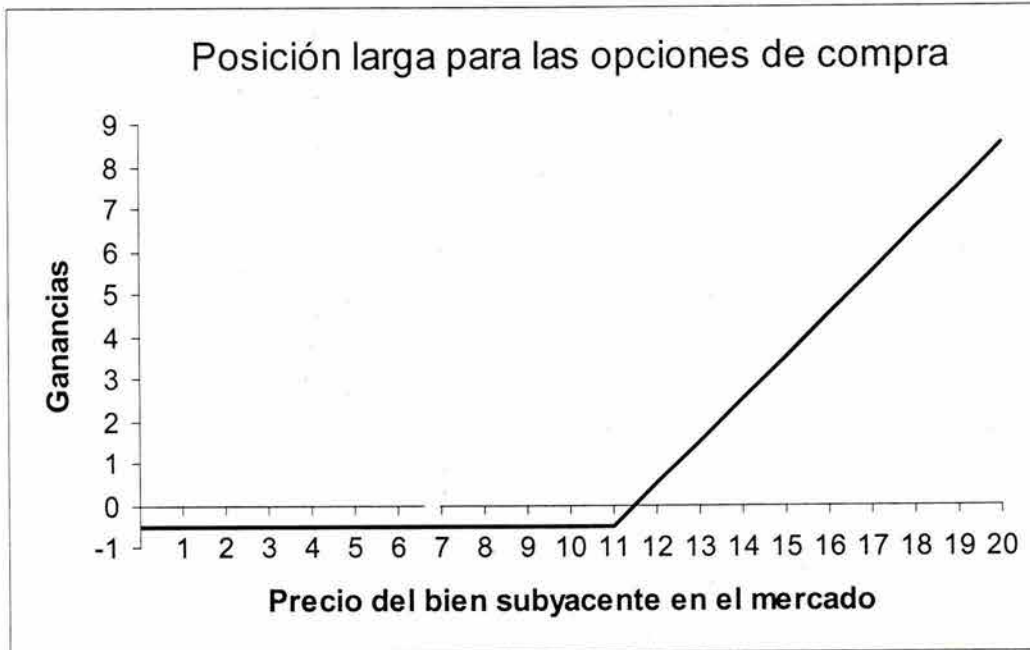
$$c = \max \{M - S, 0\}$$

$$p = \max \{S - M, 0\}$$

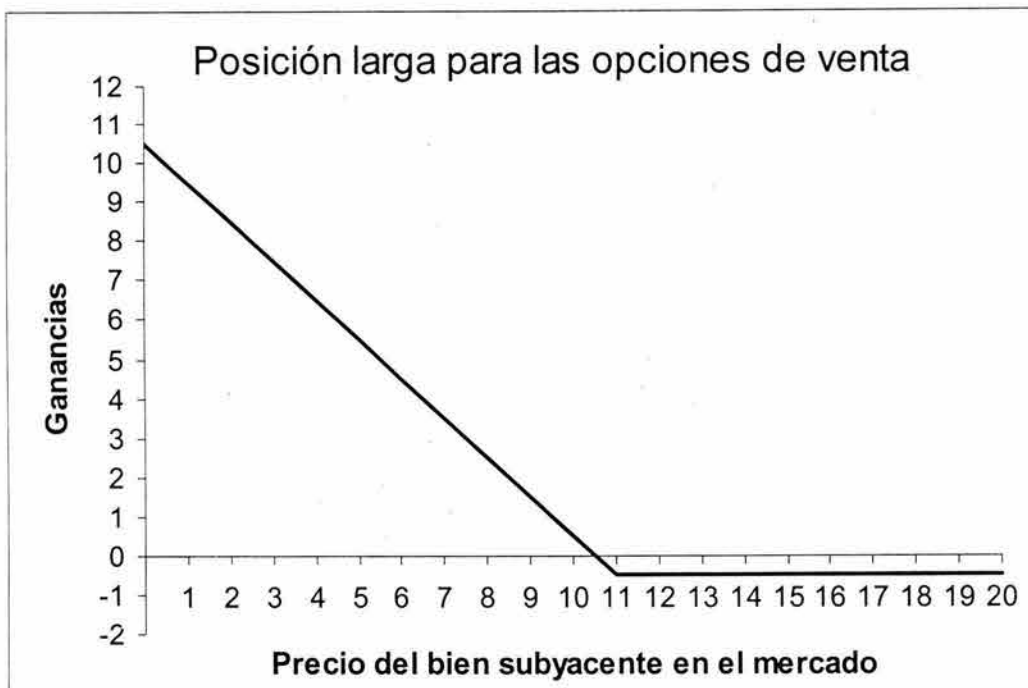
La gráfica 1.3 muestra las ganancias de los inversionistas con posición larga que al poseer las opciones de compra sobre dólar con precio de mercado de \$ 11.00, precio pactado de \$ 11.00 y el precio de la opción de \$ 0.50. Conforme el precio del bien subyacente en el mercado sube, las ganancias aumentan.

La gráfica 1.4 muestra las ganancias de los inversionistas con posición larga que al poseer las opciones de venta sobre dólar con precio de mercado de \$ 11.00, precio pactado de \$ 11.00 y el precio de la opción de \$ 0.50. Conforme el precio del bien subyacente en el mercado desciende, las ganancias aumentan.

La representación gráfica de la posición larga:



Gráfica 1.3



Gráfica 1.4

Los cuadros y las gráficas anteriores son complementarios, ya que lo que los inversionistas tienen como ganancia, las contrapartes lo tienen como pérdidas. Las ganancias netas son nulas para ambas posiciones cuando los contratos se encuentran dentro de dinero, esto es: El precio del bien subyacente en el mercado es igual al precio pactado más el precio del contrato de compra y cuando el precio pactado es igual al precio del bien subyacente en el mercado más el precio del contrato de venta.



## PRIMA

*Precio equivalente al riesgo que adquieren los emisores de los contratos y que otorga a los compradores, mediante el pago correspondiente, el derecho pero no la obligación de comprar o vender el bien subyacente de acuerdo a lo estipulado en los contratos.*

El ser humano es adverso al riesgo, por lo que ha creado instrumentos que le permiten transferirlo. El seguro<sup>1</sup> ha sido la forma más usual para cubrirse ante eventualidades económicamente desfavorables. Los contratos de opciones son seguros que permiten cubrir posturas<sup>2</sup> determinadas ante movimientos desfavorables en el precio del subyacente.

## RIESGO

*Exposición a determinada eventualidad<sup>3</sup> económicamente desfavorable.*

El riesgo es el objeto de la cobertura, es el término jurídico que asume un evento aleatorio<sup>4</sup> del cual puede originarse una pérdida económica. Se le da el significado de elemento de exposición. En el caso de los contratos de opciones, se considera como la probabilidad<sup>5</sup> de que el rendimiento esperado en la inversión<sup>6</sup> no se capitalice en el tiempo estimado.

*Matemáticamente se cuantifica como la desviación estándar<sup>7</sup> que presenta la función de distribución<sup>8</sup> del rendimiento esperado.*

---

<sup>1</sup> Contrato bilateral en el que la aseguradora está obligada al pago de la suma asegurada, en el momento en que ocurra el evento de cobertura. Mientras el compromiso del asegurado es pagar la prima que le otorga el derecho, por parte de la aseguradora, a reclamar el beneficio al que se hizo acreedor.

Vargas Aguilar Juan Carlos, *Fundamentos para el desarrollo en productos de daños*. UNAM 2003 p. 8.

<sup>2</sup> Oferta para comprar o vender cierto número de contratos de una serie al precio determinado, realizada por un Socio Liquidador u Operador a través del Sistema Electrónico de Negociación (SENTRA Derivados).

*Glosario*, 25 de septiembre de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>3</sup> Que puede suceder, sin embargo no se sabe cuando.

Climent Hernández José Antonio, *Análisis teórico práctico para la valuación de opciones*. UNAM 2001 p. 5.

<sup>4</sup> Conjunto de sucesos que cumplen una cierta condición.

Jay L. Devore, *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*, Cuarta edición 1998. ISBN 968-7529-48-2, International Thomson Editores S.A. de C.V. p. 42.

<sup>5</sup> Rama de las Matemáticas que cuantifica el grado de confianza sobre la ocurrencia de un evento.

Vargas Aguilar Juan Carlos, *Fundamentos para el desarrollo de productos en daños*. UNAM 2003 p. 6.

<sup>6</sup> Fondos excedentes que están canalizados, consciente o inconscientemente, con algún fin específico, a corto, mediano o largo plazo.

Marmolejo González Martín, *Inversiones. Práctica, metodología, estrategia y filosofía*. Sexta Edición 1989. ISBN 968-7144-13-0, Instituto Mexicano de Ejecutivos de finanzas A.C. p. Prólogo.

<sup>7</sup> Cuantifica la dispersión promedio de las variaciones respecto al valor medio.

*Glosario*, 18 de septiembre de 2003, <http://www.imss.gob.mx/IMSS/inversiones/glosario.htm>

<sup>8</sup> Función no decreciente, que se aproxima a cero cuando  $x \rightarrow -\infty$  y a la unidad cuando  $x \rightarrow \infty$ . Los estadísticos prefieren el término función de distribución acumulada, pero el adjetivo es redundante. Una función de densidad es una función  $f(x)$  no negativa, cuya integral, extendida sobre todo el eje  $x$ , es igual a la unidad. La integral de  $-\infty$  a  $x$  de cualquier función de densidad, es una función de distribución. El término función de frecuencia es sinónimo de función de densidad.

Feller William, *Introducción a la teoría de probabilidades y sus aplicaciones*. Volumen I. Primera Edición, tercera reimpresión 1983. ISBN 968-18-0721-9. Editorial Limusa. p. 185.

El resultado del análisis cualitativo y cuantitativo, es la herramienta que permite a los inversionistas determinar los riesgos asociados ante las condiciones pactadas. Sin embargo no debe ser entendido como recomendación para comprar, vender o mantener algún bien subyacente, ya que no contempla la adecuación a las necesidades y objetivos de los inversionistas. No constituye garantía, representa la evaluación que debe ser utilizada como uno de los varios factores en el proceso de la toma de decisiones.

Los inversionistas que toman la posición corta parecen tener pérdidas potenciales mayores que las ganancias potenciales de los inversionistas que toman la posición larga, sin embargo, la probabilidad de movimientos en el precio del subyacente en el mercado es factor determinante en el precio de los contratos y el potencial de cambio que posee el bien subyacente en el mercado durante cierto periodo incrementa la probabilidad de que el estado de los contratos sea en dinero o fuera de dinero, mientras que la probabilidad de estén dentro de dinero disminuye. Lo cual pretende mostrar la existencia de la cota probable de ganancias potenciales para los poseedores y como consecuencia la cota probable de pérdidas para los emisores.

## **RIESGOS INTRÍNSECOS**

*Riesgos adyacentes a la actividad que realizan las empresas, los cuales no son susceptibles de cobertura.*

### **RIESGO DE CRÉDITO**

*Surge de la posibilidad de experimentar pérdidas como consecuencia del incumplimiento de obligaciones por parte de los emisores de contratos de opciones.*

### **RIESGOS EXTRÍNSECOS**

*Riesgos atribuidos al comportamiento económico en general, los cuales son ajenos a las empresas, las cuales no tienen control sobre ellos.*

### **RIESGO DE MERCADO**

*Surge de la variación de las ganancias netas como resultado de fluctuaciones en el precio del bien subyacente, el tipo de cambio<sup>1</sup> y la tasa de interés.*

### **RIESGO DE PRECIO**

*Es la incertidumbre en la variación adversa en el precio del bien subyacente sobre el cual se mantiene alguna posición.*

---

<sup>1</sup> Precio relativo que posee una moneda al ser expresado en términos unitarios de otra.  
Climent Hernández José Antonio. *Análisis teórico práctico para la valuación de opciones*. UNAM 2001 p. 9.



## RIESGO EN EL TIPO DE CAMBIO

*Surge de la variación en las ganancias netas como resultado de fluctuaciones en el tipo de cambio.*

## RIESGO EN LA TASA DE INTERÉS

*Surge de la variación en las ganancias netas como resultado de fluctuaciones en la tasa de interés.*

Para garantizar el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por parte de los emisores de opciones y transferir el riesgo de crédito, de los poseedores de los contratos, a la entidad que actúa como intermediario<sup>1</sup>, **MexDer** cuenta con **Asigna**.

## CÁMARA DE COMPENSACIÓN

*Entidad financiera que realiza centralizadamente la garantía del cumplimiento de los derechos de cada participante, independientemente de la situación financiera de la contraparte, su tarea principal es llevar registro de las operaciones efectuadas durante la jornada.*

**Asigna**, Compensación y Liquidación provee la infraestructura y mecanismos necesarios para garantizar el registro, compensación y liquidación de las operaciones realizadas por miembros de **MexDer**. Es la contraparte de todas las operaciones efectuadas en **MexDer**, así como la entidad que asume el riesgo de crédito.

**MexDer** y su Cámara de Compensación **Asigna** son entidades autorreguladas que funcionan bajo la supervisión de las Autoridades Financieras (**SHCP**<sup>2</sup>, **Banxico**<sup>3</sup> y **CNBV**). Su misión es impulsar el crecimiento del Mercado Mexicano de Derivados de acuerdo a las necesidades de las empresas, inversionistas y del Sistema Financiero en general, desarrollando herramientas que facilitan la cobertura, administración de riesgos y eficiencia en el manejo de carteras de inversión, en un marco de transparencia e igualdad de oportunidades para todos los participantes.

---

<sup>1</sup> Corredor de contratos de opción comerciados en MexDer o en el mercado extrabursátil.

Climent Hernández José Antonio, *Análisis teórico práctico para la valuación de opciones*. UNAM 2001 p. 16.

<sup>2</sup> Dependencia del Poder Ejecutivo Federal, tiene a su cargo el despacho de los asuntos que encomienda la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y otras leyes, así como los reglamentos, decretos, acuerdos y órdenes del Presidente de la República.

*Reglamento interior*, 24 de septiembre de 2003, <http://www.shcp.gob.mx/index01.html>

<sup>3</sup> Banco central autónomo en el ejercicio de sus funciones y en su administración. Su objetivo prioritario será procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional, fortaleciendo con ello la rectoría del desarrollo nacional que corresponde al Estado.

*Banco de México*, 24 de septiembre de 2003, <http://www.banxico.org.mx/aAcercaBanxico/FSacercaBanxico.html>

## MERCADO EXTRABURSÁTIL

*Mercado financiero en el cual los contratos de opciones son negociados bilateralmente y el riesgo de crédito es asumido por los compradores de las opciones.*

Las opciones extrabursátiles son acordadas mediante el compromiso. Este mercado ha ido adquiriendo importancia creciente y actualmente es mayor que el mercado organizado. Los instrumentos negociados en el mercado extrabursátil son estructurados por instituciones financieras con la finalidad de satisfacer las necesidades de sus clientes, permitiéndoles negociar el precio pactado, la fecha futura y el tamaño de los contratos. La ventaja de las opciones acordadas en el mercado extrabursátil es que satisfacen las necesidades de los inversionistas, esto es, son contratos no estandarizados y proporcionan coberturas más adecuadas. Las opciones extrabursátiles sobre divisas son muy populares y en el intento por disminuir el riesgo de crédito, se están adoptando medidas para fijar garantías.

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

## MERCADO ORGANIZADO

*Mercado financiero el cual cuenta con la institución que garantiza el cumplimiento de las obligaciones y derechos, asumiendo el riesgo de crédito.*

**MexDer** cuenta con **Asigna**, Compensación y Liquidación y actualmente las operaciones de contratos de futuros es electrónica, concentrándose en el Sistema Electrónico de Negociación, Registro y Asignación (SENTRA Derivados).

**Asigna** se constituye como el fideicomiso de pago y tiene facultades de autorregulación que le permiten actuar oportunamente ante eventos que pueden alterar el mercado. Es la contraparte de todas las operaciones efectuadas en **MexDer** y la entidad que asume el riesgo de crédito.

**Asigna**, Compensación y Liquidación es el fideicomiso de administración y pago establecido en Bancomer S.A. Los Fideicomitentes de **Asigna** son a su vez fideicomisos de administración y pago constituidos por los principales grupos financieros establecidos en el país: Banamex; Banco Bilbao Vizcaya México, Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero BBV Probusa; Banco Inverlat; Bancomer; Banca Serfin.



Estos fideicomitentes son los socios liquidadores de **Asigna** y son aportantes de recursos para la constitución del Fondo de Patrimonio de la Cámara de Compensación, así como del Fondo de Compensación<sup>1</sup> y del Fondo de Aportaciones<sup>2</sup>.

Los socios liquidadores<sup>3</sup> y operadores<sup>4</sup> ingresan sus posturas y el sistema (SENTRA Derivados) *encripta*<sup>5</sup> el nombre del intermediario. Esto hace que el mercado sea anónimo, permitiendo la igualdad de oportunidad para todos los participantes.

Para garantizar el cumplimiento de los derechos de cada participante **Asigna** solicita cierta aportación<sup>6</sup> como depósito de garantía.

La aportación tiene, entre otras, las finalidades siguientes:

- Dar la garantía de cumplimiento de los derechos para cada participante.
- Crear el fondo de aportaciones para atender las liquidaciones diarias.
- Cubrir la pérdida potencial de los emisores ante los poseedores de los contratos.

Cuando se emiten opciones, los poseedores transfieren el riesgo de crédito a la Cámara de Compensación y ésta solicita a los emisores la aportación inicial mínima, la cual depende de las características de los contratos. También fija las aportaciones de mantenimiento, con la finalidad de asegurar que el balance en el fondo de aportaciones no sea negativo.

---

<sup>1</sup> Fondo constituido en la Cámara de Compensación con, al menos, el porcentaje de la suma de todas las Aportaciones Iniciales Mínimas que fijen las Autoridades en las disposiciones legales aplicables y que la Cámara de Compensación le solicite al Socio Liquidador, así como por cualquier otra cantidad solicitada por la Cámara de Compensación para este fondo.

*Glosario*, 25 de septiembre de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>2</sup> Fondo constituido en la Cámara de Compensación con las Aportaciones Iniciales Mínimas entregadas por los Socios Liquidadores, por cada contrato abierto.

*Glosario*, 25 de septiembre de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>3</sup> Fideicomiso y miembro participante en el patrimonio de la Cámara de Compensación que tiene como finalidad celebrar y liquidar, por cuenta propia o de clientes, contratos de futuros y contratos de opciones operados en MexDer.

*Glosario*, 25 de septiembre de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>4</sup> Miembro de MexDer que actúa como comisionista de uno o más Socios Liquidadores en la celebración de contratos de futuros y contratos de opciones y que puede tener acceso a las instalaciones de MexDer para la celebración de dichos contratos.

*Glosario*, 25 de septiembre de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

<sup>5</sup> Una manera de codificar la información de manera que no pueda ser leída en caso de ser interceptada por una tercera persona mientras viaja por la red. Procedimiento que permite asegurar la transmisión de informaciones privadas por las redes públicas desordenándola matemáticamente de manera que sea ilegible para cualquiera excepto para la persona que posea la "llave" que puede ordenar la información. Los dos tipos más comunes de criptografía son los de "misma llave" y "llave pública". En la criptografía con la misma llave, un mensaje es encriptado y desencriptado utilizando la misma llave, que se manda en un envío separado. El método de llave pública es más seguro, el cual utiliza un par de llaves diferentes (una pública y una privada) que pueden tener una relación particular entre sí, de manera que un mensaje encriptado con una llave, sólo puede ser desencriptado con la otra y viceversa.

*Glosario*, 25 de septiembre de 2003, <http://www.learnthenet.com/spanish/glossary/encrypt.htm>

<sup>6</sup> Es el efectivo, valores o cualquier otro bien que aprueben las Autoridades, que deba entregarse a los Socios Liquidadores y, en su caso, a los Operadores, por cada Contrato Abierto, para procurar el cumplimiento de las obligaciones derivadas de los contratos de futuros y contratos de opciones.

*Glosario*, 25 de septiembre de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>

A través de la vigencia de los contratos, la evolución del precio del bien subyacente en el mercado, genera incrementos y decrementos en el fondo de aportaciones, en caso de que la valuación diaria a precio de mercado<sup>1</sup> genere pérdidas en la cuenta de los emisores, al grado de que ésta tenga el valor por debajo del margen de mantenimiento, la Cámara de Compensación hace el llamado a los emisores para que éstos actualicen su aportación.

Las cuentas con ganancias son acreditadas con el importe ganado y las perdedoras son cargadas con el importe perdido; la suma total de pérdidas y ganancias es cero.

## **APORTACIÓN DE GARANTÍA (MARGEN)**

*Es el efectivo, valores o cualquier otro bien que aprueben las autoridades, que deba entregarse a los socios liquidadores y, en su caso, a los operadores, por cada contrato abierto, para procurar el cumplimiento de las obligaciones derivadas de los contratos de opciones.*

## **CUENTA GENERAL DE OPERACIONES (CUENTA DE MARGEN)**

*Es la cuenta de depósito de dinero a la vista que lleva cierta institución de crédito cuyo titular es la Cámara de Compensación, en la cual se realizan los depósitos y retiros de efectivo de los saldos netos diarios y de los saldos de liquidación al vencimiento.*

## **APORTACIÓN INICIAL MÍNIMA**

*Efectivo, valores o cualquier otro bien aprobado por las autoridades financieras, que deberán entregar los socios liquidadores a la Cámara de Compensación por cada contrato abierto.*

Las características de los contratos como: El tipo (Compra, Venta), la liquidación (Ejercicio en efectivo, Ejercicio en especie) y la emisión (Opciones cubiertas, Opciones descubiertas) son las características que influyen la cantidad de efectivo o valores que la Cámara de Compensación solicita como aportación inicial mínima.

Al emitir contratos de compra o venta, si éstos estipulan el ejercicio en efectivo, la aportación inicial mínima debe cubrir el riesgo de crédito y la cantidad necesaria para cubrir esta pérdida potencial es la equivalente a la que los contratos se encuentran dentro de dinero.

Al emitir contratos de compra o venta, si éste estipula el ejercicio en especie y los contratos están cubiertos, la aportación inicial mínima debe cubrir el riesgo de crédito y la cantidad necesaria para cubrir esta pérdida potencial es equivalente a la que los contratos se encuentran dentro de dinero.

---

<sup>1</sup> Valuación diaria a precio de mercado es la práctica de acreditar o disminuir la cuenta de margen de los agentes, debido a los movimientos diarios en el precio de cierre del subyacente.

Glosario, 2 de octubre de 2003, <http://www.mexder.com.mx/MEX/glosari.html>



Al emitir contratos de compra, si éstos estipulan el ejercicio en especie y los contratos están descubiertos, la aportación inicial mínima debe cubrir el riesgo de crédito y la cantidad necesaria para cubrir esta pérdida potencial es equivalente a la máxima entre la quinta parte del precio del bien subyacente en el mercado menos la cantidad en la que los contratos se encuentran fuera de dinero y la décima parte del precio del bien subyacente en el mercado.

Al emitir contratos de venta, si éstos estipulan el ejercicio en especie y los contratos están descubiertos, la aportación inicial mínima debe cubrir el riesgo de crédito y la cantidad necesaria para cubrir esta pérdida potencial es equivalente a la máxima entre la quinta parte del precio del bien subyacente en el mercado menos la cantidad en la que los contrato se encuentran fuera de dinero y la décima parte del precio pactado.

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

La aportación inicial mínima varía al cierre de la jornada y depende del precio del bien subyacente en el mercado durante la vigencia de los contratos.

De acuerdo a las características de los contratos y el precio del bien subyacente en el mercado se tiene que:

Tipo	Liquidación	Emisión	Aportación inicial mínima
	Ejercicio en	Opción	
Compra	Efectivo	Cubierta	$c_i + \max\{M_i - S, 0\}$
			$c_i + \max\{M_i - S, 0\}$
	Especie		$c_i + \max\{0.2M_i - \max\{S - M_i, 0\}, 0.1M_i\}$
Venta	Efectivo	Cubierta	$p_i + \max\{S - M_i, 0\}$
			$p_i + \max\{S - M_i, 0\}$
	Especie		$p_i + \max\{0.2M_i - \max\{M_i - S, 0\}, 0.1S\}$

La aportación inicial mínima es la cantidad mínima requerida que pueden tener los socios liquidadores en el fondo de aportaciones para que esté no sea negativo, ya que si la cuenta general de operaciones está por debajo, la pérdida potencial es superior y no existe garantía.

## **VALUACIÓN DIARIA A PRECIO DE MERCADO**

*Práctica de acreditar o disminuir la cuenta de margen de los agentes, debido a los movimientos diarios en el precio subyacente de cierre amparado en los contratos.*

Por cada contrato abierto, al cierre del día, la Cámara de Compensación registra las operaciones de las liquidaciones diarias y de valuación diaria a precio de mercado.

Cuando la cuenta general de operaciones está por debajo de la aportación inicial mínima los socios liquidadores reciben la llamada para realizar la aportación que compensa las pérdidas potenciales debidas a los cambios en el precio del subyacente en el mercado.

## **LIQUIDACIÓN DIARIA (MARGEN DE VARIACIÓN)**

*Suma de dinero que deba solicitarse, recibirse y entregarse diariamente, según corresponda, y que resulte de la valuación diaria que realice la Cámara de Compensación por aportaciones iniciales mínimas, fondo de compensación y por variaciones en el precio de cierre de cada contrato abierto, con respecto al precio de cierre del día hábil inmediato anterior o, en su caso, con respecto al precio de concertación.*

Para conocer la liquidación diaria se calcula la diferencia entre la aportación inicial mínima al cierre de la jornada y la aportación inicial mínima de la jornada anterior, así pues:

$$Mv_i = M_i - M_{i-1}$$

Siempre que el resultado sea positivo, es necesario incrementar el fondo de aportaciones para hacer frente a las pérdidas potenciales y los emisores recibirán la llamada para entregar esta cantidad de dinero o valores aprobados. En caso de ser negativo, se podrá disponer de esta suma.

## **PARTICIPANTES DE MEXDER**

Los miembros, al participar en el mercado, se comprometen a establecer y cumplir los estándares, mecanismos y políticas que permitan el sano desarrollo de acuerdo a los lineamientos que dan seguridad y transparencia al mercado.

### **AGENTE**

*Intermediario autorizado para responsabilizarse de la ejecución de los procedimientos de ejercicio y liquidación de contratos opciones. Función que en **MexDer** es efectuada por los socios liquidadores.*

### **ASIGNA**

*Fideicomiso administrado por Bancomer S.A. Identificado como Asigna, Compensación y Liquidación, cuyo fin es el de compensar y liquidar contratos de opciones, y para actuar como contraparte en cada operación que se celebre en **MexDer**.*

## **AUTORIDADES FINANCIERAS**

*En el Mercado Mexicano de Derivados, conjunta o indistintamente, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la Comisión Nacional Bancaria y de Valores y el Banco de México.*

## **CLIENTE**

*Es la persona que celebra contratos de opciones en **MexDer**, a través de un socio liquidador o de un operador que actúe como comisionista de un socio liquidador, y cuya contraparte es la Cámara de Compensación.*

## **COMPRADOR**

*Es la parte que tiene el derecho de comprar o vender, según corresponda, ante el vendedor el bien subyacente en la fecha de liquidación.*

## **CONTRALOR NORMATIVO**

*Es la persona que ha sido designada en términos de los estatutos sociales de **MexDer** y autorizado por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, responsable de vigilar que se observen las reglas, disposiciones, normas de autorregulación que expidan **MexDer** y **Asigna**, así como las demás disposiciones que emitan las autoridades aplicables al mercado y de proponer al consejo modificaciones a las normas de autorregulación.*

## **FORMADOR DE MERCADO**

*Al operador que obtenga la aprobación por parte de la bolsa para actuar con tal carácter y que deberá mantener en forma permanente y por cuenta propia, posturas de compra y venta de contratos de opciones.*

## **MIEMBRO**

*Operador autorizado por **MexDer** para celebrar contratos de opciones, ya sea en el carácter de socio liquidador o de operador.*

## **OPERADOR**

*Es el miembro de **MexDer**, cuya función es actuar como comisionista de uno o más socios liquidadores, en la celebración de contratos de opciones y que puede tener acceso a las instalaciones de **MexDer**, para la celebración de dichos contratos.*



A las instituciones de crédito, casas de bolsa y demás personas físicas y morales que pueden o no ser socios de la bolsa, cuya función sea actuar como comisionistas de uno o más socios liquidadores, en la celebración de contratos de opciones y que pueden tener acceso al sistema electrónico de negociación de la bolsa para la celebración de dichos contratos. Cuando los operadores celebren contratos de opciones por cuenta propia, actuarán como clientes.

### **OPERADOR DE MESA**

*A la persona física contratada por un operador o por un socio liquidador, para ejecutar órdenes para la celebración de contratos de opciones por medio de los sistemas electrónicos de negociación de la bolsa.*

### **PROMOTOR**

*Es aquella persona facultada por un socio liquidador u operador para atender las instrucciones que reciba de parte de sus clientes para la celebración de operaciones en bolsa.*

### **SOCIO LIQUIDADOR**

*Fideicomiso que participa en el patrimonio de la Cámara de Compensación, teniendo como finalidad celebrar y liquidar, por cuenta propia o de clientes, contratos de opciones operados en Bolsa.*

### **SOCIO LIQUIDADOR DE POSICIÓN PROPIA**

*Es el fideicomiso que tenga como fin compensar y liquidar exclusivamente operaciones por cuenta de sus fideicomitentes institución de banca múltiple, casa de bolsa y demás entidades del grupo financiero al que éstas pertenezcan, así como del operador en cuyo capital participen cualquiera de las instituciones antes señaladas.*

### **VENDEDOR**

*Es la parte que se obliga a vender o comprar, según corresponda, a la contraparte el bien subyacente en la fecha de liquidación.*

## CONCLUSIONES

La adversidad al riesgo que ha manifestado el ser humano a través del tiempo lo ha llevado a realizar operaciones para cubrir las pérdidas económicas ante eventos desfavorables. La necesidad de adquirir bienes genera la necesidad de producirlos y existe variación en el precio al que serán ofertados en el mercado, por lo que los distribuidores de los bienes necesitan asegurar obtener las mercancías, de los proveedores, a precios accesibles y éstos a su vez necesitan asegurar obtener, de los productores, precios accesibles para garantizar la competencia en el mercado. Este proceso de compra a precios accesibles genera, también, precios accesibles para los usuarios finales, quienes también desean precios que puedan pagar. Obviamente, los productores desean asegurar precios que generen ganancias sobre la producción.

La práctica de garantizar el precio de compra o venta sobre algunos bienes se remonta al menos al siglo VII a J.C. Pero es hasta el siglo XVII que aparece el primer mercado organizado, sin embargo la falta de infraestructura y mecanismos normativos ocasionaron el incumplimiento de las obligaciones de los inversionistas emisores de opciones y es a través de este periodo en el cual se hace evidente la necesidad de contar con algún método que permita calcular el precio equivalente al riesgo de la cobertura, así como crear las instituciones encargadas de dar garantía a los derechos de los participantes involucrados y constituir las normas para minimizar el riesgo de crédito. El 15 de diciembre de 1998, **MexDer** inicia operaciones con **Asigna**, compensación y liquidación; negociando hasta el momento, únicamente, contratos de futuros.

**MexDer** contempla negociar, próximamente, contratos de opciones sobre acciones representativas de capital social, unidades vinculadas de acciones representativas de capital social, certificados de participación ordinaria emitidos sobre acciones representativas de capital social, certificados de participación ordinaria que representan parte de las acciones fideicomitadas y efectivo que pretenden reproducir el rendimiento del índice de precios y cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores (IPC), dólar y bonos.

Los contratos de opciones pueden ser de tipo compra y venta, estilo americano y europeo, la liquidación de ejercicio en efectivo y ejercicio en especie, la emisión cubierta y descubierta, el inversionista puede tomar posición corta y/o larga, el estado de los contratos: Fuera de dinero, en dinero y dentro dinero.

Con la finalidad de procurar el cumplimiento de las obligaciones derivadas al emitir contratos de opciones, **Asigna** solicita la aportación de garantía por cada contrato abierto. La aportación inicial mínima está determinada por el tipo, liquidación y emisión. El precio del subyacente en el mercado y el precio pactado son los factores que influyen en el cálculo de la aportación inicial mínima a través de la vigencia de los contratos.

En caso de que la liquidación diaria tenga saldo positivo, los inversionistas con posición corta reciben la llamada para realizar la aportación, al menos por esta cantidad, con la finalidad de que el balance de la cuenta general de operaciones garantice el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por cada contrato abierto que se encuentra dentro de dinero.



## EJERCICIO

Considerando el tipo de cambio del dólar americano y las primas correspondientes por la cobertura. Calcular la aportación inicial mínima y la liquidación diaria para las opciones de compra con ejercicio en efectivo y para las opciones de venta con ejercicio en especie emitidas al descubierto.

### PARIDAD DE COMPRA Y VENTA

Fecha	Paridad Venta	Opción de compra	Paridad Compra	Opción de venta
18-Julio-2003	10.3641	0.2697	10.3591	0.2588
19-Julio-2003	10.3641	0.2676	10.3591	0.2582
20-Julio-2003	10.3641	0.2655	10.3591	0.2575
21-Julio-2003	10.4165	0.2891	10.4115	0.2306
22-Julio-2003	10.4424	0.3012	10.4389	0.2171
23-Julio-2003	10.5028	0.3345	10.4978	0.1906
24-Julio-2003	10.5290	0.3431	10.5255	0.1832
25-Julio-2003	10.4800	0.3110	10.4700	0.2057
26-Julio-2003	10.4800	0.3089	10.4700	0.2049
27-Julio-2003	10.4800	0.3068	10.4700	0.2040

Tabla 1.1

La tabla 1.1 muestra, en las fechas correspondientes, el precio *spot* de venta del dólar, la evolución del precio de los contratos de compra, el precio *spot* de compra del dólar y la evolución del precio de los contratos de venta.

### POSICIÓN CORTA DE LAS OPCIONES DE COMPRA DE EJERCICIO EN EFECTIVO

Fecha	Aportación Inicial	Liquidación Diaria	Estado del Contrato
18-Julio-2003	0.2697		FUERA
19-Julio-2003	0.2676	-0.0021	FUERA
20-Julio-2003	0.2655	-0.0021	FUERA
21-Julio-2003	0.2891	0.0236	FUERA
22-Julio-2003	0.3012	0.0122	FUERA
23-Julio-2003	0.3873	0.0861	DENTRO
24-Julio-2003	0.4221	0.0348	DENTRO
25-Julio-2003	0.3410	-0.0811	DENTRO
26-Julio-2003	0.3389	-0.0021	DENTRO
27-Julio-2003	0.3368	-0.0021	DENTRO

Tabla 1.2

La tabla 1.2 muestra la aportación inicial, la liquidación diaria, el estado del contrato y las aportaciones adicionales al emitir contratos de compra con especificación de ejercicio en efectivo.



El precio pactado para el bien subyacente de las opciones de compra es \$ 10.45, para las opciones de venta es \$ 10.50 y el tiempo de vigencia es de 90 días.

Las pérdidas potenciales máximas que tienen los emisores es la cantidad que los contratos se encuentran dentro de dinero. Como la inversión por la cobertura es parte del fondo de compensación, hay garantía del cumplimiento de las obligaciones adquiridas por los emisores.

Si los contratos con estilo americano son ejercidos el jueves 24 de julio de 2003, los poseedores tienen derecho a recibir la diferencia entre el precio del bien subyacente en el mercado y el precio pactado, es decir, \$ 0.0790 por cada dólar amparado en los contratos.

La aportación inicial mínima es de \$ 0.2697, que es el precio de las opciones el día de emisión y el lunes 21 de julio los emisores reciben la llamada para compensar la posición, ya que el dólar aumenta de precio y en consecuencia las opciones de la misma serie tiene valor de \$ 0.2891, por lo cual la valuación diaria a precio de mercado requiere que la cuenta general de aportaciones reciba tres depósitos de \$ 0.0194, \$ 0.0122 y \$ 0.0861 en los días respectivos: Lunes (sábado y domingo se tienen saldos a favor de \$ 0.0021 y \$ 0.0021), martes y miércoles. (El día 24 de julio, al ejercerse los contratos no es necesario el depósito de \$ 0.0348 por dólar amparado en cada contrato).

De esta forma los emisores desembolsan \$ 0.1177, lo cual cubre las pérdidas generadas por el precio del dólar en el mercado el 24 de julio, sin embargo, el fondo de aportaciones cuenta con la cantidad de \$ 0.2697, de la aportación inicial mínima, lo que suma el total de \$ 0.3873. Esto es, los emisores obtienen ganancias netas de \$ 0.1907 por cada dólar amparado en los contratos, por lo cual disponen de \$ 0.3083 del fondo de aportaciones al ser liquidados los contratos.

**POSICIÓN CORTA DE LAS OPCIONES DE VENTA DE EJERCICIO EN ESPECIE  
EMITIDAS AL DESCUBIERTO**

Fecha	Aportación Inicial	Liquidación Diaria	Estado del Contrato
18-Julio-2003	2.3307		<b>DENTRO</b>
19-Julio-2003	2.3300	-0.0007	DENTRO
20-Julio-2003	2.3293	-0.0007	DENTRO
21-Julio-2003	2.3129	-0.0164	DENTRO
22-Julio-2003	2.3049	-0.0080	DENTRO
23-Julio-2003	2.2902	-0.0147	DENTRO
24-Julio-2003	2.2628	-0.0019	DENTRO
25-Julio-2003	2.2997	0.0114	FUERA
26-Julio-2003	2.2989	-0.0009	DENTRO
27-Julio-2003	2.2980	-0.0009	DENTRO

Tabla 1.3

La tabla 1.3 muestra la aportación inicial, la liquidación diaria, el estado de los contratos y las aportaciones adicionales al emitir contratos de venta con especificación de ejercicio en especie y emitidos al descubierto.

Obviamente, al ser ejercidos los contratos el jueves 24 de julio, la cuenta sería cerrada generando pérdidas para los poseedores. Regularmente los poseedores de las opciones americanas de compra esperan que el precio del dólar aumente lo suficiente, a través del tiempo y la cobertura les permita obtener ganancias netas, por lo que de ser necesario, esperarán hasta la fecha en que los contratos están próximos a su vencimiento (El ejemplo solo considera 10 de los 90 días de vigencia de los contratos).

Las pérdidas potenciales máximas que tienen los emisores es la cantidad que los contratos se encuentran dentro de dinero. Como la inversión por la cobertura es parte del fondo de compensación, hay garantía del cumplimiento de las obligaciones que adquieren los emisores.

Si los contratos con estilo americano son ejercidos el viernes 18 de julio de 2003, los poseedores tienen derecho a vender la divisa al precio pactado, es decir, a \$ 10.50 por cada dólar amparado en los contratos.

Los emisores deben la aportación inicial mínima de \$ 2.3307 y los contratos son emitidos dentro de dinero, esto es, pueden ejercerse desde el momento de su emisión.

De esta forma los emisores desembolsan \$ 2.0719 adicionales, lo cual cubre las pérdidas generadas por la diferencia en el precio del dólar en el mercado el 18 de julio de 2003 (Los emisores deben vender el dólar entregado por los poseedores a \$ 10.3591 y pagarlo a los poseedores a \$ 10.50, esto es, al recibir el pago de \$ 10.3591 son entregados \$ 2.1898, del fondo de aportaciones, a los emisores y se compensa a los poseedores con \$ 0.1409). Esto es, los emisores obtienen la ganancia neta de \$ 0.1179 por cada dólar amparado en los contratos.

En este caso la Cámara de Compensación recibe de los poseedores de los contratos los dólares y compensa los pagos con los \$ 2.3307 existentes en el fondo de aportaciones, liquidando los contratos mediante los pagos correspondientes.

Obviamente, al ser ejercidos los contratos el viernes 18 de julio, la cuenta sería cerrada generando pérdidas para los poseedores. Regularmente los poseedores de las opciones americanas de venta esperan que el precio del dólar disminuya, no aumente demasiado o el precio pactado sea superior que al invertir el efectivo a la tasa de interés libre de riesgo promedio a través del tiempo y la cobertura les permita obtener ganancias netas.



# CAPITULO II

## CAPÍTULO II MÉTODOS DE VALUACIÓN

*La diferencia entre construcción y creación:*

*La construcción puede ser querida después de edificada y la creación es querida antes de que exista.*

*Gilbert Keith Chesterton.*

### OBJETIVOS

Definir los factores de influencia sobre el valor de las opciones, el valor intrínseco y el valor extrínseco.

Conocer el límite superior del valor de las opciones, el límite inferior del valor de las opciones y la relación entre las opciones de compra y las opciones de venta.

Definir el precio del bien subyacente como un proceso estocástico y el proceso estocástico como la trayectoria del precio del bien subyacente a través del tiempo.

Analizar el método Binomial para valuar opciones sobre divisas y obtener la estimación aproximada de las coberturas ante cambios en los factores de influencia.

Analizar el uso de la fórmula de *Itô* en el proceso de *Wiener* para el cambio de variables de la integral de *Itô* y la propiedad Lognormal del precio del bien subyacente.

Analizar la solución de la ecuación diferencial *Black & Scholes* para valuar opciones europeas sobre divisas y el cálculo de las coberturas ante cambios en los factores de influencia.



## **FACTORES DE INFLUENCIA SOBRE EL MONTO DE LA PRIMA**

De acuerdo a las características de los contratos, existen métodos que representan, por medio de modelos matemáticos, la forma de calcular el valor de los contratos de opciones, para lo cual se consideran los factores siguientes y su influencia en el precio de los contratos.

### **FACTORES EXÓGENOS**

*Son aquellos determinados por el mercado y son ajenos a las características específicas de los contratos.*

#### **PRECIO SUBYACENTE**

*Precio actual del bien subyacente en el mercado.*

El cambio en el precio del bien subyacente en el mercado tiene influencia marcada en el precio de las opciones debido a que el flujo de efectivo depende directamente de la diferencia entre el precio del bien subyacente en el mercado y el precio pactado en los contratos.

Las opciones de compra incrementan su valor, asintóticamente hasta el precio de mercado, conforme el precio del bien subyacente en el mercado aumenta y decrecen en valor, asintóticamente hasta cero, conforme el precio del bien subyacente en el mercado disminuye.

Las opciones de venta decrecen en valor, asintóticamente hasta cero, conforme el precio del bien subyacente en el mercado aumenta e incrementan su valor conforme el precio del bien subyacente en el mercado disminuye. El precio máximo de las opciones de venta es el precio pactado.

#### **VOLATILIDAD SUBYACENTE**

*Representa el potencial que posee el bien subyacente para experimentar cambios dentro de cierto periodo.*

La volatilidad representa el rango posible de movimientos en el precio del bien subyacente en el mercado. Estadísticamente es la dispersión del movimiento en el precio del bien subyacente en el mercado. Es una variable estocástica, por lo que no es posible predecir su comportamiento. Es la medida de incertidumbre con respecto al rendimiento esperado para el bien subyacente.

En el mercado de opciones se emplea la desviación estándar del rendimiento proporcionado por el bien subyacente.

El aumento en la volatilidad genera el aumento en el precio de las opciones debido a que a mayor volatilidad, la probabilidad de cambio en el precio del bien subyacente en el mercado, durante su vigencia, es mayor, incrementando el riesgo de pérdida para los emisores, mientras que los poseedores suponen una probabilidad mayor de ejercer los contratos y obtener beneficios.

## ESTIMACIÓN DE LA VOLATILIDAD

La muestra que parece funcionar razonablemente bien es usar datos históricos de los precios diarios al cierre de los más recientes 90 hasta 180 días.

$P_r$	Precio relativo.
$M_i$	Precio del bien subyacente en el mercado la cierre de $i$ -ésimo día.
$R$	Rendimiento diario.

### PRECIO RELATIVO

$$P_r = \frac{M_i}{M_{i-1}}$$

### RENDIMIENTO DIARIO

$$r = \text{Ln}(P_r) = \text{Ln}\left(\frac{M_i}{M_{i-1}}\right)$$

La media<sup>1</sup> muestral de  $x$  está dada por:

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

La estimación insesgada de la varianza<sup>2</sup> muestral de  $x$  está dada por:

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

<sup>1</sup> Sea  $X$  una variable aleatoria que toma los valores  $x_1, x_2, \dots$  con probabilidades  $f(x_1), f(x_2), \dots$ . La media o valor esperado de  $X$  está definido por:  $E(X) = \sum x_i f(x_i)$ .

Feller William, *Introducción a la teoría de probabilidades y sus aplicaciones*. Volumen I. Primera Edición, tercera reimpresión 1983. ISBN 968-18-0721-9. Editorial Limusa p. 229.

<sup>2</sup> Sea  $X$  una variable aleatoria con segundo momento  $E(X^2)$  y media  $E(X)$ . La variancia de  $X$  se define como:

$$\text{Var}(X) = E(X^2) - E^2(X).$$

Feller William, *Introducción a la teoría de probabilidades y sus aplicaciones*. Volumen I. Primera Edición, tercera reimpresión 1983. ISBN 968-18-0721-9. Editorial Limusa p. 236.

Entonces para estimar la volatilidad mediante datos históricos se emplea la ecuación siguiente:

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

Ecuación 2.1

Ecuación que representa la volatilidad diaria del precio del bien subyacente en el mercado.

Por lo cual, la desviación estándar del cambio proporcional del precio del bien subyacente en el mercado durante el periodo  $t$  es:

$$s = \hat{\sigma} \sqrt{t}$$

Ecuación 2.2

## TASA DE INTERÉS LIBRE DE RIESGO

*Rendimiento que proporciona cierta inversión ausente de riesgo, en México los poseedores de Certificados de la Tesorería (CETE) tienen una inversión libre de riesgo porque el Gobierno ampara y da garantía del título a los poseedores.*

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

Las opciones de compra incrementan su valor, asintóticamente hasta el precio de mercado, conforme la tasa de interés libre de riesgo aumenta y decrecen en valor, asintóticamente hasta cero, conforme la tasa de interés libre de riesgo disminuye.

Las opciones de venta decrecen en valor, asintóticamente hasta cero, conforme la tasa de interés libre de riesgo aumenta e incrementan su valor conforme la tasa de interés libre de riesgo disminuye. El valor máximo de las opciones de venta es el precio pactado.

## FACTORES ENDÓGENOS

*Se refieren a las características específicas de los contratos, esto es, son las características que los contratos aportan.*

## FECHA DE VENCIMIENTO

*Día hábil en que expira el plazo de los contratos conforme a las condiciones generales de contratación.*



Las opciones son bienes que se deprecian a través del tiempo, por lo cual, entre mayor sea el plazo hasta la fecha de vencimiento, mayores son las oportunidades de que los contratos se ejerzan y generen beneficios a los poseedores.

Las opciones americanas son más valiosas si el plazo hasta la fecha de vencimiento aumenta.

Las opciones europeas no necesariamente son más valiosas cuando el plazo hasta la fecha de vencimiento aumenta, sin embargo ya que las opciones se deprecian con el paso del tiempo y solo pueden ejercerse en la fecha de vencimiento, el tiempo influye en el costo de las opciones.

Esto sucede al considerar la posibilidad de cambio en el precio del bien subyacente por algún evento conocido, lo cual resta valor a los contratos ya que al precio del bien subyacente en el mercado se le descuenta el valor presente del cambio conocido si éste ocurre durante el periodo de vigencia de los contratos. Lo cual disminuye el precio de las opciones.

En el caso donde no se esperan cambios debidos a algún evento conocido en la fecha o periodo específico dentro de la vigencia de los contratos, las opciones europeas son más valiosas si el plazo hasta la fecha de vencimiento aumenta.

## PRECIO DE LIQUIDACIÓN AL VENCIMIENTO

*Precio de referencia por unidad de activo subyacente y con base en el cual se realiza la liquidación de los contratos en la fecha de vencimiento.*

Las opciones de compra decrecen en valor, asintóticamente hasta cero, conforme el precio de liquidación al vencimiento aumenta y aumentan en valor conforme el precio de liquidación al vencimiento disminuye. El precio máximo de las opciones de compra es el precio del bien subyacente en el mercado.

Las opciones de venta aumentan su valor conforme el precio de liquidación al vencimiento aumenta y decrecen en valor, asintóticamente hasta cero, conforme el precio de liquidación al vencimiento disminuye.

## VALOR INTRÍNSECO

*Relación entre el precio del bien subyacente en el mercado y el precio de liquidación al vencimiento. Es el máximo entre cero y el valor de las opciones si éstas fueran ejercidas inmediatamente.*

Para opciones de compra:

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

Para opciones de venta:

$$I_p = \max \{S - M, 0\}$$

Es el precio de liquidación al vencimiento que tienen los contratos en algún momento dado. Es la cantidad con la que los contratos se encuentran dentro de dinero.

De acuerdo a lo anterior se observa lo siguiente:

1. Si el valor intrínseco es mayor que cero los contratos están dentro de dinero.
2. Si el valor intrínseco es menor o igual a cero los contratos están fuera de dinero o en dinero.

## **VALOR EXTRÍNSECO**

*Diferencia entre el valor de las opciones y el valor intrínseco, también conocido como valor en el tiempo.*

El valor extrínseco está determinado por la diferencia entre la curva del valor de los contratos y la curva del valor intrínseco.

El valor intrínseco de las opciones de compra es menor que el valor de los contratos, por lo que el valor extrínseco es positivo. Cuando los contratos están fuera de dinero el valor extrínseco es igual al valor de los contratos, el cual es función monótona creciente hasta que el precio del bien subyacente en mercado es igual al precio de liquidación al vencimiento. Cuando los contratos están en dinero, el valor extrínseco alcanza su máximo. Cuando los contratos están dentro de dinero el valor intrínseco es función lineal con pendiente igual a la unidad, la cual es cota inferior para el valor de las opciones; por lo que el valor extrínseco es función monótona decreciente.

El valor intrínseco de las opciones de venta no es cota inferior para el valor de las opciones, por lo que el valor extrínseco puede ser negativo. Cuando los contratos están fuera de dinero el valor extrínseco es igual al valor de los contratos, el cual es función monótona decreciente asintóticamente hasta cero. Cuando los contratos están en dinero, el valor extrínseco alcanza su máximo. Cuando los contratos están dentro de dinero el valor intrínseco es función lineal con pendiente negativa igual a la unidad, por lo que el valor extrínseco es función monótona creciente hasta que el precio del bien subyacente en el mercado es igual al precio de liquidación al vencimiento.

## **LÍMITES EN EL VALOR DE LAS OPCIONES**

La valuación mediante el enfoque en el que obtener beneficios por la compra y/o venta de activos sin asumir ningún riesgo debe ser considerada para evitar oportunidades de las cuales pueden tomar ventaja algunos participantes del mercado.

Considerando que los participantes del mercado están conscientes y preparados para aprovechar las ventajas en las oportunidades de arbitraje se consideran las hipótesis siguientes:

1. No existen impuestos y costos de transacción.
2. Se presta y se toma prestado a la misma tasa de interés libre de riesgo.
3. Todos los activos son completamente divisibles.
4. Se puede emitir contratos al descubierto sin límite.
5. Las transacciones se pueden realizar simultáneamente sin afectar los precios del mercado.



Si estos límites no se respetan, los inversionistas pueden obtener beneficios sin riesgo comprando el bien subyacente y vendiendo las opciones de compra o emitiendo opciones de venta e invirtiendo los ingresos a la tasa de interés libre de riesgo.

<b>NOTACIÓN</b>	
$M$	<i>Precio subyacente.</i>
$\sigma$	<i>Volatilidad del precio subyacente</i>
$i$	<i>Tasa de interés libre de riesgo</i>
$T$	<i>Tiempo de vencimiento del contrato</i>
$t$	<i>Tiempo transcurrido desde la fecha de emisión</i>
$T - t$	<i>Tiempo remanente</i>
$S$	<i>Precio de liquidación al vencimiento</i>
$c$	<i>Opción de compra europea</i>
$p$	<i>Opción de venta europea</i>
$C$	<i>Opción de compra americana</i>
$P$	<i>Opción de venta americana</i>

Se debe suponer que la tasa de interés libre de riesgo es positiva, de otra forma es preferible no invertir.

### **LÍMITE SUPERIOR**

*Precio máximo de las opciones de compra o venta de acuerdo al precio subyacente y al precio de liquidación al vencimiento.*

El precio de las opciones de compra no debe ser mayor que el precio subyacente.

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

Si esta cota no se respeta, al comprar el bien subyacente y vender la opción, el inversionista obtiene el beneficio equivalente a la diferencia entre el precio del contrato y el precio subyacente.

El precio de las opciones de venta no debe ser mayor que el precio de liquidación al vencimiento.

$$p \leq Se^{-iT} \quad \text{y} \quad P \leq S$$

Debido a que las opciones europeas de venta que se encuentran dentro de dinero en la fecha de liquidación tienen valor inferior al precio de liquidación al vencimiento, por lo cual el valor de los contratos en la fecha de emisión es menor o igual que el valor presente del precio de liquidación al vencimiento. Si esta cota no se respeta, los inversionistas obtienen el beneficio equivalente a la inversión de los ingresos a la tasa de interés libre de riesgo por la venta de los contratos.

Debido a que las opciones americanas de venta tienen probabilidad de ser ejercidas antes de la fecha de vencimiento no es posible aplicar el criterio anterior y la cota es el precio de liquidación al vencimiento.



## LÍMITE INFERIOR

*Precio mínimo de las opciones de compra o venta de acuerdo al precio subyacente y al precio de liquidación al vencimiento.*

Para conocer la cota inferior del precio de las opciones de compra se supone la existencia de dos carteras de inversión:

1. Una opción de compra más la cantidad  $Se^{-i(T-t)}$  en efectivo.
2. Un bien subyacente con precio de mercado  $M$  al ser emitido el contrato.

Primera cartera.

El invertir el efectivo  $Se^{-i(T-t)}$  a la tasa de interés libre de riesgo, hasta la fecha de liquidación al vencimiento, permite disponer de la cantidad  $S$ , en efectivo, al término del periodo. Mientras el contrato tiene las posibilidades siguientes:

- Expirar sin valor. Esto es,  $M_t \leq S$ , por lo que la primera cartera tiene el valor  $S$  al expirar el contrato en la fecha de liquidación al vencimiento.
- Tener el valor de ejercicio  $M_t - S$ . Esto es,  $S < M_t$ , por lo que la primera cartera tiene el valor  $M_t$  al ejercer el contrato en la fecha de liquidación al vencimiento.

Por lo cual la primera cartera, en la fecha de liquidación al vencimiento tiene el valor siguiente:

$$\max \{M_t, S\}$$

Segunda cartera.

El bien subyacente, en la fecha de liquidación al vencimiento de la opción, tiene el valor  $M_t$ .

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

$$M \leq c + Se^{-i(T-t)} \quad \Rightarrow \quad M - Se^{-i(T-t)} \leq c$$

El precio del bien subyacente en el mercado es mayor o igual a cero.

Por lo tanto:

$$\max \{M - Se^{-i(T-t)}, 0\} \leq c$$

Para conocer la cota inferior de las opciones de venta se supone la existencia de dos carteras de inversión:

1. Una opción de venta más un bien subyacente con precio de mercado  $M$ .
2. La cantidad  $Se^{-i(T-t)}$  en efectivo.

Primera cartera.

El bien subyacente, en la fecha de liquidación al vencimiento de la opción, tiene el valor  $M_t$ . Mientras el contrato tiene las posibilidades siguientes:

- Expirar sin valor. Esto es,  $S \leq M_t$ , por lo que la primera cartera tiene el valor  $M_t$  al expirar el contrato en la fecha de liquidación al vencimiento.
- Tener el valor de ejercicio  $S - M_t$ . Esto es,  $M_t < S$ , por lo que la primera cartera tiene el valor  $S$  al ejercer el contrato en la fecha de liquidación al vencimiento.

Por lo cual la primera cartera, en la fecha de liquidación al vencimiento tiene el valor siguiente:

$$\max \{M_t, S\}$$

Segunda cartera.

El invertir el efectivo  $Se^{-i(T-t)}$  a la tasa de interés libre de riesgo, hasta la fecha de liquidación al vencimiento, permite disponer de la cantidad  $S$ , en efectivo, al término del periodo.

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

$$Se^{-i(T-t)} \leq p + M \quad \Rightarrow \quad Se^{-i(T-t)} - M \leq p$$

El precio del bien subyacente en el mercado es mayor o igual a cero.

Por lo tanto:

$$\max \{Se^{-i(T-t)} - M, 0\} \leq p$$

Las opciones americanas otorgan el derecho de ejercicio previo a la fecha de liquidación al vencimiento, por lo cual los poseedores tienen más oportunidades de obtener beneficios cuando los contratos están dentro de dinero. Motivo por el cual las opciones americanas no pueden ser menos valiosas que las europeas de la misma serie.

Ya que las opciones americanas pueden ser ejercidas desde el momento de su emisión, se anexa esta consideración y las cotas inferiores de las opciones americanas son:

$$\max \{M - Se^{-i(T-t)}, M - S, 0\} \leq C$$

$$\max \{S - M, Se^{-i(T-t)} - M, 0\} \leq P$$

## PRONTO EJERCICIO DE OPCIONES AMERICANAS

Al ejercer las opciones americanas antes de la fecha de liquidación al vencimiento los poseedores obtienen algún beneficio, sin embargo puede no ser la mejor alternativa.

El pronto ejercicio de las opciones americanas de compra.

Para conocer si es óptimo ejercer opciones americanas de compra, antes de la fecha de vencimiento, se supone la existencia de dos carteras de inversión.

1. Una opción americana de compra más la cantidad  $Se^{-i(T-t)}$  en efectivo.
2. Un bien subyacente con precio de mercado  $M$  al ser emitido el contrato.

Primera cartera.

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

$$M_t - S + Se^{-i(T-t)} < M_t$$

Sí el contrato está dentro de dinero y es ejercido hasta la fecha de liquidación al vencimiento, invirtiendo la cantidad  $Se^{-i(T-t)}$  en efectivo, el valor de la primera cartera es:

$$\max \{M_t, S\}$$

Segunda cartera.

El bien subyacente tiene el valor  $M_t$ .

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

$$Se^{-i(T-t)} < S \Rightarrow M_t - S < M_t - Se^{-i(T-t)} \Rightarrow M_t - S + Se^{-i(T-t)} < M_t$$

Mientras que en la fecha de liquidación al vencimiento la primera cartera vale cuando menos lo que la segunda cartera.

Por lo tanto:

$$\max \{M - Se^{-i(T-t)}, M - S, 0\} \leq C$$

Las opciones americanas de compra, no deben ser ejercidas antes de la fecha de liquidación al vencimiento. Lo cual indica que el flujo de efectivo, en valor presente, por el pronto ejercicio del los contratos es menor que el flujo de efectivo, en valor presente, por el ejercicio en la fecha de liquidación al vencimiento.

Por lo cual los contratos americanos de compra tienen el mismo costo por la cobertura que otorgan los correspondientes contratos europeos, esto es  $c = C$ .

$$\max \{M - Se^{-i(T-t)}, 0\} \leq c \leq M$$

$$\max \{M - Se^{-i(T-t)}, M - S, 0\} \leq C \leq M$$

Donde  $c = C$ .



El pronto ejercicio de las opciones americanas de venta.

Para conocer si es óptimo ejercer opciones americanas de venta, antes de la fecha de liquidación al vencimiento, se supone la existencia de dos carteras de inversión.

1. Una opción americana de venta más un bien subyacente con precio de mercado  $M$ .
2. La cantidad  $Se^{-i(T-t)}$  en efectivo.

Primera cartera.

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

Sí el contrato está dentro de dinero y es ejercido hasta la fecha de liquidación al vencimiento, el valor de la primera cartera es:

$$\max \{M, S\}$$

Segunda cartera.

El valor de la segunda cartera, antes de la fecha de vencimiento es:  $Se^{-i(T-t)}$ .

El valor de la segunda cartera, en la fecha de vencimiento es:  $S$ .

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

$$Se^{-i(T-t)} < S$$

Mientras que en la fecha de liquidación al vencimiento la primera cartera vale cuando menos lo que la segunda cartera.

Por lo tanto:

$$\max \{S - M, Se^{-i(T-t)} - M, 0\} \leq P$$

El flujo de efectivo, en valor presente, por el pronto ejercicio del los contratos es mayor que el flujo de efectivo, en valor presente, por el ejercicio en la fecha de liquidación al vencimiento. Lo cual indica que las opciones americanas de venta, deben ser ejercidas antes de la fecha de liquidación al vencimiento.

Entonces los contratos americanos de venta otorgan mayores beneficios a los poseedores por el pronto ejercicio que los otorgados en la fecha de liquidación al vencimiento, esto es,  $S - M \leq P$ . Por lo tanto los contratos americanos de venta tienen valor superior que la cobertura que otorgan los correspondientes contratos europeos, esto es  $p \leq P$ .

$$\max \{ Se^{-i(T-t)} - M, 0 \} \leq p \leq Se^{-iT}$$

$$\max \{ S - M, Se^{-i(T-t)} - M, 0 \} \leq P \leq S$$

Por lo tanto los costos por las coberturas están acotados:

$$\max \{M - Se^{-i(T-t)}, 0\} \leq c \leq M$$

$$\max \{M - Se^{-i(T-t)}, M - S, 0\} \leq C \leq M$$

$$\max \{Se^{-i(T-t)} - M, 0\} \leq p \leq Se^{-iT}$$

$$\max \{S - M, Se^{-i(T-t)} - M, 0\} \leq P \leq S$$

Donde  $c = C$  y  $p < P$ .

## PARIDAD COMPRA VENTA

*Relación existente entre los contratos de compra y venta.*

Para conocer la relación entre las opciones europeas de compra y venta se supone la existencia de dos carteras de inversión:

1. Una opción europea de compra más la cantidad  $Se^{-i(T-t)}$  en efectivo.
2. Una opción europea de venta más un bien subyacente con precio de mercado  $M$ .

En la fecha de vencimiento, ambas carteras tienen el valor de ejercicio ya conocido:

$$\max \{M, S\}$$

Debido a que son opciones europeas y tienen el mismo valor de ejercicio al vencimiento, también tienen el mismo valor el día de emisión.

Por lo cual:

$$c + Se^{-i(T-t)} = p + M$$

Relación conocida como paridad compra venta, la cual indica que el valor de los contratos europeos de compra puede ser deducido mediante la valuación de los contratos europeos de venta de la misma serie, esto es, contratos europeos de venta emitidos sobre el mismo subyacente, igual precio e igual fecha de liquidación al vencimiento. Viceversa, el valor de los contratos europeos de venta puede ser deducido mediante la valuación de los contratos europeos de compra de la misma serie.

$$c = p + M - Se^{-i(T-t)}$$

$$p = c + Se^{-i(T-t)} - M$$

Para conocer la relación entre las opciones americanas de compra y venta se supone la existencia de dos carteras de inversión:

1. Una opción europea de compra más la cantidad  $S$  en efectivo.
2. Una opción americana de venta más un bien subyacente con precio de mercado  $M$ .

En la fecha de vencimiento, ambas carteras tienen el valor de ejercicio ya conocido:

$$\max \{M_t - S + Se^{iT}, S\}$$

Empleando la paridad compra venta, al sustituir  $c$ , se tiene que:

$$c + S = p + M - Se^{-i(T-t)} + Se^{iT} \leq P + M$$

Como  $c = C$ , entonces:

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

Por lo cual:

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

Relación que muestra la existencia de límites inferiores y superiores para las opciones americanas de compra y venta. Las opciones americanas de compra pueden deducir los límites inferiores y superiores de su valor a partir de las opciones americanas de venta de la misma serie y las opciones americanas de venta pueden deducir los límites inferiores y superiores de su valor a partir de las opciones americanas de compra de la misma serie.

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

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

## VARIABLE ALEATORIA

*Relación donde a cada punto en el espacio muestral<sup>1</sup> le corresponde un resultado numérico, se define esta relación como una función en el espacio muestral. Esta función es llamada variable aleatoria.*

Esta función es conocida como variable aleatoria, variable estocástica, función aleatoria o función estocástica. El término función aleatoria es más apropiado ya que la variable independiente es un punto en el espacio muestral.

<sup>1</sup> Conjunto que consiste en todos los resultados de un experimento aleatorio y cada uno de los resultados se denomina punto muestral. Cada resultado posible del experimento queda completamente descrito por uno y solamente un punto muestral.

Feller William, *Introducción a la teoría de probabilidades y sus aplicaciones*. Volumen I. Primera Edición, tercera reimpresión 1983. ISBN 968-18-0721-9. Editorial Limusa p. 31.



## DISTRIBUCIÓN BERNOULLI

*Ensayos repetidos e independientes en los que sólo hay dos resultados posibles en cada ensayo y sus probabilidades son las mismas en todos los ensayos.*

Al realizar el experimento donde a cada evento se le denomina ensayo. Cada ensayo tiene una probabilidad asociada para el posible resultado. En ocasiones la probabilidad no cambia de una prueba a la siguiente. A estas pruebas se les llama independientes y se conocen como pruebas *Bernoulli*, quién las investigó a finales del siglo XVII.

Se denotan  $p$  y  $q$  a las dos probabilidades, donde  $p$  se refiere al resultado con probabilidad de éxito y  $q$  al resultado con probabilidad de fracaso. Por definición  $p$  y  $q$  son positivos y complementarios, esto es,  $p + q = 1$ .

La variable aleatoria  $X$  se distribuye *Bernoulli*, si solo si, la función de densidad está dada por:

$$f_x(x, p) = P(X = x) = \begin{cases} p^x q^{1-x} & x = 0, 1 \\ 0 & \text{Cualquier otro caso} \end{cases}$$

Donde  $0 \leq p \leq 1$ .

El espacio muestral de  $n$  ensayos *Bernoulli* contiene  $2^n$  puntos de  $n$  símbolos  $p$  y  $q$ , donde cada punto representa el resultado posible del experimento.

Como los ensayos son independientes, las probabilidades se multiplican, esto es, la probabilidad de obtener  $x$  éxitos de  $n$  ensayos es:

$$\underbrace{pp \cdots p}_x \underbrace{qq \cdots q}_{n-x} = p^x q^{n-x}$$

## DISTRIBUCIÓN BINOMIAL

*Número total de éxitos obtenidos en la sucesión de  $n$  ensayos Bernoulli, al margen del orden en que se presenten.*

El número de éxitos puede ser  $0, 1, 2, \dots, n$  y el primer problema consiste en determinar las probabilidades correspondientes. El evento de  $n$  ensayos resultan  $x$  éxitos y  $n - x$  fracasos, puede ocurrir del mismo número de maneras que se distribuyen  $x$  veces  $p$  en  $n$  ensayos. Esto es, el evento contiene a todas las combinaciones de  $n$  ensayos, donde se tienen  $x$  éxitos y  $n - x$  fracasos.

$$\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$$

Y por definición, cada punto tiene probabilidad  $p^x q^{n-x}$ .

Sea  $b(x; n, p)$  la probabilidad de que al realizar  $n$  ensayos *Bernoulli*, con probabilidades  $p$  de obtener éxito y  $q = 1 - p$  de obtener fracaso, se logren  $x$  éxitos y  $n - x$  fracasos.

La variable aleatoria  $X$  se distribuye Binomial, si solo si, la función de densidad está dada por:

$$f_X(x, n, p) = P(X = x) = \begin{cases} \binom{n}{x} p^x q^{n-x} & x = 0, 1, \dots, n \\ 0 & \text{Cualquier otro caso} \end{cases}$$

Donde  $(p + q)^n = 1^n = 1$ .

Desarrollando  $(p + q)^n$  se tiene que:

$$\begin{aligned} (p + q)^n &= \binom{n}{0} q^n + \binom{n}{1} p q^{n-1} + \binom{n}{2} p^2 q^{n-2} + \dots + \binom{n}{n-1} p^{n-1} q + \binom{n}{n} p^n \\ &= \sum_{x=0}^n f_X(x, n, p) = \sum_{x=0}^n \binom{n}{x} p^x q^{n-x} \end{aligned}$$

Por lo cual  $f_X(x; n, p)$  es función de densidad y  $F_X(x)$  es función de distribución.

## EL PRECIO SUBYACENTE COMO UN PROCESO ESTOCÁSTICO

*Los activos financieros siguen procesos estocásticos de variable continua y tiempo continuo.*

La expresión proceso estocástico se usa cuando se introduce el parámetro de tiempo, donde el desarrollo futuro depende únicamente del estado actual y no del historial, tampoco depende de la forma en la que se haya alcanzado el estado actual del proceso.

En los procesos estocásticos sólo intervienen cierta cantidad numerable de estados y dependen del parámetro tiempo, esto es, los cambios ocurren en épocas fijas  $t = 0, 1, 2, \dots$ . De aquí que la variable cuyo valor evoluciona a través del tiempo en forma aleatoria sigue un proceso estocástico.

Los procesos estocásticos son familias de variables aleatorias  $\{T_n \mid 0 \leq n\}$  y pueden definirse de tiempo continuo o discreto.

El punto  $n$  en el espacio parametral  $T$ , donde para cada  $n \in \mathbb{N}$ ,  $T_n$  es un punto en el espacio de estados  $M$ , siendo  $M_t$  la posición en el instante  $t$ . El registro de estas trayectorias se conoce como realización del proceso.

Los activos financieros siguen un proceso estocástico de variable discreta, ya que los cambios a través de la jornada de operaciones son en pesos o en centavos, sin embargo son tratados como variable continua para el análisis sea más versátil mediante el cálculo diferencial e integral.

El proceso tiene un parámetro de tiempo discreto ya que el cambio es de referencia diaria, esto es, los activos tienen precios al cierre, sin embargo los precios varían aún durante el cierre del mercado, esto se observa ya que los precios al cierre son, por lo regular, diferentes a los de apertura, motivo por lo cual el parámetro tiempo es considerado como continuo.

## CAMINATA ALEATORIA SIMPLE

*El proceso estocástico como la trayectoria del precio del bien subyacente a través del tiempo.*

Sean  $n = 0$  y el precio del bien subyacente en el mercado  $M$ , cuando el tiempo transcurre hasta  $n = 1$ , el precio del bien subyacente en el mercado puede aumentar o disminuir. Sean  $0 < d < 1 < a$ , entonces si  $n = 1$ , el precio del bien subyacente en el mercado aumenta de  $M$  a  $Ma$  o disminuye de  $M$  a  $Md$ . Para los aumentos de precio del bien subyacente existe la probabilidad asociada  $\pi$ , mientras que para las disminuciones de precio del bien subyacente existe la probabilidad asociada  $\theta = 1 - \pi$ .

Sean  $a - 1$  el incremento proporcional en el precio del bien subyacente y  $1 - d$  el decremento proporcional durante un periodo donde  $0 \leq x \leq n$ . Sea  $x$  el número de ocasiones que el precio del bien subyacente aumenta y  $n - x$  el número de ocasiones que el precio del bien subyacente disminuye, entonces, en el periodo  $n - 1$  el precio del bien subyacente tiene dos posibles movimientos, uno a la alza y otro a la baja. Cuando el precio aumenta, del punto actual  $T_{n-1}$  al punto  $T_n$ , a  $Ma^x d^{n-1-x}(a - 1)$  unidades monetarias, mientras que cuando el precio disminuye, del punto actual  $T_{n-1}$  al punto  $T_n$ , a  $Ma^x d^{n-1-x}(d - 1)$  unidades monetarias.

El proceso estocástico  $N = \{0, 1, 2, \dots, n\}$  tiene un espacio parametral de tiempo discreto, donde para cada  $n \in N$ , al cierre de cada jornada,  $T_n$  es un punto en el espacio de estados  $M$ , donde el espacio  $M = \{Ma^x, Ma^{x-1}d, Ma^{x-2}d^2, \dots, Mad^{x-1}, Md^x\}$ , es llamado espacio de estados discretos. Cuando el precio del bien subyacente toma la trayectoria como registro de  $n$  jornadas sucesivas, en cada uno de los puntos  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , las sumas parciales representan las ganancias sucesivas acumuladas.

Sea  $x_n$  el estado de pérdidas y ganancias del precio del bien subyacente en el  $n$ -ésimo periodo, esto es, el movimiento del precio del bien subyacente del estado  $T_{n-1}$  al  $T_n$ . Con probabilidad  $\pi$  de aumentar de precio y  $\theta = 1 - \pi$  de disminuir, entonces, el precio del bien subyacente en el mercado en el  $n$ -ésimo periodo es  $x_1 + x_2 + \dots + x_n$ , donde las  $x_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) son variables aleatorias mutuamente independientes y con la misma distribución.

De esta forma, el estado de pérdidas y ganancias y la evolución del precio del bien subyacente es la secuencia de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas con probabilidades  $\pi = P(x_n = Ma^x d^{n-1-x}(a - 1))$  y  $\theta = P(x_n = Ma^x d^{n-1-x}(d - 1))$  de aumentar o disminuir respectivamente. Donde  $0 \leq x \leq n$  y  $T_n = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ . Si el precio del bien subyacente termina con valor de mercado nulo, entonces  $T_n = 0$ .

Por lo tanto el proceso estocástico  $\{T_n \mid 0 \leq n\}$  es llamado caminata aleatoria simple.



El proceso  $T_n^m = T_n + m$  es la caminata aleatoria simple con precio de mercado inicial  $m$ , esto es, cuando  $x_n$  es la trayectoria del bien subyacente en el  $n$ -ésimo periodo, entonces  $T_0^m = m$  es el precio del bien subyacente  $M$  en el mercado en el periodo inicial cero y  $T_n^m$  es el precio del bien subyacente en el periodo  $n$ .

Para conocer la probabilidad de que  $T_n^m = y$  hay que determinar la distribución de  $T_n^m$  y contar el número de incrementos durante la trayectoria desde  $m$  hasta  $y$  durante los  $n$  periodos.

Partiendo de  $T_0^m$ , el precio es multiplicado en cada ocasión que aumenta o disminuye, suponiendo que  $x$  es el número de ocasiones que el precio del bien subyacente aumenta durante los  $n$  periodos, entonces, en el  $n$ -ésimo periodo el precio del bien subyacente es  $Ma^x d^{n-x}$ .

Sea  $\pi$  la probabilidad de aumento en el precio del bien subyacente y  $\theta = 1 - \pi$  la probabilidad de disminución en el precio del bien subyacente en el mercado, de tal forma que el aumento de precio sea en exactamente  $x$  ocasiones de los  $n$  periodos, entonces  $\pi^x \theta^{n-x}$  es la probabilidad de que el precio del bien subyacente tenga  $x$  aumentos y  $n - x$  disminuciones en el precio durante los  $n$  periodos considerados.

Recordando el número de combinaciones de  $x$  incrementos en  $n$  periodos que puede tener el bien subyacente para alcanzar el precio  $y$  en el periodo  $n$  se tiene que:

$$f_x(x, n, \pi) = P(T_n^m = M_t) = \begin{cases} \binom{n}{x} \pi^x \theta^{n-x} & x = 0, 1, \dots, n \\ 0 & \text{Cualquier otro caso} \end{cases}$$

Por lo tanto, se deduce que el precio del bien subyacente en el mercado puede aproximarse mediante el proceso Binomial de periodos discretos.

## MÉTODO BINOMIAL

*Supone que al final de cada periodo el precio del bien subyacente puede tener solo dos posibles valores derivados del estado anterior.*

A esta hipótesis se le llama supuesto Binomial.

El modelo está basado en la suma finita de variables Binomiales independientes e idénticamente distribuidas empleadas en los procesos de caminatas aleatorias. El precio futuro del bien subyacente en el mercado es modelado mediante el proceso estocástico, el cual considera la volatilidad del bien subyacente. Ya modelado el precio futuro del bien subyacente, para conocer el precio de las opciones se emplea la programación dinámica estocástica y por medio del principio de *Bellman* se resuelve el problema de maximizar el flujo de efectivo en valor presente.

Al modelar el precio futuro del bien subyacente se obtiene el árbol Binomial, el cual tiene  $n + 1$  valores posibles en el periodo  $n$  y para conocer el precio de las opciones se emplea el principio de inducción regresiva, esto es, los valores de los nodos padres son calculados a partir de los dos nodos hijos, esto se hace para los  $n$  nodos padres del periodo  $n - 1$  y así hasta llegar periodo inicial.

Para representar las diferentes trayectorias posibles que puede seguir el precio del bien subyacente, el modelo considera la no existencia de oportunidades de arbitraje para ningún inversionista y las hipótesis siguientes:

1. No se consideran diferenciales entre los precios de compra y venta, comisiones, impuestos y costos de operación.
2. Los bienes subyacentes son divisibles, esto es, se pueden comprar y vender cualquier cantidad real de todo bien subyacente.
3. Se pueden comprar o vender bienes subyacentes al descubierto, esto es, se pueden comprar y vender los bienes subyacentes sin poseerlos.
4. No se consideran depósitos de garantía en la compra y venta de opciones al descubierto.
5. La tasa de interés libre de riesgo se aplica de igual forma a los deudores y acreedores.
6. Pueden realizarse las operaciones simultáneamente.
7. Las operaciones no afectan el comportamiento del mercado.
8. Los precios del bien subyacente evolucionan como un proceso Binomial multiplicativo.
9. Los bienes subyacentes no otorgan dividendos durante el periodo de vencimiento.

## MÉTODO BINOMIAL DE UN PERIODO

*Al final del periodo se tienen solo dos posibles valores.*

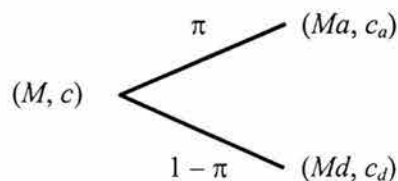
Sea un bien subyacente con precio de mercado  $M$ , una opción europea de compra con valor  $c$ , emitida sobre el bien subyacente y sea  $T$  el tiempo de vencimiento. Durante este periodo el precio del bien subyacente puede variar, pero en la fecha de vencimiento aumenta a  $Ma$  con probabilidad  $\pi$  o disminuye a  $Md$  con probabilidad  $\theta = 1 - \pi$ , donde  $0 < d < 1 < a$ .

Sea  $M(T) = M_T$  el precio del bien subyacente al final del periodo. Entonces:

$$a = \frac{M_{T_a}}{M} \quad y \quad d = \frac{M_{T_d}}{M}$$

El modelo considera los dos resultados siguientes:

1. Si el precio del bien subyacente aumenta, entonces el valor de la opción en la fecha de vencimiento es:  $c_a = \max \{Ma - S, 0\}$
2. Si el precio del bien subyacente disminuye, entonces el valor de la opción en la fecha de vencimiento es:  $c_d = \max \{Md - S, 0\}$



Árbol Binomial que representa el precio del bien subyacente y el valor de la opción al final del periodo.

Se conoce el valor de la opción en la fecha de vencimiento, para conocer el valor presente es necesario crear una opción europea de compra sintética.

La cartera consta de:

1. Posición larga de  $\Delta$  bienes subyacentes objeto de la cobertura.
2. Posición corta de la opción idéntica al contrato que se desea valorar.

Para conocer el valor presente de la opción se debe conocer el valor de  $\Delta$  que mantiene a la cartera libre de riesgo, esto es, la cartera debe reeditar la tasa de interés libre de riesgo.

Al madurar la opción se tienen las dos situaciones siguientes:

1. Si aumenta el precio del bien subyacente, entonces el valor de la cartera en la fecha de vencimiento es:  $Ma\Delta - c_a$ .
2. Si disminuye el precio del bien subyacente, entonces el valor de la cartera en la fecha de vencimiento es:  $Md\Delta - c_d$ .

Se desea una cartera con valor equivalente a lo que pagará la opción, por lo que en la fecha de vencimiento, al aumentar o disminuir el precio del bien subyacente, el valor de la cartera debe ser el mismo. Entonces:

$$Ma\Delta - c_a = Md\Delta - c_d \Rightarrow Ma\Delta - Md\Delta = c_a - c_d \Rightarrow \Delta(Ma - Md) = c_a - c_d$$

Por lo tanto:

$$\Delta = \frac{c_a - c_d}{Ma - Md}$$

Esto es,  $\Delta$  es el número de activos que debe tener la cartera para estar libre de riesgo y  $\Delta$  es la razón de cambio en el precio de la opción con respecto al cambio en el precio del bien subyacente.

Suponiendo que el precio del bien subyacente aumenta, entonces en la fecha de vencimiento el valor presente de la cartera es  $(Ma\Delta - c_a)e^{-iT}$ , mientras el día de la emisión el valor de la opción es  $M\Delta - c$ . De esto se tiene que:  $M\Delta - c = (Ma\Delta - c_a)e^{-iT} \Rightarrow c = M\Delta - (Ma\Delta - c_a)e^{-iT}$ .

Sustituyendo a  $\Delta$  se tiene que:

$$\begin{aligned} c &= M \left( \frac{c_a - c_d}{Ma - Md} \right) - \left[ Ma \left( \frac{c_a - c_d}{Ma - Md} \right) - c_a \right] e^{-iT} = \frac{c_a - c_d}{a - d} - \left[ \frac{a(c_a - c_d) - c_a(a - d)}{a - d} \right] e^{-iT} \\ &= \frac{c_a - c_d}{a - d} + \left[ \frac{ac_d - dc_a}{a - d} \right] e^{-iT} = \left( \frac{c_a(e^{iT} - d) + c_d(a - e^{iT})}{a - d} \right) e^{-iT} \end{aligned}$$

Este resultado es independiente de la probabilidad de ocurrencia de los movimientos en el precio del bien subyacente.



El método Binomial para valuar opciones sigue el principio de *Bellman*, en el que solo se conoce el valor de la opción en la fecha de vencimiento y este valor es el que determina el valor presente del contrato mediante la inducción regresiva.

## VALUACIÓN EN EL MUNDO NEUTRAL AL RIESGO

Si  $\pi$  es la probabilidad de que el precio del bien subyacente aumente, entonces el rendimiento esperado por la inversión del bien subyacente es equivalente a la tasa de interés libre de riesgo.

Este es el principio general de valuación de opciones.

El precio esperado, del bien subyacente en el mercado, en el instante  $T$  está dado por:

$$E(M_T) = aM\pi + dM(1 - \pi) = aM\pi + dM - dM\pi = (a - d)M\pi + dM$$

El rendimiento esperado del bien subyacente durante periodo  $T$  es equivalente a la tasa de interés libre de riesgo. Por lo cual el valor esperado del bien subyacente al final del periodo  $T$  es  $Me^{iT}$ . Entonces:

$$E(M_T) = Me^{iT} = aM\pi + dM(1 - \pi) \Rightarrow e^{iT} = a\pi + d(1 - \pi) = a\pi + d - d\pi = \pi(a - d) + d$$

Por lo tanto:

$$\pi = \frac{e^{iT} - d}{a - d} \quad \text{y} \quad \theta = 1 - \pi = \frac{a - e^{iT}}{a - d}$$

Donde  $0 \leq \pi \leq 1 \Rightarrow 0 \leq e^{iT} - d \leq a - d \Rightarrow d \leq e^{iT} \leq a$ .

Las probabilidades  $\pi$  y  $\theta = 1 - \pi$  son martingalas o probabilidades neutras al riesgo.

Por lo cual el valor de la opción europea de compra sintética es:

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

Dado que:

$$c_a = \max \{Ma - S, 0\} \quad \text{y} \quad c_d = \max \{Md - S, 0\}$$

Por lo tanto el valor de la opción europea de compra sintética es:

$$c = [\max \{Ma - S, 0\}\pi + \max \{Md - S, 0\}(1 - \pi)]e^{-iT}$$

El proceso estocástico supuesto para modelar el precio del bien subyacente en el mercado implica que la varianza del cambio proporcional en el precio del bien subyacente durante el periodo  $T$  es  $\sigma^2 T$ .

Ya que  $\text{var}(X) = E(X^2) - E^2(X)$  se tiene que:

$$\begin{aligned}\sigma^2 T &= E[(a\pi + d(1-\pi))^2] - E^2[a\pi + d(1-\pi)] = a^2\pi + d^2(1-\pi) - [a^2\pi^2 + 2ad\pi(1-\pi) + d^2(1-\pi)^2] \\ &= \pi(a^2 + d^2 - a^2\pi - 2ad + 2ad\pi - d^2\pi) = \pi[(a^2 - 2ad + d^2)(1-\pi)] = (a-d)^2\pi(1-\pi)\end{aligned}$$

Sea  $u = e^{iT}$ . Entonces:

$$\pi = \frac{u-d}{a-d} \quad \text{y} \quad \theta = 1-\pi = \frac{a-u}{a-d}$$

Sustituyendo  $\pi$  se tiene:

$$\sigma^2 T = (a-d)^2 \left( \frac{u-d}{a-d} \right) \left( \frac{a-u}{a-d} \right) = (a-u)(u-d) = u(a+d) - ad - u^2$$

Sean  $a = e^{\sigma\sqrt{T}}$  y  $d = e^{-\sigma\sqrt{T}}$ , entonces empleando expansiones en series de Taylor, donde los términos de orden mayor que  $T$  son ignorados se tienen los resultados siguientes:

$$f(x) = \sum_{k=0}^n \frac{f^k(0)x^k}{k!}$$

$$a = e^{\sigma\sqrt{T}} \Big|_{\sigma=0} + \sigma \frac{d}{d\sigma} e^{\sigma\sqrt{T}} \Big|_{\sigma=0} + \frac{\sigma^2}{2} \frac{d^2}{d\sigma^2} e^{\sigma\sqrt{T}} \Big|_{\sigma=0} = 1 + \sigma\sqrt{T} + \frac{\sigma^2 T}{2}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{T}} \Big|_{\sigma=0} + \sigma \left[ \frac{d}{d\sigma} e^{-\sigma\sqrt{T}} \Big|_{\sigma=0} \right] + \frac{\sigma^2}{2} \left[ \frac{d^2}{d\sigma^2} e^{-\sigma\sqrt{T}} \Big|_{\sigma=0} \right] = 1 - \sigma\sqrt{T} + \frac{\sigma^2 T}{2}$$

$$u = e^{iT} \Big|_{T=0} + T \left[ \frac{d}{dT} e^{iT} \Big|_{T=0} \right] = 1 + iT$$

$$u^2 = e^{2iT} \Big|_{T=0} + T \left[ \frac{d}{dT} e^{2iT} \Big|_{T=0} \right] = 1 + 2iT$$

Entonces:

$$a = 1 + \sigma\sqrt{T} + \frac{\sigma^2 T}{2}, \quad d = 1 - \sigma\sqrt{T} + \frac{\sigma^2 T}{2}, \quad u = 1 + iT \quad \text{y} \quad u^2 = 1 + 2iT$$

Resultados que satisfacen  $\sigma^2 T = u(a+d) - ad - u^2$  donde los términos de orden mayor que  $T$  son ignorados y  $a = d^{-1}$ .

Por lo tanto:

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

Donde  $u = e^{iT}$ .

Considerar el modelo solo con dos posibles valores al final de cada periodo tiene las razones siguientes:

1. Simplifica el modelo.
2. Al incrementar el número de periodos los valores posibles del bien subyacente no aumentan en forma indiscriminada, por el contrario, al considerar  $n$  periodos se tienen  $n + 1$  valores posibles del bien subyacente al término del periodo  $n$ .

## MÉTODO BINOMIAL DE $n$ PERIODOS

*Supone que al final de cada periodo el precio del bien subyacente puede tener solo dos posibles valores, por lo que al dividir el tiempo de vencimiento  $T$  en  $n$  periodos de igual duración, entonces existen  $n + 1$  posibles valores en el precio del bien subyacente y  $n + 1$  posibles precios de la opción al en la fecha de vencimiento.*

El modelo multiperiodo supone que la tasa de interés libre de riesgo es constante.

Sea un bien subyacente con precio de mercado  $M$ , una opción europea de compra con valor  $c$ , emitida sobre el bien subyacente y sea  $T$  el tiempo de vencimiento dividido en dos periodos de igual duración.

En el momento de emitir la opción el precio del bien subyacente es  $M$ , entonces  $T_0^M = M$  y el valor de la opción es  $T_0^c = c$ .

Al término del primer periodo el precio del bien subyacente evoluciona siguiendo el proceso Binomial, por lo tanto aumenta de  $M$  a  $Ma$  con probabilidad  $\pi$  o disminuye de  $M$  a  $Md$  con probabilidad  $\theta = 1 - \pi$ , donde  $0 < d < 1 < a$ .

Sea  $T_1^M$  el precio del bien subyacente al final del primer periodo. Entonces:

1. Si el precio del bien subyacente aumenta, entonces  $T_1^M = T_1 + M = Ma$ .
2. Si el precio del bien subyacente disminuye, entonces  $T_1^M = T_1 + M = Md$ .

Sea  $T_1^c$  el precio de la opción al final del primer periodo. Entonces:

1. Si el precio del activo aumenta, entonces  $T_1^c = T_1 + c = c_a$ . Con  $c_a = \max \{Ma - S, 0\}$ .
2. Si el precio del activo disminuye, entonces  $T_1^c = T_1 + c = c_d$ . Con  $c_d = \max \{Md - S, 0\}$ .

Por lo que al finalizar el primer periodo se tienen dos posibles precios del bien subyacente y dos posibles precios de la opción.

Al considerar la situación donde el precio del bien subyacente es  $Ma$ , entonces al término del segundo periodo el precio del bien subyacente evoluciona siguiendo el proceso Binomial multiplicativo, por lo tanto aumenta de  $Ma$  a  $Ma^2$  con probabilidad  $\pi$  o disminuye de  $Ma$  a  $Mad$  con probabilidad  $\theta = 1 - \pi$ .



Sea  $T_2^M$  el precio del bien subyacente al final del segundo periodo dado que al final del primer periodo el precio del bien subyacente es  $Ma$ . Entonces:

1. Si el precio del bien subyacente aumenta, entonces  $T_2^M = T_2 + M = Ma^2$ .
2. Si el precio del bien subyacente disminuye, entonces  $T_2^M = T_2 + M = Mad$ .

Sea  $T_2^c$  el precio de la opción al final del segundo periodo dado que al final del primer periodo el precio del bien subyacente es  $Ma$ . Entonces:

1. Si el precio del activo aumenta, entonces  $T_2^c = T_2 + c = c_{aa}$ . Con  $c_{aa} = \max \{Ma^2 - S, 0\}$ .
2. Si el precio del activo disminuye, entonces  $T_2^c = T_2 + c = c_{ad}$ . Con  $c_{ad} = \max \{Mad - S, 0\}$ .

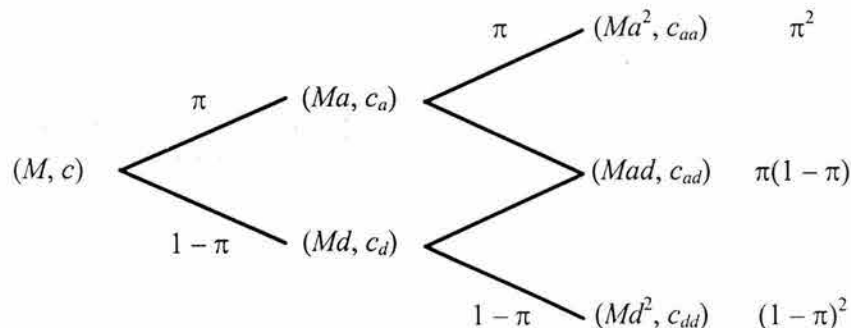
Al considerar la situación donde el precio del bien subyacente es  $Md$ , entonces al término del segundo periodo el precio del bien subyacente evoluciona siguiendo el proceso Binomial multiplicativo, por lo tanto aumenta de  $Md$  a  $Mad$  con probabilidad  $\pi$  o disminuye de  $Md$  a  $Md^2$  con probabilidad  $\theta = 1 - \pi$ .

Sea  $T_2^M$  el precio del bien subyacente al final del segundo periodo dado que al final del primer periodo el precio del bien subyacente es  $Md$ . Entonces:

1. Si el precio del bien subyacente aumenta, entonces  $T_2^M = T_2 + M = Mad$ .
2. Si el precio del bien subyacente disminuye, entonces  $T_2^M = T_2 + M = Md^2$ .

Sea  $T_2^c$  el precio de la opción al final del segundo periodo dado que al final del primer periodo el precio del bien subyacente es  $Md$ . Entonces:

1. Si el precio del activo aumenta, entonces  $T_2^c = T_2 + c = c_{ad}$ . Con  $c_{ad} = \max \{Mad - S, 0\}$ .
2. Si el precio del activo disminuye, entonces  $T_1^c = T_1 + c = c_{dd}$ . Con  $c_{dd} = \max \{Md^2 - S, 0\}$ .



Rejilla que representa la evolución del precio del bien subyacente y el valor de la opción durante los dos periodos en los que se ha dividido el tiempo de expiración.

Se conoce el valor de la opción en la fecha de vencimiento, entonces para conocer el valor de  $c_a$  al final del primer periodo cuando el precio del bien subyacente es  $Ma$  es necesario crear una opción europea de compra sintética.

La cartera consta de:

1. Posición larga de  $\Delta$  bienes subyacentes objeto de la cobertura.
2. Posición corta de la opción idéntica al contrato que se desea valorar.

Para conocer el valor de la opción  $c_a$  al final del primer periodo se debe conocer el valor de  $\Delta$  que mantiene a la cartera libre de riesgo, esto es, la cartera debe reeditar la tasa de interés libre de riesgo.

Al madurar la opción se tienen las dos situaciones siguientes:

1. Si aumenta el precio del bien subyacente de  $Ma$  a  $Ma^2$ , entonces el valor de la cartera en la fecha de vencimiento es:  $Ma^2\Delta - c_{aa}$ .
2. Si disminuye el precio del bien subyacente de  $Ma$  a  $Mad$ , entonces el valor de la cartera en la fecha de vencimiento es:  $Mad\Delta - c_{ad}$ .

Se desea una cartera con valor equivalente a lo que pagará la opción, por lo que en la fecha de vencimiento, al aumentar o disminuir el precio del bien subyacente, el valor de la cartera debe ser el mismo. Entonces:

$$Ma^2\Delta - c_{aa} = Mad\Delta - c_{ad} \Rightarrow Ma^2\Delta - Mad\Delta = c_{aa} - c_{ad} \Rightarrow \Delta(Ma^2 - Mad) = c_{aa} - c_{ad}$$

Por lo tanto:

$$\Delta = \frac{c_{aa} - c_{ad}}{Ma(a - d)}$$

Esto es,  $\Delta$  es el número de activos que debe tener la cartera para estar libre de riesgo y  $\Delta$  es la razón de cambio en el precio de la opción con respecto al cambio en el precio del bien subyacente.

El tiempo de vencimiento de la opción está dividido en dos periodos de igual duración con longitud  $\delta$ . De tal forma que:

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

Suponiendo que el precio del bien subyacente aumenta en la fecha de vencimiento dado que al finalizar el primer periodo el precio del bien subyacente es  $Ma$ , entonces valor de la cartera en la fecha de vencimiento es  $(Ma^2\Delta - c_{aa})e^{-i\delta T}$ , mientras que al finalizar el primer periodo el valor de la opción es  $Ma\Delta - c_a$ . De esto se tiene que:  $Ma\Delta - c_a = (Ma^2\Delta - c_{aa})e^{-i\delta T} \Rightarrow c_a = Ma\Delta - (Ma^2\Delta - c_{aa})e^{-i\delta T}$ .

Sustituyendo a  $\Delta$  se tiene que:

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

Este resultado es independiente de la probabilidad de ocurrencia de los movimientos en el precio del bien subyacente.

Dado que:

$$E(M_T) = Me^{i\delta T} = aM\pi + dM(1 - \pi) \Rightarrow e^{i\delta T} = a\pi + d(1 - \pi) = a\pi + d - d\pi = \pi(a - d) + d$$

Por lo tanto:

$$\pi = \frac{e^{i\delta T} - d}{a - d} \quad y \quad \theta = 1 - \pi = \frac{a - e^{i\delta T}}{a - d}$$

Donde  $0 \leq \pi \leq 1 \Rightarrow 0 \leq e^{i\delta T} - d \leq a - d \Rightarrow d \leq e^{i\delta T} \leq a$ .

Las probabilidades  $\pi$  y  $\theta = 1 - \pi$  son martingalas o probabilidades neutrales al riesgo.

El proceso estocástico supuesto para modelar el precio del bien subyacente en el mercado implica que la varianza del cambio proporcional en el precio del bien subyacente durante el periodo  $\delta T$  es  $\sigma^2 \delta T$ .

Ya que  $var(X) = E(X^2) - E^2(X)$  se tiene que:

$$\sigma^2 \delta T = E[(a\pi + d(1 - \pi))^2] - E^2[a\pi + d(1 - \pi)] = (a - d)^2 \pi (1 - \pi)$$

Sea  $u = e^{i\delta T}$ . Entonces:

$$\pi = \frac{u - d}{a - d} \quad y \quad \theta = 1 - \pi = \frac{a - u}{a - d}$$

Sustituyendo  $\pi$  se tiene:

$$\sigma^2 \delta T = (a - d)^2 \left( \frac{u - d}{a - d} \right) \left( \frac{a - u}{a - d} \right) = (a - u)(u - d) = u(a + d) - ad - u^2$$

Sean  $a = e^{\sigma \sqrt{\delta T}}$  y  $d = e^{-\sigma \sqrt{\delta T}}$ , entonces se tienen los resultados siguientes:

$$a = 1 + \sigma \sqrt{\delta T} + \frac{\sigma^2 \delta T}{2}, \quad d = 1 - \sigma \sqrt{\delta T} + \frac{\sigma^2 \delta T}{2}, \quad u = 1 + i\delta T \quad y \quad u^2 = 1 + 2i\delta T$$

Resultados que satisfacen  $\sigma^2 T = u(a + d) - ad - u^2$  donde los términos de orden mayor que  $\delta T$  son ignorados y  $a = d^{-1}$ .

Por lo tanto:

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

Donde  $u = e^{i\delta T}$ .



Por lo tanto el valor de la opción europea de compra sintética  $c_a$  es:

$$c_a = [c_{aa}\pi + c_{ad}(1 - \pi)]e^{-i\delta T}$$

Como se conoce el valor de la opción en la fecha de vencimiento, entonces para conocer el valor de  $c_d$  al final del primer periodo cuando el precio del bien subyacente es  $Md$ , mediante procedimiento análogo se tiene que:

$$Mad\Delta - c_{ad} = Md^2\Delta - c_{dd} \Rightarrow Mad\Delta - Md^2\Delta = c_{ad} - c_{dd} \Rightarrow \Delta(Mad - Md^2) = c_{ad} - c_{dd}$$

Por lo tanto:

$$\Delta = \frac{c_{ad} - c_{dd}}{Md(a - d)}$$

Suponiendo que el precio del bien subyacente aumenta en la fecha de vencimiento dado que al finalizar el primer periodo el precio del bien subyacente es  $Md$ , entonces valor de la cartera en la fecha de vencimiento es  $(Mad\Delta - c_{ad})e^{-i\delta T}$ , mientras que al finalizar el primer periodo el valor de la opción es  $Md\Delta - c_d$ .

De esto se tiene que:  $Md\Delta - c_d = (Mad\Delta - c_{ad})e^{-i\delta T} \Rightarrow c_d = Md\Delta - (Mad\Delta - c_{ad})e^{-i\delta T}$ .

Sustituyendo a  $\Delta$  se tiene que:

$$\begin{aligned} c_d &= Md \left( \frac{c_{ad} - c_{dd}}{Md(a - d)} \right) - \left[ Mad \left( \frac{c_{ad} - c_{dd}}{Md(a - d)} \right) - c_{ad} \right] e^{-i\delta T} = \frac{c_{ad} - c_{dd}}{a - d} - \left[ \frac{dc_{ad} - ac_{dd}}{a - d} \right] e^{-i\delta T} \\ &= \left( \frac{c_{ad}(e^{i\delta T} - d) + c_{dd}(a - e^{i\delta T})}{a - d} \right) e^{-i\delta T} \end{aligned}$$

Este resultado es independiente de la probabilidad de ocurrencia de los movimientos en el precio del bien subyacente.

Dado que:

$$\pi = \frac{e^{i\delta T} - d}{a - d} \quad y \quad \theta = 1 - \pi = \frac{a - e^{i\delta T}}{a - d}$$

Donde  $0 \leq \pi \leq 1 \Rightarrow 0 \leq e^{i\delta T} - d \leq a - d \Rightarrow d \leq e^{i\delta T} \leq a$ .

Por lo tanto el valor de la opción europea de compra sintética  $c_d$  es:

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

Se conoce el valor de la opción al término del primer periodo, entonces para conocer el valor de  $c$  en el periodo inicial cero cuando el precio del bien subyacente es  $M$  y se conocen los valores de las dos opciones europeas de compra sintéticas  $c_a$  y  $c_d$  al final del primer periodo.

Sustituyendo  $c_a$  y  $c_d$  en  $c = [c_a\pi + c_d(1 - \pi)]e^{-i\delta T}$  se tiene que:

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

Dado que:

$$c_{aa} = \max \{Ma^2 - S, 0\}, c_{ad} = \max \{Mad - S, 0\} \text{ y } c_{dd} = \max \{Md^2 - S, 0\}$$

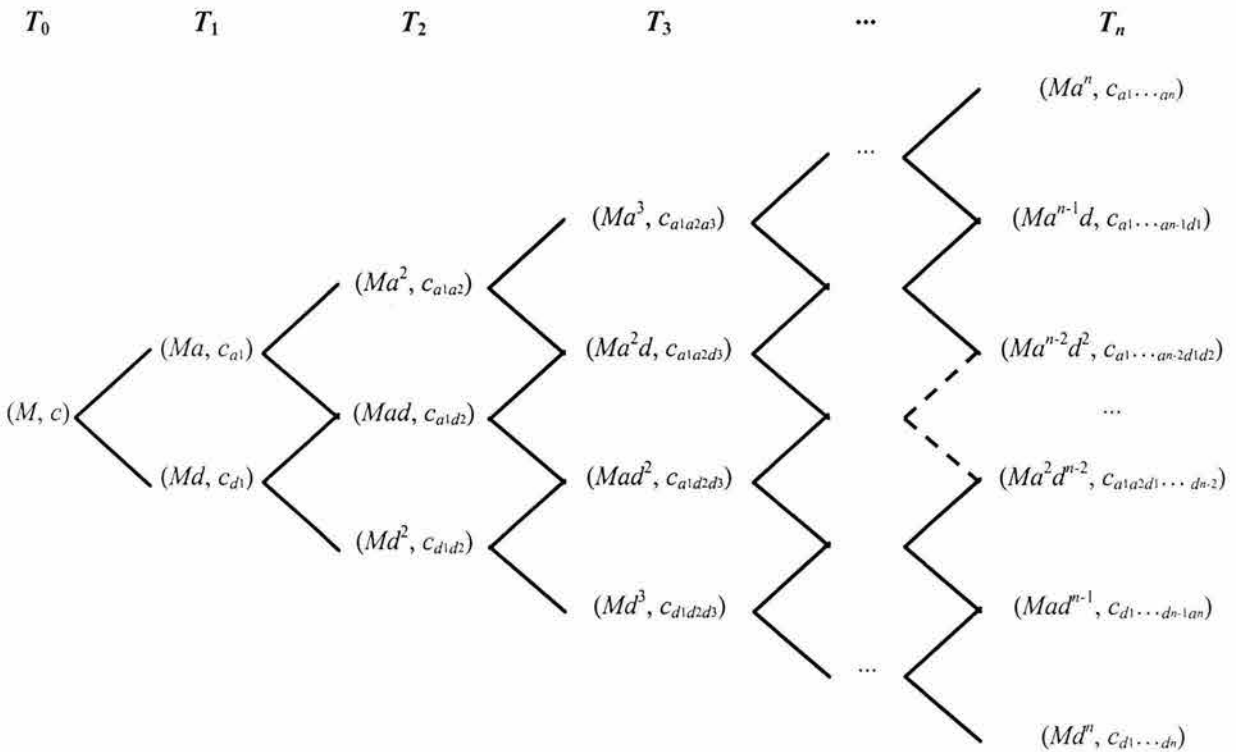
Por lo tanto:

$$c = [\max \{Ma^2 - S, 0\}\pi^2 + 2\max \{Mad - S, 0\}\pi(1 - \pi) + \max \{Md^2 - S, 0\}(1 - \pi)^2]e^{-i\delta T}$$

Al generalizar el método para  $n$  periodos, se divide el tiempo de vencimiento en  $n$  periodos de igual duración con longitud  $\delta$ . De tal forma que:

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

Completando dinámicamente el precio del bien subyacente y balanceando la opción europea de compra sintética en cada estado  $T_0^M, T_1^M, \dots, T_n^M$ , entonces se puede valorar la opción en los  $n + 1$  estados al finalizar el  $n$ -ésimo periodo y mediante el principio de *Bellman* conocer el precio de la opción en el periodo inicial.



Donde  $c_{a^1 \dots a^k d^1 \dots d^{n-k}} = \max \{Ma^k d^{n-k} - S, 0\}$ , para  $k = 0, \dots, n$ .

Rejilla que modela el precio del bien subyacente y el valor de la opción europea de compra en los estados al término de cada periodo como un proceso Binomial multiplicativo.

Debido a que  $Ma^k d^{n-k}$ , donde  $k = 0, \dots, n$ , son los  $n + 1$  precios que el bien subyacente puede tener en el mercado al término del periodo  $n$ , entonces:

$$P(T_n^M = Ma^k d^{n-k}) = \begin{cases} \binom{n}{k} \pi^k \theta^{n-k} & k = 0, 1, \dots, n \\ 0 & \text{Cualquier otro caso} \end{cases}$$

Bajo la hipótesis de valuación en el mundo neutral al riesgo, entonces existen dos métodos para valorar opciones europeas de compra.

1. Calcular de forma recursiva el valor de la opción al término de cada periodo.

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

Donde:

- $c_{n-1}$  Valor del contrato en el periodo  $n - 1$ , el cual depende de los estados hijos del periodo  $n$ .
- $c_{an}$  Valor del contrato cuando el precio del bien subyacente aumenta del periodo  $n - 1$  al  $n$ .
- $c_{dn}$  Valor del contrato cuando el precio del bien subyacente disminuye del periodo  $n - 1$  al  $n$ .

Y al término del periodo  $n$  se tiene que:  $c_{a^1 \dots a^k d^{n-k}} = \max \{Ma^k d^{n-k} - S, 0\}$ , para  $k = 0, \dots, n$ .

2. Calcular mediante la fórmula general el valor de la opción.

$$c = \left[ \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1 - \pi)^{n-k} \max \{Ma^k d^{n-k} - S, 0\} \right] e^{-iT}$$

Donde:

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

$$\text{Con } 0 \leq \pi \leq 1 \Rightarrow 0 \leq e^{i\delta T} - d \leq a - d \Rightarrow d \leq e^{i\delta T} \leq a.$$

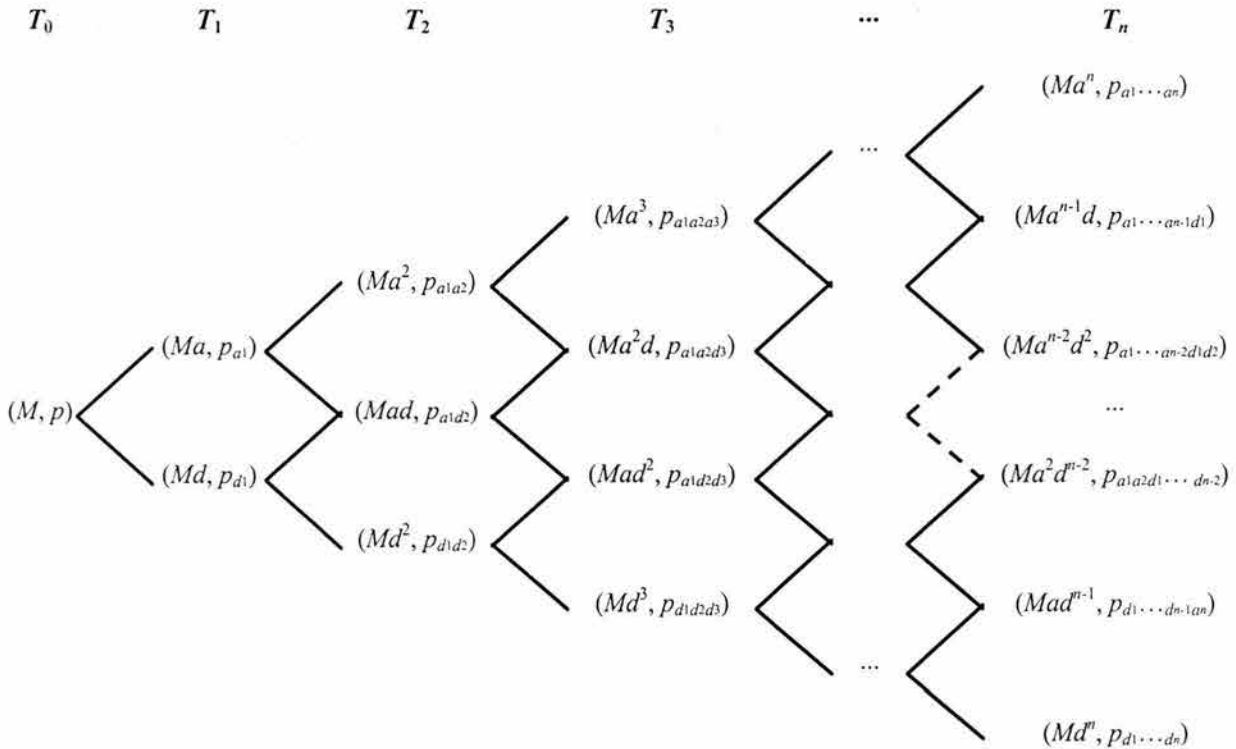
En el primer caso, es necesario calcular el valor intrínseco de cada uno de los  $n + 1$  estados al término del  $n$ -ésimo periodo. Cada par de estados tiene un estado padre, el cual es calculado mediante la fórmula recursiva hasta el primer periodo, el cual tiene dos estados, de los cuales se obtiene el valor de la opción en el periodo inicial.

Si el tiempo de vencimiento es dividido en 75 periodos, al término del periodo 75 se tienen 76 estados con los precios posibles del bien subyacente lo cual genera  $2^{75}$  trayectorias de los precios del bien subyacente.



Para valorar opciones europeas de venta se tienen los resultados siguientes:

Completando dinámicamente el precio del bien subyacente y balanceando la opción europea de venta sintética en cada estado  $T_0^M, T_1^M, \dots, T_n^M$ , entonces se puede valorar la opción en los  $n + 1$  estados al finalizar el  $n$ -ésimo periodo y mediante el principio de *Bellman* conocer el precio de la opción en el periodo inicial.



Donde  $p_{a_1 \dots a_k d_1 \dots d_{n-k}} = \max \{S - Ma^k d^{n-k}, 0\}$ , para  $k = 0, \dots, n$ .

Rejilla que modela el precio del bien subyacente y el valor de la opción europea de venta en los estados al término de cada periodo como un proceso Binomial multiplicativo.

Bajo la hipótesis de valuación en el mundo neutral al riesgo, entonces existen dos métodos para valorar opciones europeas de venta.

1. Calcular de forma recursiva el valor de la opción al término de cada periodo.

$$P_{n-1} = [p_{a_n} \pi + p_{d_n} (1 - \pi)] e^{-i\delta T}$$

Donde:

- $p_{n-1}$  Valor del contrato en el periodo  $n - 1$ , el cual depende de los estados hijos del periodo  $n$ .
- $p_{a_n}$  Valor del contrato cuando el precio del bien subyacente aumenta del periodo  $n - 1$  al  $n$ .
- $p_{d_n}$  Valor del contrato cuando el precio del bien subyacente disminuye del periodo  $n - 1$  al  $n$ .

Y al término del periodo  $n$  se tiene que:  $p_{a_1 \dots a_k d_1 \dots d_{n-k}} = \max \{S - Ma^k d^{n-k}, 0\}$ , para  $k = 0, \dots, n$ .

2. Calcular mediante la fórmula general el valor de la opción.

$$p = \left[ \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} \max\{S - Ma^k d^{n-k}, 0\} \right] e^{-iT}$$

Donde:

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

$$\text{Con } 0 \leq \pi \leq 1 \Rightarrow 0 \leq e^{i\delta T} - d \leq a - d \Rightarrow d \leq e^{i\delta T} \leq a.$$

En el primer caso, es necesario calcular el valor intrínseco de cada uno de los  $n + 1$  estados al término del  $n$ -ésimo periodo. Cada par de estados tiene un estado padre, el cual es calculado mediante la fórmula recursiva hasta el primer periodo, el cual tiene dos estados, de los cuales se obtiene el valor de la opción en el periodo inicial.

Por lo tanto se cuenta con el método numérico para valuar opciones europeas de compra y venta.

$$c = \left[ \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} \max\{Ma^k d^{n-k} - S, 0\} \right] e^{-iT}$$

$$p = \left[ \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} \max\{S - Ma^k d^{n-k}, 0\} \right] e^{-iT}$$

De tal forma que:

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

$$\text{Donde } 0 \leq \pi \leq 1 \Rightarrow 0 \leq e^{i\delta T} - d \leq a - d \Rightarrow d \leq e^{i\delta T} \leq a.$$

## MÉTODO BINOMIAL PARA VALUAR OPCIONES AMERICANAS

*Los poseedores de opciones americanas tienen el derecho de comprar o vender el bien subyacente, ante los emisores, antes de la fecha de vencimiento, por lo cual es necesario considerar el flujo de efectivo por el ejercicio anticipado de los contratos.*

El precio del bien subyacente se modela como el proceso Binomial multiplicativo de igual manera que con las opciones europeas, sin embargo al emplear el principio de *Bellman*, en cada estado se analiza el ejercicio anticipado de los contratos. Esto es, al emplear la programación dinámica estocástica y a diferencia de las opciones europeas, mediante la inducción hacia atrás se analiza el ejercicio anticipado de los contratos.

El análisis del ejercicio anticipado se realiza mediante la forma recursiva al calcular el mayor de los valores siguientes:

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

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

Debido a que no es óptimo ejercer anticipadamente las opciones americanas de compra y es óptimo ejercer anticipadamente las opciones americanas de venta, entonces:

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

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

Por lo tanto se cuenta con el método numérico para valuar opciones americanas de compra y venta.

$$C = \left[ \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} \max \{ Ma^k d^{n-k} - S, 0 \} \right] e^{-iT}$$

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

De tal forma que:

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

Donde  $0 \leq \pi \leq 1 \Rightarrow 0 \leq e^{i\delta T} - d \leq a - d \Rightarrow d \leq e^{i\delta T} \leq a$ .

El método numérico obtenido permite valuar opciones sobre bienes subyacentes que no otorgan dividendos durante el tiempo de vencimiento, por lo cual es necesario encontrar la forma adecuada para valuar opciones sobre divisas.

## OPCIONES SOBRE DIVISAS

Las opciones sobre divisas son equivalentes a las opciones sobre acciones que pagan dividendos de forma instantánea. Al considerar la diferencia entre los bienes subyacentes que pagan la tasa continua  $r$  de rendimiento de dividendos y los bienes subyacentes similares que no pagan dividendos, entonces bajo la hipótesis de valuación en el mundo neutral al riesgo, ambos bienes subyacentes deben generar el mismo rendimiento.

Las opciones sobre divisas consideran bienes subyacentes que pueden ser invertidos a la tasa de interés libre de riesgo extranjera, mientras que el efectivo equivalente a la paridad cambiaria puede ser invertido a la tasa de interés libre de riesgo nacional. Motivo por el cual el dividendo es la tasa de interés libre de riesgo extranjera.



La tasa de interés libre de riesgo extranjera es publicada semanalmente, los martes, por la Federal Reserve ([www.federalreserve.gov](http://www.federalreserve.gov)) en formato de interés instantáneo anual. La tasa de interés libre de riesgo nacional es publicada semanalmente, los martes, por el Banco de México ([www.banxico.org.mx](http://www.banxico.org.mx)) en formato de interés simple convertible a 28 y 91 días.

Para manejar tasas en formatos iguales y periodos iguales es necesario conocer la tasa nacional equivalente en formato de interés instantáneo anual, por lo que:

Sean  $M_0$  el capital de inversión en el instante  $t_0$  y  $0 < r = iM_0$ , de tal forma que:

$$M_1 = M_0 + r = M_0(1 + i), M_2 = M_1 + r = M_0 + 2r = M_0(1 + 2i), \dots, M_n = M_{n-1} + r = M_0 + nr = M_0(1 + ni)$$

Entonces el capital invertido en el instante  $t_0$  incrementa de forma aritmética de  $M_0$  a  $M_n$ , de tal forma que al término de  $n$  periodos, en el instante  $t_n$ , el inversionista recibe el capital:

$$M_n = M_0(1 + ni)$$

Donde  $i$  es la tasa de interés simple por unidad de tiempo.

Sean  $M_0$  el capital de inversión en el instante  $t_0$  y  $1 < r = 1 + i$ , de tal forma que:

$$M_1 = rM_0 = M_0(1 + i), M_2 = rM_1 = r^2M_0 = M_0(1 + i)^2, \dots, M_n = rM_{n-1} = r^nM_0 = M_0(1 + i)^n$$

Entonces el capital invertido en el instante  $t_0$  incrementa de forma geométrica de  $M_0$  a  $M_n$ , de tal forma que al término de  $n$  periodos, en el instante  $t_n$ , el inversionista recibe el capital:

$$M_n = M_0(1 + i)^n$$

Donde  $i$  es la tasa de interés compuesto por unidad de tiempo.

Dividiendo el periodo original en  $m$  intervalos de igual duración. Si  $m$  es grande, entonces los  $m$  intervalos de tiempo son más pequeños, así pues, entre más intervalos sean considerados, más pequeña es la unidad de tiempo, llegando a ser instantánea cuando en el límite  $m$  se aproxima a infinito.

Sea  $i_m$  la tasa de interés efectiva por cada  $m$ -ésimo en el que fue dividido el periodo original. Entonces:

$$\begin{aligned} M_{\frac{1}{m}} &= M_0 + i_m M_0 = M_0(1 + i_m) \\ M_{\frac{2}{m}} &= M_{\frac{1}{m}} + i_m M_{\frac{1}{m}} = M_{\frac{1}{m}}(1 + i_m) = M_0(1 + i_m)^2 \\ &\vdots \\ M_{\frac{n}{m}} &= M_{\frac{n-1}{m}} + i_m M_{\frac{n-1}{m}} = M_{\frac{n-1}{m}}(1 + i_m) = M_0(1 + i_m)^n \end{aligned}$$

Donde  $i_m$  es la tasa de interés compuesto por unidad de tiempo.

Entonces para relacionar las tasas de interés  $i$  e  $i_m$  se tiene que:

$$M_{\frac{m}{m}} = M_0(1+i_m)^m \quad y \quad M_1 = M_0(1+i)$$

Por lo cual:

$$M_0(1+i_m)^m = M_0(1+i) \Rightarrow (1+i_m)^m = (1+i)$$

Por lo tanto:

$$i_m = (1+i)^{\frac{1}{m}} - 1 \quad e \quad i = (1+i_m)^m - 1$$

Cuando la tasa de interés es convertible  $m$  veces por periodo,  $i^{(m)}$ , entonces se tiene que:

$$i^{(m)} = mi_m = m \left[ (1+i_m)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad e \quad i = \left( 1 + \frac{i^{(m)}}{m} \right)^m - 1$$

De lo anterior se deduce la tasa de interés instantánea, dado que  $i^{(m)}$  es la tasa de interés convertible a la tasa de interés continua efectiva en el  $m$ -ésimo del periodo original. Entonces:

$$\begin{aligned} M_t &\cong M_{\frac{n}{m}} = M_0(1+i_m)^n \Rightarrow n = mt \Rightarrow M_t \cong M_{\frac{n}{m}} = M_0 \left( 1 + \frac{i_m}{m} \right)^{mt} \\ &\Rightarrow \lim_{m \rightarrow \infty} M_t = M_0 \lim_{m \rightarrow \infty} \left( 1 + \frac{i^{(m)}}{m} \right)^{mt} = M_0 e^{i^{(m)}t} \end{aligned}$$

Entonces para relacionar las tasas de interés instantánea  $i_\infty$  y la tasa de interés convertible  $i^{(m)}$  se tiene que:

$$e^{i_\infty} = \left( 1 + \frac{i^{(m)}}{m} \right)^m \Rightarrow i_\infty = m \ln \left( 1 + \frac{i^{(m)}}{m} \right) = m \ln(1+i_m) \Rightarrow i^{(m)} = m \left( e^{\frac{i_\infty}{m}} - 1 \right) \Rightarrow i_m = e^{\frac{i_\infty}{m}} - 1$$

Por lo tanto se tienen las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned} i_\infty &= m \ln \left( 1 + \frac{i^{(m)}}{m} \right) = m \ln(1+i_m) \\ i^{(m)} &= m \left( e^{\frac{i_\infty}{m}} - 1 \right) = m \left[ (1+i_m)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \\ i_m &= e^{\frac{i_\infty}{m}} - 1 = \left( 1 + \frac{i^{(m)}}{m} \right)^m - 1 \end{aligned}$$

Ya que el Banco de México publica la tasa de CETE a 91 días como tasa de interés simple anual convertible a 91 días y la Federal Reserve publica la tasa de interés *Constant Maturity* a tres meses como tasa de interés instantáneo efectivo anual, entonces para tener tasas en formatos equivalentes se emplea la relación siguiente:

$$i_{\infty} = m \operatorname{Ln} \left( 1 + \frac{i^{(m)}}{m} \right) = \frac{360}{91} \operatorname{Ln} \left( 1 + \frac{91i^{(m)}}{360} \right)$$

Por lo que la tasa de CETE a 91 días queda expresada como tasa de interés instantáneo efectivo anual.

Para valorar opciones sobre divisas hay que analizar algunos cambios en el método ya obtenido.

### LÍMITE INFERIOR PARA OPCIONES SOBRE DIVISAS

*Precio mínimo de las opciones sobre divisas de compra o venta de acuerdo al precio subyacente y al precio de liquidación al vencimiento.*

Para conocer la cota inferior del precio de las opciones de compra se supone la existencia de dos carteras de inversión, donde  $i$  es la tasa de interés libre de riesgo nacional y  $r$  es la tasa de interés libre de riesgo extranjera. Las carteras son las siguientes:

1. Una opción de compra más la cantidad  $Se^{-i(T-t)}$  en efectivo.
2. La cantidad  $e^{-r(T-t)}$  bienes subyacentes, con precio de mercado  $M_t$ , que otorgan dividendos que se reinvierten en bienes subyacentes adicionales.

Por lo cual la primera cartera, en la fecha de liquidación al vencimiento tiene el valor siguiente:

$$\max \{M_t, S\}$$

Por lo cual la segunda cartera, en la fecha de liquidación al vencimiento tiene el valor siguiente:

$$M_t.$$

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

$$Me^{-r(T-t)} \leq c + Se^{-i(T-t)} \quad \Rightarrow \quad Me^{-r(T-t)} - Se^{-i(T-t)} \leq c$$

El precio del bien subyacente en el mercado es mayor o igual a cero.

Por lo tanto:

$$\max \{Me^{-r(T-t)} - Se^{-i(T-t)}, 0\} \leq c$$

Es decir, el pago de dividendos disminuye el precio del bien subyacente en cantidad equivalente al dividendo en valor presente a la tasa de interés libre de riesgo.



Para conocer la cota inferior del precio de las opciones de venta se supone la existencia de dos carteras de inversión, donde  $i$  es la tasa de interés libre de riesgo nacional y  $r$  es la tasa de interés libre de riesgo extranjera. Las carteras son las siguientes:

1. Una opción de venta más la cantidad  $e^{-r(T-t)}$  bienes subyacentes, con precio de mercado  $M$ , que otorgan dividendos que se reinvierten en bienes subyacentes adicionales.
2. La cantidad  $Se^{-i(T-t)}$  en efectivo.

Por lo cual la primera cartera, en la fecha de liquidación al vencimiento tiene el valor siguiente:

$$\max \{M_t, S\}$$

Por lo cual la segunda cartera, en la fecha de liquidación al vencimiento tiene el valor siguiente:

$$S$$

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

$$Se^{-i(T-t)} \leq p + Me^{-r(T-t)} \quad \Rightarrow \quad Se^{-i(T-t)} - Me^{-r(T-t)} \leq p$$

El precio de mercado del bien subyacente es mayor o igual a cero.

Por lo tanto:

$$\max \{Se^{-i(T-t)} - Me^{-r(T-t)}, 0\} \leq p$$

Ya que las opciones americanas pueden ser ejercidas desde el momento de su emisión, se anexa esta consideración y las cotas inferiores de las opciones americanas son:

$$\max \{Me^{-r(T-t)} - Se^{-i(T-t)}, Me^{-r(T-t)} - S, 0\} \leq C$$

$$\max \{S - Me^{-r(T-t)}, Se^{-i(T-t)} - Me^{-r(T-t)}, 0\} \leq P$$

Es decir, al valuar opciones sobre bienes subyacentes que pagan una tasa de interés conocida de dividendos, entonces se reduce el precio actual de los bienes subyacentes de  $M$  a  $Me^{-r(T-t)}$  y se valúan las opciones como si los bienes subyacentes no pagaran dividendos.

Por lo tanto los costos por las coberturas de la paridad cambiaria entre divisas están acotados:

$$\max \{Me^{-r(T-t)} - Se^{-i(T-t)}, 0\} \leq c \leq M$$

$$\max \{Me^{-r(T-t)} - Se^{-i(T-t)}, Me^{-r(T-t)} - S, 0\} \leq C \leq M$$

$$\max \{Se^{-i(T-t)} - Me^{-r(T-t)}, 0\} \leq p \leq Se^{-iT}$$

$$\max \{S - Me^{-r(T-t)}, Se^{-i(T-t)} - Me^{-r(T-t)}, 0\} \leq P \leq S$$

Donde  $c = C$  y  $p < P$ .

## PARIDAD COMPRA VENTA PARA OPCIONES SOBRE DIVISAS

*Relación existente entre los contratos de compra y venta.*

Para conocer la relación entre las opciones europeas de compra y venta sobre divisas se supone la existencia de dos carteras de inversión:

1. Una opción europea de compra más la cantidad  $Se^{-i(T-t)}$  en efectivo.
2. Una opción europea de venta más la cantidad  $e^{-r(T-t)}$  bienes subyacentes, con precio de mercado  $M$ , que otorgan dividendos que se reinvierten en bienes subyacentes adicionales.

Por lo cual:

$$c + Se^{-i(T-t)} = p + Me^{-r(T-t)}$$

Relación conocida como paridad compra venta para opciones sobre divisas, la cual indica que el valor de los contratos europeos de compra puede ser deducido mediante la valuación de los contratos europeos de venta de la misma serie. Viceversa, el valor de los contratos europeos de venta puede ser deducido mediante la valuación de los contratos europeos de compra de la misma serie.

$$c = p + Me^{-r(T-t)} - Se^{-i(T-t)}$$

$$p = c + Se^{-i(T-t)} - Me^{-r(T-t)}$$

Para conocer la relación entre las opciones americanas de compra y venta se supone la existencia de dos carteras de inversión:

1. Una opción europea de compra más la cantidad  $S$  en efectivo.
2. Una opción americana de venta más la cantidad  $e^{-r(T-t)}$  bienes subyacentes, con precio de mercado  $M$ , que otorgan dividendos que se reinvierten en bienes subyacentes adicionales.

Empleando la paridad compra venta, al sustituir  $c$ , se tiene que:

$$c + S = p + Me^{-r(T-t)} - Se^{-i(T-t)} + Se^{iT} \leq P + M$$

Como  $c = C$ , entonces:

$$Me^{-r(T-t)} - S \leq C + Se^{-i(T-t)} \leq C + S \leq P + M \quad \Rightarrow \quad Me^{-r(T-t)} - S \leq C + Se^{-i(T-t)} \leq P + M$$

Por lo cual:

$$Me^{-r(T-t)} - S \leq C - P \leq M - Se^{-i(T-t)}$$

Relación que muestra la existencia de límites inferiores y superiores para las opciones americanas de compra y venta sobre divisas. Las opciones americanas de compra sobre divisas pueden deducir los límites inferiores y superiores de su valor a partir de las opciones americanas de venta sobre divisas de la misma serie y las opciones americanas de venta sobre divisas pueden deducir los límites inferiores y superiores de su valor a partir de las opciones americanas de compra sobre divisas de la misma serie.

Es decir:

$$P + Me^{-r(T-t)} - S \leq C \leq P + M - Se^{-i(T-t)}$$

$$C + Se^{-i(T-t)} - M \leq P \leq C + S - Me^{-r(T-t)}$$

Los cambios en el método Binomial se deben a los dividendos otorgados por la tasa de interés extranjera, entonces bajo la hipótesis de valuación en el mundo neutral al riesgo se tiene que el rendimiento promedio esperado en el precio del bien subyacente es  $i - r$ , por lo cual:

$$E(M_T) = Me^{(i-r)\delta T} = aM\pi + dM(1 - \pi) \Rightarrow e^{(i-r)\delta T} = a\pi + d(1 - \pi) = a\pi + d - d\pi = \pi(a - d) + d$$

Por lo tanto:

$$\pi = \frac{e^{(i-r)\delta T} - d}{a - d} \quad y \quad \theta = 1 - \pi = \frac{a - e^{(i-r)\delta T}}{a - d}$$

Donde  $0 \leq \pi \leq 1 \Rightarrow 0 \leq e^{(i-r)\delta T} - d \leq a - d \Rightarrow d \leq e^{(i-r)\delta T} \leq a$ .

Las probabilidades  $\pi$  y  $\theta = 1 - \pi$  son martingalas o probabilidades neutrales al riesgo.

El proceso estocástico supuesto para modelar el precio del bien subyacente en el mercado implica que la varianza del cambio proporcional en el precio del bien subyacente durante el periodo  $\delta T$  es  $\sigma^2 \delta T$ . Entonces:

$$\sigma^2 \delta T = E[(a\pi + d(1 - \pi))^2] - E^2[a\pi + d(1 - \pi)] = (a - d)^2 \pi (1 - \pi)$$

Sea  $u = e^{(i-r)\delta T}$ . Entonces:

$$\pi = \frac{u - d}{a - d} \quad y \quad \theta = 1 - \pi = \frac{a - u}{a - d}$$

Sustituyendo  $\pi$  se tiene:

$$\sigma^2 \delta T = (a - d)^2 \left( \frac{u - d}{a - d} \right) \left( \frac{a - u}{a - d} \right) = (a - u)(u - d) = u(a + d) - ad - u^2$$

Dado que:

$$a = 1 + \sigma \sqrt{\delta T} + \frac{\sigma^2 \delta T}{2}, \quad d = 1 - \sigma \sqrt{\delta T} + \frac{\sigma^2 \delta T}{2}, \quad u = 1 + (i - r)\delta T \quad y \quad u^2 = 1 + 2(i - r)\delta T$$

Resultados que satisfacen  $\sigma^2 T = u(a + d) - ad - u^2$  donde los términos de orden mayor que  $\delta T$  son ignorados y  $a = d^{-1}$ .



## MÉTODO BINOMIAL PARA VALUAR OPCIONES EUROPEAS SOBRE DIVISAS

Por lo tanto se cuenta con el método numérico para valuar opciones europeas de compra y venta sobre divisas.

$$c = \left[ \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} \max\{Ma^k d^{n-k} - S, 0\} \right] e^{-iT}$$

$$p = \left[ \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} \max\{S - Ma^k d^{n-k}, 0\} \right] e^{-iT}$$

## MÉTODO BINOMIAL PARA VALUAR OPCIONES AMERICANAS SOBRE DIVISAS

Por lo tanto se cuenta con el método numérico para valuar opciones americanas de compra y venta sobre divisas.

$$C = \left[ \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \pi^k (1-\pi)^{n-k} \max\{Ma^k d^{n-k} - S, 0\} \right] e^{-iT}$$

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

De tal forma que:

$$\delta = \frac{1}{n}, \quad a = e^{\sigma\sqrt{\delta T}}, \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\delta T}}, \quad \pi = \frac{e^{(i-r)\delta T} - d}{a - d} \quad \text{y} \quad \theta = 1 - \pi = \frac{a - e^{(i-r)\delta T}}{a - d}$$

Donde  $0 \leq \pi \leq 1 \Rightarrow 0 \leq e^{(i-r)\delta T} - d \leq a - d \Rightarrow d \leq e^{(i-r)\delta T} \leq a$ .

En la práctica, el tiempo de vencimiento suele dividirse en 30 o más periodos de igual duración, entonces al modelar el precio de la divisa se obtienen 31 precios del bien subyacente al término del periodo 30, lo cual considera  $2^{30}$  o más de 1,073 millones de trayectorias en el precio de la divisa.

A continuación un ejemplo con cinco periodos.

### EJEMPLO

1. Valuar la opción americana de compra sobre dólar americano la cual se emite el día 8 de diciembre de 2003. El precio *spot* de venta de la divisa en esta fecha es de \$ 11.2350, la volatilidad es del 12.48 %, la tasa de interés libre de riesgo nacional, basada en el CETE 91, es del 6.319 %, la tasa de interés libre de riesgo extranjera es del 0.94 %, el tiempo de vencimiento es de un año y el precio de liquidación es de \$ 11.25.

Se emplea el precio *spot* de venta ya que es el precio al se puede adquirir la divisa.

Al modelar el precio del bien subyacente como el proceso Binomial entonces:

$$\delta = 0.20, a = 1.0574, d = 0.9457, \pi = 0.5829 \text{ y } \theta = 1 - \pi = 0.4171$$

Por lo cual se obtiene el árbol Binomial siguiente:

$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
					14.8514
				14.0452	
			13.2828		13.2828
		12.5618		12.5618	
	11.8799		11.8799		11.8799
11.2350		11.2350		11.2350	
	10.6251		10.6251		10.6251
		10.0484		10.0484	
			9.5029		9.5029
				8.9871	
					8.4992

Empleando el principio de *Bellman*, se obtiene el precio de la opción en el periodo inicial:

$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
					3.6014
				2.9101	
			2.2638		2.0328
		1.7033		1.4295	
	1.2462		0.9721		0.6299
0.8907		0.6455		0.3625	
	0.4210		0.2087		0.0000
		0.1201		0.0000	
			0.0000		0.0000
				0.0000	
					0.0000

Debido a que no es óptimo el pronto ejercicio del contrato, se tiene que:

$$\max \{ [C_{an}\pi + C_{da}(1 - \pi)]e^{-i\delta T}, \max \{ Ma^k d^{m-k} - S, 0 \} \} = [C_{an}\pi + C_{da}(1 - \pi)]e^{-i\delta T}$$

Lo que indica que el flujo de efectivo, por el pronto ejercicio, es menor que en la fecha de vencimiento. Por lo cual valuar la opción europea de compra es igual que valuar la opción americana de compra.

Empleando la fórmula general se tiene que:

$$C = \left[ \sum_{k=0}^5 \binom{5}{k} 0.5828^k 0.4171^{5-k} \max \{ (11.2350)(1.0574)^k (0.9457)^{5-k} - 11.25, 0 \} \right] e^{-0.06319} \\ = (0 + 0 + 0 + 0.2170 + 0.4894 + 0.2423) e^{-0.06319} = 0.8907$$

2. Valuar la opción europea de venta sobre dólar americano la cual se emite el día 8 de diciembre de 2003. El precio *spot* de compra de la divisa en esta fecha es de \$ 11.2310, la volatilidad es del 12.39 %, la tasa de interés libre de riesgo nacional, basada en el CETE 91, es del 6.319 %, la tasa de interés libre de riesgo extranjera es del 0.94 %, el tiempo de vencimiento es de un año y el precio de ejercicio es de \$ 12.00.

Se emplea el precio *spot* de compra ya que es el precio al se puede vender la divisa.

Al modelar el precio del bien subyacente como el proceso Binomial entonces:

$$\delta = 0.20, a = 1.0570, d = 0.9461, \pi = 0.5837 \text{ y } \theta = 1 - \pi = 0.4163$$

Por lo cual se obtiene el árbol Binomial siguiente:

$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
					14.8163
				14.0176	
			13.2621		13.2621
		12.5472		12.5472	
	11.8709		11.8709		11.8709
11.2310		11.2310		11.2310	
	10.6256		10.6256		10.6256
		10.0529		10.0529	
			9.5110		9.5110
				8.9983	
					8.5133

Empleando el principio de *Bellman*, se obtiene el precio de la opción en el periodo inicial:

$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
					0.0000
				0.0000	
			0.0218		0.0000
		0.1332		0.0531	
	0.3347		0.2934		0.1291
0.6047		0.6274		0.6394	
	1.0017		1.1147		1.3744
		1.5572		1.8153	
			2.2252		2.4890
				2.8679	
					3.4867

Empleando la fórmula general se tiene que:

$$p = \left[ \sum_{k=0}^5 \binom{5}{k} 0.5837^k 0.4163^{5-k} \max\{12 - (11.2310)(1.0570)^k (0.9461)^{5-k}, 0\} \right] e^{-0.06319}$$

$$= (0.0436 + 0.2182 + 0.3378 + 0.0445 + 0 + 0) e^{-0.06319} = 0.6047$$

Se emplea la formula general ya que no se considera el flujo de efectivo por el pronto ejercicio.



3. Valuar la opción americana de venta sobre dólar americano la cual se emite el día 8 de diciembre de 2003. El precio *spot* de compra de la divisa en esta fecha es de \$ 11.2310, la volatilidad es del 12.39 %, la tasa de interés libre de riesgo nacional, basada en el CETE 91, es del 6.319 %, la tasa de interés libre de riesgo extranjera es del 0.94 %, el tiempo de vencimiento es de un año y el precio de ejercicio es de \$ 12.00.

Se emplea el precio *spot* de compra ya que es el precio al se puede vender la divisa.

Al modelar el precio del bien subyacente como el proceso Binomial entonces:

$$\delta = 0.20, a = 1.0570, d = 0.9461, \pi = 0.5837 \text{ y } \theta = 1 - \pi = 0.4163$$

Por lo cual se obtiene el árbol Binomial siguiente:

$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
					14.8163
				14.0176	
			13.2621		13.2621
		12.5472		12.5472	
	11.8709		11.8709		11.8709
11.2310		11.2310		11.2310	
	10.6256		10.6256		10.6256
		10.0529		10.0529	
			9.5110		9.5110
				8.9983	
					8.5133

Empleando el principio de *Bellman*, se obtiene el precio de la opción en el periodo inicial:

$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$
					0.0000
				0.0000	
			0.0218		0.0000
		0.1551		0.0531	
	0.4055		0.3467		0.1291
0.7987		0.7690		0.7690	
	1.3744		1.3744		1.3744
		1.9471		1.9471	
			2.4890		2.4890
				3.0017	
					3.4867

Debido a que es óptimo el pronto ejercicio del contrato, se tiene que:

$$\max \{ [P_{an}\pi + P_{da}(1 - \pi)]e^{-i\delta T}, \max \{ S - Ma^k d^{n-k}, 0 \} \} = \max \{ S - Ma^k d^{n-k}, 0 \}$$

Lo que indica que el flujo de efectivo, por el pronto ejercicio, es mayor que en la fecha de vencimiento. Por lo cual no es posible emplear la fórmula general y es necesario calcular el valor intrínseco en cada nodo y emplear la regresión inductiva.

## CONCEPTO DE GRIEGAS PARA EL MÉTODO BINOMIAL

*Estimación de la cobertura ante movimientos en los factores de influencia en el valor de las opciones, permitiendo gestionar el riesgo de pérdidas de los emisores sobre la inversión.*

Los emisores de opciones se enfrentan al problema de gestionar el riesgo de pérdida. Las griegas proporcionan la herramienta para cuantificar el riesgo ante el cambio de los factores exógenos.

El incremento  $\Delta x$  es el cambio en la variable  $x$  cuando aumenta o disminuye desde el valor  $x = x_1$  hasta otro valor  $x = x_2$ . Entonces  $\Delta x = x_2 - x_1$ , por lo cual  $x_2 = x_1 + \Delta x$ . Si la variable  $x$  experimenta el incremento  $\Delta x$ , entonces si  $x = x_0 + \Delta x$ , por lo cual la función  $y = f(x)$  tiene el incremento correspondiente  $\Delta y = f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)$ .

La razón de cambio media de la función en el intervalo entre  $x_0$  y  $x_0 + \Delta x$  es:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

Cada griega cuantifica la dimensión del riesgo dada la posición del inversionista y el objetivo es facilitar la herramienta para gestionar los riesgos hasta que éstos sean aceptables.

### COBERTURA DELTA

*Cambio proporcional en el valor de las opciones respecto al cambio en el precio del bien subyacente.*

Sea  $f(M,t)$  la función que representa el precio del bien subyacente y  $\Psi(M,t)$  la función que representa el valor de las opciones, entonces:

$$\Delta_{\Psi(M,t)} = \frac{\Delta \Psi(M,t)}{\Delta M} = \frac{\Psi_a(M,t) - \Psi_d(M,t)}{Ma - Md}$$

Parámetro que cuantifica la sensibilidad de cambio del precio de las opciones cuando el precio del bien subyacente cambia.

Las opciones con  $\Delta_{\Psi(M,t)}$  proporcionan a los emisores la posibilidad de cubrir su posición adquiriendo  $\Delta_{\Psi(M,t)}$  bienes subyacentes por cada bien subyacente que amparan los contratos. Al adquirir los  $\Delta_{\Psi(M,t)}$  bienes subyacentes las ganancias o las pérdidas derivadas de la posición larga están compensadas por las pérdidas o las ganancias derivadas de la posición corta. Esta cartera, llamada Delta neutral, permanece cubierta durante el instante en el que el precio del bien subyacente es constante ya que al cambiar, entonces  $\Delta_{\Psi(M,t)}$  cambia, por lo que la cobertura debe ser ajustada. Considerando solo los movimientos diarios en el precio del bien subyacente, entonces el rebalanceo es diario; lo que minimiza el riesgo de pérdidas para los emisores debidas a pequeños cambios en el precio del bien subyacente.

## COBERTURA GAMMA

*Cambio proporcional de la  $\Delta_{\Psi(M,t)}$  con respecto al cambio en el precio del bien subyacente.*

$$\Gamma_{\Psi(M,t)} = \frac{\Delta^2 \Psi(M,t)}{\Delta M^2} = \frac{\Delta \Delta_{\Psi(M,t)}}{\Delta M} = \frac{2 \left( \frac{\Psi_{aa}(M,t) - \Psi_{ad}(M,t)}{Ma^2 - M} - \frac{\Psi_{ad}(M,t) - \Psi_{dd}(M,t)}{M - Md^2} \right)}{Ma^2 - Md^2}$$

Parámetro que determina la tasa de cambio de la cobertura delta cuando el precio del bien subyacente cambia.

Las opciones con  $\Delta_{\Psi(M,t)}$  y  $\Gamma_{\Psi(M,t)}$  debido al cambio en el precio del bien subyacente de  $M$  a  $M + 1$ , experimentan el cambio en el valor de los contratos de  $\Delta_{\Psi(M,t)}$  a  $\Delta_{\Psi(M,t)} + \Gamma_{\Psi(M,t)}$  y debido al cambio en el precio del bien subyacente de  $M$  a  $M - 1$ , experimentan el cambio en el valor de los contratos de  $\Delta_{\Psi(M,t)}$  a  $\Delta_{\Psi(M,t)} - \Gamma_{\Psi(M,t)}$ .

Si la cartera es Delta neutral, la cobertura Gamma de la cartera es  $\Gamma$  y la de las opciones es  $\Gamma_{\Psi(M,t)}$ , entonces la Gamma de la cartera es neutral, si solo si, la posición de los contratos es ajustada de tal forma que el número se igual a:

$$n = -\frac{\Gamma}{\Gamma_{\Psi(M,t)}}$$

Tener la cartera Delta neutral debe considerar también Gamma neutral como primera característica de ajuste ya que las carteras Gamma neutral minimizan el riesgo de pérdidas para los emisores debidas a grandes cambios en el precio del bien subyacente.

## COBERTURA THETA

*Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto al transcurso del tiempo.*

$$\Theta_{\Psi(M,t)} = \frac{\Delta \Psi(M,t)}{\Delta T} = \frac{365(\Psi_{ad}(M,t) - \Psi(M,t))}{2\delta T}$$

De tal forma que:

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

Parámetro que cuantifica la sensibilidad del valor de las opciones con respecto al paso del tiempo. Cuantifica la velocidad con la que el valor extrínseco cambia conforme transcurre el tiempo. Este parámetro no es de cobertura, debido a que no tiene sentido la compensación contra el inexorable paso del tiempo.



## COBERTURA VEGA

*Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto al cambio en la volatilidad del precio subyacente.*

$$\Lambda_{\Psi(M,t)} = \frac{\Delta\Psi(M,t)}{\Delta\sigma} = \frac{\Psi_{\sigma_2}(M,t) - \Psi_{\sigma_1}(M,t)}{100(\sigma_2 - \sigma_1)}$$

Parámetro que cuantifica el cambio en el valor de las opciones debido a cambios en la volatilidad del precio subyacente. Se expresa en términos monetarios.

Las opciones con  $\Lambda_{\Psi(M,t)}$  debido al cambio en la volatilidad del precio subyacente de  $\sigma$  a  $\sigma + 0.01$ , experimentan el cambio en el valor de los contratos de  $\Psi(M,t)$  a  $\Psi(M,t) + \Lambda_{\Psi(M,t)}$  y debido al cambio en la volatilidad del precio subyacente de  $\sigma$  a  $\sigma - 0.01$ , experimentan el cambio en el valor de los contratos de  $\Psi(M,t)$  a  $\Psi(M,t) - \Lambda_{\Psi(M,t)}$ .

Si la cobertura Vega de la cartera es  $\Lambda$  y la de las opciones es  $\Lambda_{\Psi(M,t)}$ , entonces la Vega de la cartera es neutral, si solo si, la posición de los contratos es ajustada de tal forma que el número sea igual a:

$$n = -\frac{\Lambda}{\Lambda_{\Psi(M,t)}}$$

Las carteras Gamma neutral, en general, no son Vega neutral y viceversa.

## COBERTURA RHO

*Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto al cambio en la tasa de interés libre de riesgo nacional o extranjera.*

$$P_{\Psi(M,t)} = \frac{\Delta\Psi(M,t)}{\Delta i} = \frac{\Psi_{i_2}(M,t) - \Psi_{i_1}(M,t)}{100(i_2 - i_1)}$$

Parámetro que cuantifica el cambio en el valor de las opciones debido a cambios en la tasa de interés libre de riesgo nacional o extranjera. Es la tasa de cambio media del valor de las opciones con respecto a la tasa de interés libre de riesgo nacional o extranjera.

Las opciones con  $P_{\Psi(M,t)}$  debido al cambio en la tasa de interés libre de riesgo de  $i$  a  $i + 0.01$ , experimentan el cambio en el valor de los contratos de  $\Psi(M,t)$  a  $\Psi(M,t) + P_{\Psi(M,t)}$  y debido al cambio en la tasa de interés libre de riesgo de  $i$  a  $i - 0.01$ , experimentan el cambio en el valor de los contratos de  $\Psi(M,t)$  a  $\Psi(M,t) - P_{\Psi(M,t)}$ .

De esta manera se ha analizado el método numérico que nos permite conocer el precio de opciones americanas y europeas de compra y venta, las coberturas para los emisores, el estado de resultados de los emisores y el estado de los contratos.

## PROCESO DE MARKOV

La sucesión de variables aleatorias es un proceso estocástico  $\{T_0, T_1, \dots, T_n\}$  si la distribución conjunta de  $(T_0, T_1, \dots, T_n)$  está definida de tal forma que la probabilidad condicional de la relación  $T_n^M = M_n$  bajo la hipótesis de que  $T_0^M = M_0, T_1^M = M_1, \dots, T_{n-1}^M = M_{n-1}$  es idéntica a que la probabilidad condicional de la relación  $T_n^M = M_n$  bajo la hipótesis única  $T_{n-1}^M = M_{n-1}$ .

Si el espacio de estados del proceso es numerable, entonces el proceso de *Markov* es llamado cadena de *Markov*. La expresión proceso de *Markov* se aplica a los procesos estocásticos con parámetro de tiempo discreto y tiempo continuo. En la teoría de las cadenas de *Markov* el resultado de cualquier ensayo depende del resultado de ensayo inmediato anterior y sólo de él.

Desde el punto de vista conceptual, los procesos de *Markov* son la analogía probabilística donde el desarrollo futuro está completamente determinado por el estado actual y es independiente de la forma en la que dicho estado se ha desarrollado. En los procesos estocásticos el futuro no está determinado de manera única y las relaciones de probabilidad permiten hacer predicciones.

## DISTRIBUCIÓN NORMAL

Comportamiento del espacio muestral con valor esperado  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ .

La variable aleatoria  $X$  se distribuye Normal, si solo si, la función de densidad está dada por:

$$n(x, \mu, \sigma^2) = f_x(x, \mu, \sigma^2) = \frac{e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \quad -\infty < x < \infty$$

$N(x, \mu, \sigma^2)$  cuantifica la probabilidad de que la variable aleatoria  $X$  que se distribuye Normal con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$  sea menor o igual que  $x$  mediante la función de distribución:

$$N(x, \mu, \sigma^2) = F_x(x, \mu, \sigma^2) = P(X \leq x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma^2}} du$$

Sean  $\sigma^2$  y  $\mu$  varianza y media, entonces se tiene la variable estandarizada:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Entonces la variable aleatoria  $Z$  se distribuye Normal estándar, si solo si, la función de densidad está dada por:

$$n(z, 0, 1) = f_z(z, 0, 1) = \frac{e^{-\frac{z^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \quad -\infty < z < \infty$$

$N(z,0,1)$  cuantifica la probabilidad de que la variable aleatoria  $Z$  que se distribuye Normal estándar con media  $\mu = 0$  y varianza  $\sigma^2 = 1$  sea menor o igual que  $z$  mediante la función de distribución:

$$N(z,0,1) = F_z(z,0,1) = P(Z \leq z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

## PROCESO DE WIENER

La variable  $z$  sigue un proceso de Wiener cuando las variaciones  $\Delta z$ , en el periodo  $\Delta t$ , satisface las dos propiedades siguientes:

1.  $\Delta z = N(0,1)\sqrt{\Delta t}$
2. Los valores  $\Delta z$  en periodos  $\Delta t$  son independientes.

Al tomar el límite cuando  $\Delta t$  se aproxima a cero, entonces  $z$  sigue un proceso de Wiener.

Los procesos de Wiener son el caso especial de los procesos estocásticos de tiempo continuo, están centrados en el cálculo de Itô, que es el caso especial del cálculo estocástico de tiempo continuo, comienzan en el origen y tienen incrementos independientes,  $\Delta z = w_t - w_s$  que distribuyen Normal con media cero y varianza  $\Delta t = t - s$ . De la primera propiedad se tiene:  $\Delta z \sim N(0,\Delta t)$  y la segunda propiedad indica que los procesos de Wiener son procesos de Markov.

Al considerar el tiempo de vencimiento  $T$ , donde:

$$n = \frac{T}{\Delta t} \Rightarrow z(t) - z(s) = \sum_{i=1}^n N_i(0,1)\sqrt{\Delta t}$$

Ya que las  $N_{i;s}(0,1)$  son variables aleatorias que se distribuyen Normal con media cero y varianza uno, entonces, debido a que  $\Delta z$  en los periodos  $\Delta t$  son independientes, las  $N_{i;s}(0,1)$  son independientes. Por lo tanto  $z(t) - z(s) \sim N(0,T)$ , debido a que:

$$E\left[\sum_{i=0}^n N_i(0,1)\sqrt{\Delta t}\right] = 0 \quad y \quad var\left(\sum_{i=0}^n N_i(0,1)\sqrt{\Delta t}\right) = n\Delta t = T$$

El límite de  $\Delta z$  cuando  $\Delta t$  se aproxima a cero es un proceso de Wiener de tiempo continuo:

$$dz = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta z = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} N(0,1)\sqrt{\Delta t} = N(0,1)\sqrt{dt} \Rightarrow dz = N(0,1)\sqrt{dt}$$

Lo cual indica que el valor esperado de  $z$ , en la fecha de vencimiento, es el valor actual y la varianza  $T$ , indica que la tasa de variación esperada, en el periodo, es  $\sqrt{T}$ .

Para generalizar el proceso de Wiener de tiempo continuo se incluye la función determinística de la evolución de la variable  $x$  a través del tiempo, entonces  $dx = adt$ .



Esto es, la variable  $x$  tiene la tasa esperada de desplazamiento  $a$  por unidad de tiempo.

Al resolver la ecuación diferencial  $y'(t) - a = 0$ , entonces:

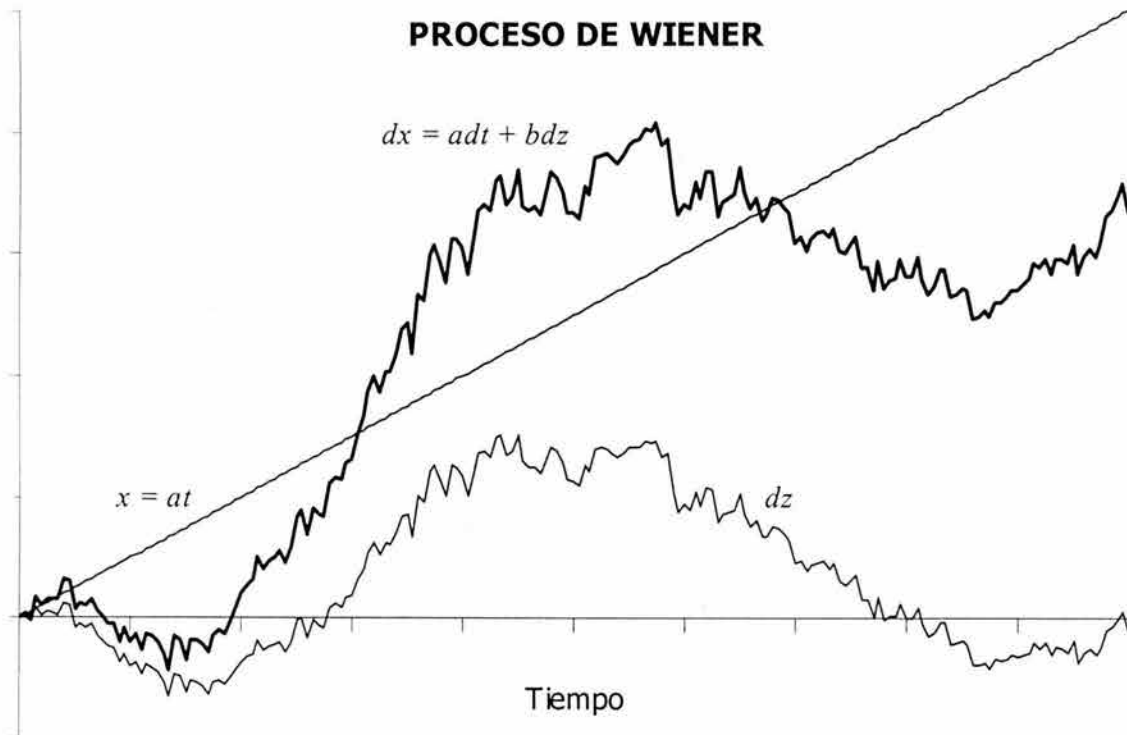
$$\frac{dx}{dt} = a \Rightarrow dx = a dt \Rightarrow \int dx = \int a dt \Rightarrow x = at + x_0$$

Donde  $x_0$  es el valor inicial de la variable. Por lo tanto el crecimiento esperado a través del tiempo es  $a$ .

Sea el proceso de Wiener generalizado  $dx = a dt + b dz$ , entonces para el cambio  $\Delta t$ , el cambio en de la variable  $x$  está definido de la forma siguiente:

$$\Delta x = a \Delta t + b N(0,1) \sqrt{\Delta t}$$

Donde  $\Delta x \sim N(a \Delta t, b^2 \Delta t)$  y al considerar el cambio de la variable  $x$  durante el tiempo de vencimiento  $T$ , entonces  $\Delta x \sim N(aT, b^2 T)$ .



Gráfica 2.1

La gráfica 2.1 muestra que en cada intervalo  $\Delta t$  hay un cambio en la variable  $z$  y en la variable  $x$ .

## CÁLCULO DE ITÔ

Los procesos de Itô son la generalización de los procesos de Wiener y si los procesos estocásticos  $X_t$  e  $Y_t$  son mesurables, entonces la integral de Itô es una martingala.

## LEMA DE ITÔ

Si  $x$  sigue el proceso general de Itô  $f(x,t)dx = af(x,t)dt + bf(x,t)dz$  y  $f: [0, T] \times \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$  es dos veces continuamente diferenciable en el primer argumento y continuamente diferenciable en el segundo argumento para toda  $0 \leq t \leq T$ , entonces:

$$f(x,t) = f(x_0, 0) + \int_0^t \frac{b\partial}{\partial x} f(x,s) dz + \int_0^t \left[ \frac{\partial}{\partial s} f(x,s) + \frac{a\partial}{\partial x} f(x,s) + \frac{b^2 \partial^2}{2\partial x^2} f(x,s) \right] ds$$

Por lo cual:

$$df(x,t) = \frac{b\partial}{\partial x} f(x,t) dz + \left[ \frac{\partial}{\partial t} f(x,t) + \frac{a\partial}{\partial x} f(x,t) + \frac{b^2 \partial^2}{2\partial x^2} f(x,t) \right] dt$$

Entonces como  $bf(x,t)dz = f(x,t)dx - af(x,t)dt$ , por lo tanto la fórmula de Itô es:

$$df(x,t) = \frac{\partial}{\partial x} f(x,t) dx + \frac{\partial}{\partial t} f(x,t) dt + \frac{b^2 \partial^2}{2\partial x^2} f(x,t) dt$$

Si la variable  $x$  sigue el proceso general de Itô  $dx = adt + b dz$ , entonces al sustituir  $dx$  en la fórmula de Itô se tiene el resultado siguiente:

$$\begin{aligned} df(x,t) &= \frac{(adt + b dz) \partial}{\partial x} f(x,t) + \frac{\partial}{\partial t} f(x,t) dt + \frac{b^2 \partial^2}{2\partial x^2} f(x,t) dt \\ &= \left[ \frac{a\partial}{\partial x} f(x,t) + \frac{\partial}{\partial t} f(x,t) + \frac{b^2 \partial^2}{2\partial x^2} f(x,t) \right] dt + \frac{b\partial}{\partial x} f(x,t) dz \end{aligned}$$

Por lo tanto  $f(x,t)$  sigue el proceso de Itô con tasa de desplazamiento igual a:

$$\frac{a\partial}{\partial x} f(x,t) + \frac{\partial}{\partial t} f(x,t) + \frac{b^2 \partial^2}{2\partial x^2} f(x,t)$$

Y tasa de variación igual a:

$$\frac{b^2 \partial^2}{\partial x^2} f(x,t)$$

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

$$dLn(x) = \frac{(\mu x dt + \sigma x dz) \partial}{\partial x} Ln(x) + \frac{\partial}{\partial t} Ln(x) dt + \frac{(\sigma x)^2 \partial^2}{2\partial x^2} Ln(x) dt = \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dz$$

Entonces:

$$\ln(x_t) - \ln(x_0) = \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma z \Rightarrow x_t = x_0 e^{\left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma z}$$

Por lo tanto el precio del bien subyacente puede representarse mediante el proceso de *Ito* con tasa instantánea de desplazamiento  $\mu M$  y tasa de variación instantánea  $\sigma M$ , esto es, como el modelo  $dM = \mu M dt + \sigma M dz$ . Donde  $\mu$  representa la tasa de interés libre de riesgo y  $\sigma$  representa la volatilidad del precio subyacente.

Sea  $dM = \mu M dt + \sigma M dz$  entonces:

$$\frac{dM}{M} = \mu dt + \sigma dz$$

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

Por lo cual:

$$\frac{\Delta M}{M} \sim N(\mu \Delta t, \sigma^2 \Delta t)$$

## DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL

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

La variable aleatoria  $X$  se distribuye Lognormal, si solo si, la función de densidad está dada por:

$$f_X(x, \mu_Y, \sigma_Y^2) = \begin{cases} \frac{e^{\frac{(\ln(x) - \mu_Y)}{2\sigma_Y^2}}}{x\sigma_Y\sqrt{2\pi}} & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases}$$

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

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



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

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

Sea  $f(M,t) = Ln(M_t)$  el precio del bien subyacente en el instante  $t$  y  $f(M,T) = Ln(M_T)$  el precio del bien subyacente en la fecha de vencimiento, entonces el cambio de la función durante el periodo  $\Delta t = T - t$  es  $Ln(M_T) - Ln(M_t)$ . Por lo cual:

$$\Delta f(M,t) = f(M,T) - f(M,t) = Ln(M_T) - Ln(M_t) \sim N\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t), \sigma^2(T-t)\right)$$

Entonces al estandarizar la función se tiene que:

$$N(0,1) = Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{Ln(M_T) - Ln(M_t) - \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

Por lo tanto:

$$f(M,T) \sim N\left(Ln(M_t) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t), \sigma^2(T-t)\right)$$

Al considerar la función estandarizada se tiene que:

$$Ln(M_T) = Ln(M_t) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma N(0,1)\sqrt{T-t}$$

Por lo cual:

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

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

Suponer que el precio del bien subyacente se distribuye Lognormal es coherente ya que el precio siempre es mayor que cero, además de que es un supuesto para el análisis del método *Black & Scholes* realizado a principios de la década de los setentas por *Fisher Black*, *Myron Scholes* y *Robert Merton*.

## ECUACIÓN DIFERENCIAL DE BLACK & SCHOLES

Si el precio del bien subyacente se distribuye Lognormal y considerando los supuestos siguientes:

1. El precio del bien subyacente sigue el proceso  $dM = \mu M dt + \sigma M dz$  o  $\Delta M = \mu M \Delta t + \sigma M \Delta z$ .
2. No se consideran comisiones, impuestos y costos de operación.
3. Los bienes subyacentes son divisibles.
4. Los bienes subyacentes no otorgan dividendos durante el periodo de vencimiento.
5. La tasa de interés libre de riesgo es constante durante el periodo de vencimiento.
6. No existen oportunidades de arbitraje libres de riesgo.

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

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

Entonces mediante la construcción de la cartera que elimine el riesgo ante movimientos aleatorios en el precio del bien subyacente se obtiene la ecuación diferencial *Black & Scholes* de la cual se obtiene la fórmula analítica para valorar opciones europeas.

La cartera consta de:

1. Posición corta de la opción.
2. Posición larga de la derivada parcial de  $f(M, t)$  con respecto al precio del bien subyacente en bienes subyacentes objeto de la cobertura.

Por lo tanto el valor actual de la cartera es:

$$\Pi = -f(M, t) + \frac{\partial f(M, t)}{\partial M} M$$

Sea el periodo  $\Delta t$ , entonces el cambio del valor de la cartera es:

$$\Delta \Pi = -\Delta f(M, t) + \frac{\partial f(M, t)}{\partial M} \Delta M$$

Al emplear la fórmula de *Itô* y sustituir  $\Delta M$ , se tiene que el cambio en el valor de la cartera es:

$$\begin{aligned} \Delta f(M, t) &= \left[ \left( \frac{\mu M \partial f(M, t)}{\partial M} + \frac{\partial f(M, t)}{\partial t} + \frac{\sigma^2 M^2 \partial^2 f(M, t)}{2 \partial M^2} \right) \Delta t + \frac{\sigma M \partial f(M, t)}{\partial M} \Delta z \right] + \frac{(\mu M \Delta t + \sigma M \Delta z) \partial f(M, t)}{\partial M} \\ &= - \left( \frac{\partial f(M, t)}{\partial t} + \frac{\sigma^2 M^2 \partial^2 f(M, t)}{2 \partial M^2} \right) \Delta t \end{aligned}$$

Por lo tanto la cartera está libre de riesgo, esto es, se ha eliminado  $\Delta z$ , por lo que la cartera es independiente de los movimientos aleatorios en el precio del bien subyacente. La cartera está libre de riesgo solo durante el instante en el que no hay cambios en el precio del bien subyacente, por lo cual el rendimiento esperado es la tasa de interés libre de riesgo. Entonces  $\Delta \Pi = i \Pi \Delta t$ .

Sustituyendo  $\Delta \Pi$  y  $\Pi$  se tiene que:

$$-\left(\frac{\partial}{\partial t} f(M, t) + \frac{\sigma^2 M^2 \partial^2}{2 \partial M^2} f(M, t)\right) \Delta t = i \left(-f(M, t) + \frac{M \partial}{\partial M} f(M, t)\right) \Delta t$$

Por lo tanto la ecuación diferencial es:

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

La ecuación diferencial de *Black & Scholes* tiene varias soluciones y una de ellas es para valorar opciones. La solución para valorar opciones americanas depende de los límites  $c = \max \{M - S, 0\}$  en las opciones de compra y  $p = \max \{M - S, 0\}$  en las opciones de venta.

## FÓRMULA DE BLACK & SCHOLES

Se sabe que el valor esperado de las opciones europeas de compra en la fecha de vencimiento es la esperanza del valor intrínseco,  $E[\max \{M - S, 0\}]$ , entonces el valor actual del contrato es:

$$c = E[\max \{M - S, 0\}] e^{-i(T-t)}$$

Donde por definición de esperanza se tiene que:

$$E[\max \{M - S, 0\}] = \int_{-\infty}^{\infty} \max \{M - S, 0\} f(M, t) dM$$

Sustituyendo a  $\mu$ , en el modelo  $dM = \mu M dt + \sigma M dz$ , por la tasa de interés libre de riesgo  $i$ , entonces:

$$\ln(M) = \ln(M_t) + \left(i - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma N(0,1) \sqrt{T-t}$$

Por lo cual:

$$M = M_t e^{\left(i - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma N(0,1) \sqrt{T-t}} = M_t e^{\left(i - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma dz}$$



Si  $f(M,t)$  es la función de densidad en el mundo neutral al riesgo, entonces:

$$c = e^{-i(T-t)} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\max\{M - S, 0\} e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du$$

Sea  $f(M,t) = Ln(M)$  el precio del bien subyacente en el instante  $t$  y  $f(M,T) = Ln(S)$  el precio del bien subyacente en la fecha de vencimiento, entonces el cambio de la función de densidad durante el periodo  $\Delta t = T - t$  es  $Ln(S) - Ln(M)$ . Por lo cual:

$$Ln(S) \sim N\left(Ln(M) + \left(i - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t), \sigma^2(T-t)\right)$$

Si  $S \leq M \leq \infty \Rightarrow Ln(S) \leq Ln(M) \leq \infty$ , entonces:

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

Dado que la función de distribución Normal posee la propiedad siguiente:

$$\int_{Ln(S)}^{\infty} \frac{e^{-\frac{[u-\mu]^2}{2\sigma^2}}}{\sigma \sqrt{2\pi}} du = \int_{\frac{Ln(S)-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du$$

Sea la  $\Phi$  variable estandarizada, entonces:

$$\Phi = \frac{Ln(S) - \mu}{\sigma} = \frac{Ln(S) - \left(Ln(M) + \left(i - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right)}{\sigma \sqrt{T-t}} = -\frac{Ln\left(\frac{M}{S}\right) + \left(i - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}}$$

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

$$M = M_t e^{\kappa \delta t + \sigma N(0,1)\sqrt{\delta t}} \quad y \quad c = e^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{M e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - S e^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du$$

Sustituyendo  $M$  en  $c$  se tiene que:

$$c = e^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{M_t e^{\kappa \delta t + \sigma u \sqrt{\delta t}} e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - S e^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du = M_t \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-i\delta t + \kappa \delta t + \sigma u \sqrt{\delta t} - \frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - S e^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du$$

Simplificando el exponente del primer argumento y sustituyendo  $\kappa$  se tiene que:

$$-i\delta t + \kappa\delta t + \sigma u\sqrt{\delta t} - \frac{u^2}{2} = -\frac{u^2 - 2(\sigma u\sqrt{\delta t} - (i - \kappa)\delta t)}{2} = \frac{u^2 - 2\sigma u\sqrt{\delta t} + \sigma^2\delta t}{2} = -\frac{(u - \sigma\sqrt{\delta t})^2}{2}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} c &= M_t \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-i\delta t + \kappa\delta t + \sigma u\sqrt{\delta t} - \frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - Se^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du = M_t \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{(u - \sigma\sqrt{\delta t})^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - Se^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du \\ &= M_t \int_{\Phi - \sigma\sqrt{\delta t}}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - Se^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du \end{aligned}$$

Dado que:

$$\Phi - \sigma\sqrt{\delta t} = -\frac{\text{Ln}(M) - \text{Ln}(S) + \kappa\delta t}{\sigma\sqrt{\delta t}} - \sigma\sqrt{\delta t} = -\frac{\text{Ln}(M) - \text{Ln}(S) + (\kappa + \sigma^2)\delta t}{\sigma\sqrt{\delta t}}$$

Debido a que la función de distribución Normal posee la propiedad de simetría, se tiene que:

$$\int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du = \int_{-\infty}^{-\Phi} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du$$

Entonces se obtiene:

$$c = M_t \int_{\Phi - \sigma\sqrt{\delta t}}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - Se^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du = M_t \int_{-\infty}^{-\Phi + \sigma\sqrt{\delta t}} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - Se^{-i\delta t}$$

Sean  $d_1$  y  $d_2$  las variables estandarizadas que definen el intervalo probable en el que se encuentra el precio del bien subyacente en la fecha de vencimiento, entonces:

$$d_1 = -\Phi + \sigma\delta t \quad y \quad d_2 = -\Phi = d_1 - \sigma\delta t$$

Por lo tanto:

$$c = M_t \int_{-\infty}^{d_1} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - Se^{-i\delta t} \int_{-\infty}^{d_2} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du = MN(d_1) - Se^{-i\delta t} N(d_2)$$

Empleando la paridad compra venta, se obtiene que  $p = c + Se^{-i\delta t} - M$ , entonces:

$$p = MN(d_1) - Se^{-i\delta t} N(d_2) + Se^{-i\delta t} - M = M(N(d_1) - 1) - Se^{-i\delta t}(N(d_2) - 1) = Se^{-i\delta t}N(-d_2) - MN(-d_1)$$

Por lo tanto se cuenta con el método analítico para valuar opciones europeas de compra y venta.

$$c = MN(d_1) - Se^{-i(T-t)}N(d_2)$$

$$p = Se^{-i(T-t)}N(-d_2) - MN(-d_1)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{M}{S}\right) + \left(i + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{M}{S}\right) + \left(i - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

Hasta el momento solo se cuenta con las ecuaciones para valuar opciones europeas sobre bienes subyacentes que no pagan dividendos durante el periodo de vencimiento, por lo cual es necesario encontrar la forma adecuada para valuar opciones sobre divisas.

## FÓRMULA DE BLACK & SCHOLES PARA OPCIONES SOBRE DIVISAS

Las opciones sobre divisas son equivalentes a las opciones sobre acciones que pagan dividendos de forma instantánea. Al considerar la diferencia entre los bienes subyacentes que pagan la tasa continua  $r$  de rendimiento de dividendos y los bienes subyacentes similares que no pagan dividendos, entonces bajo la hipótesis de valuación en el mundo neutral al riesgo, ambos bienes subyacentes deben generar el mismo rendimiento.

Las opciones sobre divisas consideran bienes subyacentes que pueden ser invertidos a la tasa de interés libre de riesgo extranjera, mientras que el efectivo equivalente a la paridad cambiaria puede ser invertido a la tasa de interés libre de riesgo nacional. Motivo por el cual el dividendo es la tasa de interés libre de riesgo extranjera.

El valor esperado de las opciones de compra sobre divisas en la fecha de vencimiento es la esperanza del valor intrínseco,  $E[\max\{Me^{-r(T-t)} - S, 0\}]$ , entonces:

$$c = E[\max\{Me^{-r(T-t)} - S, 0\}] = \int_{-\infty}^{\infty} \max\{Me^{-r(T-t)} - S, 0\} f(M, t) dM$$

Debido a que se ha considerado la tasa de interés libre de riesgo extranjera como el pago instantáneo de dividendos, entonces el precio de la divisa en la fecha de vencimiento es  $M$ .

Sea  $f(M, t) = \ln(Me^{-r(T-t)})$  el precio del bien subyacente en el instante  $t$  y  $f(M, T) = \ln(M)$  el precio del bien subyacente en la fecha de vencimiento, entonces el cambio de la función de densidad durante el periodo  $\Delta t = T - t$  es  $\ln(M) - \ln(Me^{-r(T-t)})$ .



Por lo cual:

$$M = Me^{\left(i-r-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)+\sigma N(0,1)\sqrt{T-t}} = Me^{\left(i-r-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)+\sigma dz}$$

Si  $f(M,t) = Ln(Me^{-r(T-t)})$  el precio del bien subyacente en el instante  $t$  y  $f(M,T) = Ln(S)$  el precio del bien subyacente en la fecha de vencimiento, entonces el cambio de la función de densidad durante el periodo  $\Delta t = T - t$  es  $Ln(S) - Ln(Me^{-r(T-t)})$ . Por lo cual:

$$Ln(S) \sim N\left(Ln(M) + \left(i-r-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t), \sigma^2(T-t)\right)$$

Si en la fecha de vencimiento  $S \leq M \leq \infty \Rightarrow Ln(S) \leq Ln(M) \leq \infty$ , entonces:

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

Sea la  $\Phi$  variable estandarizada, entonces:

$$\Phi = \frac{Ln(S) - \mu}{\sigma} = \frac{Ln(S) - \left(Ln(M) + \left(i-r-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)\right)}{\sigma\sqrt{T-t}} = -\frac{Ln\left(\frac{M}{S}\right) + \left(i-r-\frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

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

$$M = M_t e^{\kappa\delta t + \sigma N(0,1)\sqrt{\delta t}} \quad y \quad c = e^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{Me^{-r\delta t} e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - Se^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du$$

Sustituyendo  $M$  en  $c$  y considerando el pago instantáneo de dividendos se tiene que:

$$c = e^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{M_t e^{(\kappa+r)\delta t + \sigma u\sqrt{\delta t}} e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - Se^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du = M_t \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{(\kappa+r-i)\delta t + \sigma u\sqrt{\delta t} - \frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - Se^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du$$

Simplificando el exponente del primer argumento y sustituyendo  $\kappa$  se tiene que:

$$(\kappa+r-i)\delta t + \sigma u\sqrt{\delta t} - \frac{u^2}{2} = -\frac{u^2 - 2(\sigma u\sqrt{\delta t} - (i-\kappa-r)\delta t)}{2} = -\frac{(u - \sigma\sqrt{\delta t})^2}{2}$$

Por lo cual:

$$c = M_t \int_{\Phi - \sigma \sqrt{\delta t}}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - S e^{-i\delta t} \int_{\Phi}^{\infty} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du$$

Dado que:

$$\Phi - \sigma \sqrt{\delta t} = -\frac{\text{Ln}(M) - \text{Ln}(S) + \kappa \delta t}{\sigma \sqrt{\delta t}} - \sigma \sqrt{\delta t} = -\frac{\text{Ln}(M) - \text{Ln}(S) + (\kappa + \sigma^2) \delta t}{\sigma \sqrt{\delta t}}$$

Por lo tanto:

$$c = M_t \int_{-x}^{d_1} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du - S e^{-i\delta t} \int_{-x}^{d_2} \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du = M e^{-r\delta t} N(d_1) - S e^{-i\delta t} N(d_2)$$

Empleando la paridad compra venta para las opciones sobre divisas, se obtiene que el valor de las opciones europeas de venta sobre divisas es  $p = c + S e^{-i\delta t} - M e^{-r\delta t}$ , por lo cual:

$$p = M e^{-r\delta t} N(d_1) - S e^{-i\delta t} N(d_2) + S e^{-i\delta t} - M e^{-r\delta t} = S e^{-i\delta t} N(-d_2) - M e^{-r\delta t} N(-d_1)$$

Por lo tanto se cuenta con el método analítico para valuar opciones europeas de compra y venta sobre divisas.

$$c = M e^{-r(T-t)} N(d_1) - S e^{-i(T-t)} N(d_2)$$

$$p = S e^{-i(T-t)} N(-d_2) - M e^{-r(T-t)} N(-d_1)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\text{Ln}\left(\frac{M}{S}\right) + \left(i - r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = \frac{\text{Ln}\left(\frac{M}{S}\right) + \left(i - r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma \sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma \sqrt{T-t}$$

Las ecuaciones obtenidas facilitan la valuación de las opciones europeas de compra y venta sobre divisas y debido a que el valor de las opciones americanas de compra sobre divisas es igual al de las opciones europeas de compra sobre divisas de la misma serie, entonces se puede emplear también el resultado obtenido para valuar opciones americanas de compra sobre divisas, no así para las opciones americanas de venta sobre divisas, para las cuales, el método Binomial es el que permite conocer su valor.

## CONCEPTO DE GRIEGAS PARA EL MÉTODO BLACK & SCHOLES

*Estimación de la cobertura ante movimientos en los factores de influencia en el valor de las opciones, permitiendo gestionar el riesgo de pérdidas de los emisores sobre la inversión.*

Los emisores de opciones se enfrentan al problema de gestionar el riesgo de pérdida. Las griegas proporcionan la herramienta para cuantificar el riesgo ante el cambio de los factores exógenos.

Cada griega cuantifica la dimensión del riesgo dada la posición del inversionista y el objetivo es facilitar la herramienta para gestionar los riesgos hasta que éstos sean aceptables. El comportamiento es similar al de las coberturas del método Binomial.

### COBERTURA DELTA

*Cambio proporcional en el valor de las opciones respecto al cambio en el precio del bien subyacente.*

En el caso de los contratos europeos de compra sobre divisas se tiene que:

$$\Delta_c = \frac{\partial}{\partial M} c = \frac{\partial}{\partial M} Me^{-r(T-t)}N(d_1) - Se^{-i(T-t)}N(d_2) = e^{-r(T-t)}N(d_1)$$

En el caso de los contratos europeos de venta sobre divisas se tiene que:

$$\Delta_p = \frac{\partial}{\partial M} p = \frac{\partial}{\partial M} Se^{-i(T-t)}N(-d_2) - Me^{-r(T-t)}N(-d_1) = -e^{-r(T-t)}N(-d_1)$$

Parámetro que cuantifica la sensibilidad de cambio del precio de las opciones cuando el precio del bien subyacente cambia.

### COBERTURA GAMMA

*Cambio proporcional de la Delta con respecto al precio del bien subyacente.*

En el caso de los contratos europeos de compra sobre divisas se tiene que:

$$\Gamma_c = \frac{\partial^2}{\partial M^2} c = \frac{\partial}{\partial M} \Delta_c = \frac{e^{-r(T-t)}\partial}{\partial M} N(d_1) = e^{-r(T-t)}N'(d_1)\frac{\partial}{\partial M} d_1 = \frac{e^{-r(T-t)}N'(d_1)}{M\sigma(T-t)}$$

En el caso de los contratos europeos de venta sobre divisas se tiene que:

$$\Gamma_p = \frac{\partial^2}{\partial M^2} p = \frac{\partial}{\partial M} \Delta_p = -\frac{e^{-r(T-t)}\partial}{\partial M} [1 - N(d_1)] = e^{-r(T-t)}N'(d_1)\frac{\partial}{\partial M} d_1 = \frac{e^{-r(T-t)}N'(d_1)}{M\sigma(T-t)}$$



Parámetro que determina la tasa de cambio de la cobertura delta cuando el precio del bien subyacente cambia.

$$\Gamma_c = \Gamma_p = \frac{e^{-r(T-t)} N'(d_1)}{M\sigma\sqrt{T-t}}$$

## COBERTURA THETA

*Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto al tiempo.*

En el caso de los contratos europeos de compra sobre divisas se tiene que:

$$\begin{aligned}\Theta_c &= \frac{\partial}{\partial t} c = \frac{\partial}{\partial t} Me^{-r(T-t)} N(d_1) - Se^{-i(T-t)} N(d_2) \\ &= M \frac{\partial}{\partial t} e^{-r(T-t)} N(d_2 + \sigma\sqrt{T-t}) - SN(d_2) \frac{\partial}{\partial t} e^{-i(T-t)} \\ &= M \left[ e^{-r(T-t)} N'(d_1) \frac{\partial}{\partial t} (d_2 + \sigma\sqrt{T-t}) + re^{-r(T-t)} N(d_1) \right] - iSe^{-i(T-t)} N(d_2) \\ &= -\frac{M\sigma e^{-r(T-t)} N'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} + rMe^{-r(T-t)} N(d_1) - iSe^{-i(T-t)} N(d_2)\end{aligned}$$

En el caso de los contratos europeos de venta sobre divisas se tiene que:

$$\begin{aligned}\Theta_p &= \frac{\partial}{\partial t} p = \frac{\partial}{\partial t} Se^{-i(T-t)} N(-d_2) - Me^{-r(T-t)} N(-d_1) \\ &= SN(-d_2) \frac{\partial}{\partial t} e^{-i(T-t)} - M \frac{\partial}{\partial t} e^{-r(T-t)} N(-d_2 - \sigma\sqrt{T-t}) \\ &= iSe^{-i(T-t)} N(-d_2) - M \left[ e^{-r(T-t)} N'(d_1) \frac{\partial}{\partial t} (-d_2 - \sigma\sqrt{T-t}) + re^{-r(T-t)} N(-d_1) \right] \\ &= -\frac{M\sigma e^{-r(T-t)} N'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} - rMe^{-r(T-t)} N(-d_1) + iSe^{-i(T-t)} N(-d_2)\end{aligned}$$

Parámetro que cuantifica la sensibilidad del valor de las opciones con respecto al paso del tiempo. Este parámetro no es de cobertura, ya que no tiene sentido cubrirse contra el inexorable paso del tiempo.

$$\begin{aligned}\Theta_c &= \frac{1}{365} \left[ -\frac{M\sigma e^{-r(T-t)} N'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} + rMe^{-r(T-t)} N(d_1) - iSe^{-i(T-t)} N(d_2) \right] \\ \Theta_p &= \frac{1}{365} \left[ -\frac{M\sigma e^{-r(T-t)} N'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} - rMe^{-r(T-t)} N(-d_1) + iSe^{-i(T-t)} N(-d_2) \right]\end{aligned}$$

## COBERTURA VEGA

*Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto a la volatilidad del precio subyacente.*

En el caso de los contratos europeos de compra sobre divisas se tiene que:

$$\begin{aligned}\Lambda_c &= \frac{\partial}{\partial \sigma} c = \frac{\partial}{\partial \sigma} Me^{-r(T-t)} N(d_1) - Se^{-i(T-t)} N(d_2) \\ &= Me^{-r(T-t)} \frac{\partial}{\partial \sigma} N(d_2 + \sigma \sqrt{T-t}) = Me^{-r(T-t)} N'(d_1) \frac{\partial}{\partial \sigma} (d_2 + \sigma \sqrt{T-t}) \\ &= Me^{-r(T-t)} N'(d_1) \sqrt{T-t}\end{aligned}$$

En el caso de los contratos europeos de venta sobre divisas se tiene que:

$$\begin{aligned}\Lambda_p &= \frac{\partial}{\partial \sigma} p = \frac{\partial}{\partial \sigma} Se^{-i(T-t)} N(-d_2) - Me^{-r(T-t)} N(-d_1) \\ &= -Me^{-r(T-t)} \frac{\partial}{\partial \sigma} N(-d_2 - \sigma \sqrt{T-t}) = -Me^{-r(T-t)} N'(d_1) \frac{\partial}{\partial \sigma} (-d_2 - \sigma \sqrt{T-t}) \\ &= Me^{-r(T-t)} N'(d_1) \sqrt{T-t}\end{aligned}$$

Parámetro que cuantifica el cambio en el valor de las opciones debido a cambios en la volatilidad del precio subyacente. Se expresa en términos monetarios.

$$\Lambda_c = \Lambda_p = \frac{Me^{-r(T-t)} N'(d_1) \sqrt{T-t}}{100}$$

## COBERTURA RHO

*Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto al cambio en la tasa de interés libre de riesgo nacional y extranjera.*

En el caso de los contratos europeos de compra sobre divisas para cambios en la tasa de interés libre de riesgo nacional se tiene que:

$$P_{\rho_i} = \frac{\partial}{\partial i} c = \frac{\partial}{\partial i} Me^{-r(T-t)} N(d_1) - Se^{-i(T-t)} N(d_2) = -SN(d_2) \frac{\partial}{\partial i} e^{-i(T-t)} = Se^{-i(T-t)} N(d_2)(T-t)$$

En el caso de los contratos europeos de venta sobre divisas para cambios en la tasa de interés libre de riesgo nacional se tiene que:

$$P_{\rho_i} = \frac{\partial}{\partial i} p = \frac{\partial}{\partial i} Se^{-i(T-t)} N(-d_2) - Me^{-r(T-t)} N(-d_1) = SN(-d_2) \frac{\partial}{\partial i} e^{-i(T-t)} = -Se^{-i(T-t)} N(-d_2)(T-t)$$

Parámetro que cuantifica el cambio en el valor de las opciones debido a cambios en la tasa de interés libre de riesgo nacional.

$$P_{c_i} = \frac{Se^{-i(T-t)}N(d_2)(T-t)}{100} \quad y \quad P_{p_i} = -\frac{Se^{-i(T-t)}N(-d_2)(T-t)}{100}$$

En el caso de los contratos europeos de compra sobre divisas para cambios en la tasa de interés libre de riesgo extranjera se tiene que:

$$P_{c_r} = \frac{\partial}{\partial r} c = \frac{\partial}{\partial r} Me^{-r(T-t)}N(d_1) - Se^{-i(T-t)}N(d_2) = MN(d_1)\frac{\partial}{\partial r} e^{-r(T-t)} = -Me^{-r(T-t)}N(d_1)(T-t)$$

En el caso de los contratos europeos de venta sobre divisas para cambios en la tasa de interés libre de riesgo extranjera se tiene que:

$$P_{p_r} = \frac{\partial}{\partial r} p = \frac{\partial}{\partial r} Se^{-i(T-t)}N(-d_2) - Me^{-r(T-t)}N(-d_1) = -MN(-d_1)\frac{\partial}{\partial r} e^{-r(T-t)} = Me^{-r(T-t)}N(-d_1)(T-t)$$

Parámetro que cuantifica el cambio en el valor de las opciones debido a cambios en la tasa de interés libre de riesgo nacional o extranjera.

$$P_{c_r} = -\frac{Me^{-r(T-t)}N(d_1)(T-t)}{100} \quad y \quad P_{p_r} = \frac{Me^{-r(T-t)}N(-d_1)(T-t)}{100}$$

Es la tasa de cambio media del valor de las opciones con respecto a la tasa de interés libre de riesgo nacional o extranjera.



## CONCLUSIONES

El precio subyacente, la volatilidad del precio subyacente, la tasa de interés libre de riesgo nacional y la tasa de interés libre de riesgo extranjera son factores que están determinados por el mercado y la cobertura que proporcionan las opciones está basada en el precio subyacente. La fecha de vencimiento y el precio de liquidación son factores que están determinados por los inversionistas para adecuar la cobertura de los contratos a necesidades específicas de duración y disponibilidad. Los factores exógenos y endógenos son los que influyen en el precio de las opciones.

Es importante conocer el precio que tienen las opciones de acuerdo a la relación entre el precio subyacente y el precio de liquidación. El valor intrínseco determina el estado en que los contratos se encuentran, otorga a los poseedores derechos ante los emisores. El valor intrínseco positivo es el resultado de los contratos dentro de dinero lo cual genera ganancias para los poseedores, pérdidas para los emisores y es el valor de las opciones en algún instante dado.

Al determinar las cotas para el valor de las opciones, analizar los beneficios por el pronto ejercicio de las opciones americanas, se concluye que las opciones americanas de compra tienen valor equivalente a las opciones europeas de compra de la misma serie y las opciones americanas de venta tienen el valor superior a las opciones europeas de venta de la misma serie.

El valor intrínseco y las cotas del valor de las opciones permiten relacionar el precio de las opciones de compra con las opciones de venta.

Definir el precio subyacente como un proceso estocástico permite emplear el supuesto Binomial para modelar el precio subyacente, obtener los factores de aumento y disminución, las martingalas correspondientes, las ecuaciones recursivas y las ecuaciones generales para valuar opciones europeas empleando la programación dinámica estocástica. Para valuar opciones americanas de compra la ecuación general es válida debido a que el flujo de efectivo por el pronto ejercicio es menor que el ejercicio en la fecha de vencimiento, sin embargo el uso del principio de *Bellman* es requerido para conocer el valor de las opciones americanas de venta en cada nodo del árbol Binomial lo cual impide el uso de la ecuación general.

El método Binomial es la herramienta numérica que permite valuar opciones americanas y europeas de compra y venta. Mediante los cambios en los factores de influencia en las rejillas se estiman las coberturas que permiten a los emisores gestionar el riesgo de pérdidas derivadas de los cambios en los factores.

El proceso de *Wiener* generalizado permite definir el precio del bien subyacente como la suma de variables aleatorias independientes con distribución Normal y el proceso de *Markov* como distribución Lognormal ya que el precio subyacente siempre es positivo. Mediante la fórmula de *Itô* se obtiene la ecuación diferencial y al usar el valor intrínseco como límite resulta la solución particular para valorar opciones europeas de compra y venta.

La obtención de esta ecuación analítica facilita la valuación de las opciones, ya que permite conocer el precio de las opciones europeas de compra y venta, así como las americanas de compra. Este resultado publicado en 1973 obtuvo el premio Nobel de Economía en 1997. También proporciona las coberturas para gestionar el riesgo de pérdidas para los emisores ante cambios en los factores de influencia.

De acuerdo al análisis, el método Binomial permite valorar opciones americanas y europeas de compra y venta, sin embargo, como método numérico es laborioso y el uso de recursos de cómputo es de orden exponencial, sin embargo la aproximación analítica, permite valorar opciones europeas de compra y venta.

Debido a que el método Binomial para valorar opciones americanas de compra converge al resultado analítico al dividir el tiempo de vencimiento en más de 30 periodos es conveniente emplear el resultado de *Black & Scholes* | *Merton*, sin embargo, es necesario emplear el método Binomial para valorar opciones americanas de venta, debido a que es necesario conocer el flujo de efectivo en cada nodo, por el pronto ejercicio de los contratos, mediante el principio de inducción hacia atrás de la programación dinámica estocástica.

Ambos modelos permiten gestionar el riesgo, ante cambios en los factores de influencia, asumido por los emisores. Lo cual permite construir carteras libres de riesgo, minimizando las pérdidas derivadas de cambios, sobre todo, en el precio subyacente.

## EJERCICIO

El primero de diciembre de 2003 se emiten opciones de venta. Las columnas de la tabla 2.1 muestran la fecha, el precio subyacente, la volatilidad del precio subyacente, la tasa de interés libre de riesgo nacional y la tasa de interés libre de riesgo extranjera.

1. Calcular el precio de las opciones europeas, la aportación inicial mínima, la liquidación diaria, las coberturas: Delta, Gamma, Vega, Rho y el estado del contrato para cada fecha suponiendo que el precio de liquidación al vencimiento es de \$ 11.50, el tiempo de vencimiento es de 60 días y el ejercicio es en efectivo.

FECHA	COMPRA	$\sigma$	$i$	$r$
01/12/2003	11.3880	0.1021	0.0583	0.0095
02/12/2003	11.3240	0.1022	0.0583	0.0095
03/12/2003	11.2585	0.0998	0.0583	0.0095
04/12/2003	11.2420	0.0998	0.0632	0.0095
05/12/2003	11.2050	0.0999	0.0632	0.0095
06/12/2003	11.2050	0.0995	0.0632	0.0095
07/12/2003	11.2050	0.0995	0.0632	0.0095
08/12/2003	11.2310	0.0992	0.0632	0.0094
09/12/2003	11.1620	0.0987	0.0632	0.0094
10/12/2003	11.2300	0.0970	0.0632	0.0094
11/12/2003	11.1380	0.0978	0.0564	0.0094
12/12/2003	11.1380	0.0978	0.0564	0.0094
13/12/2003	11.1380	0.0973	0.0564	0.0094
14/12/2003	11.1380	0.0973	0.0564	0.0094
15/12/2003	11.3150	0.0981	0.0564	0.0092
16/12/2003	11.2550	0.0967	0.0564	0.0092
17/12/2003	11.2490	0.0967	0.0564	0.0092
18/12/2003	11.2250	0.0967	0.0620	0.0092
19/12/2003	11.2250	0.0967	0.0620	0.0092
20/12/2003	11.2250	0.0967	0.0620	0.0092
21/12/2003	11.2250	0.0966	0.0620	0.0092
22/12/2003	11.3100	0.0969	0.0620	0.0090
23/12/2003	11.2660	0.0971	0.0620	0.0090
24/12/2003	11.2750	0.0968	0.0620	0.0090
25/12/2003	11.2750	0.0968	0.0620	0.0090
26/12/2003	11.2350	0.0970	0.0638	0.0090
27/12/2003	11.2350	0.0969	0.0638	0.0090
28/12/2003	11.2350	0.0969	0.0638	0.0090
29/12/2003	11.2200	0.0967	0.0638	0.0089
30/12/2003	11.2265	0.0959	0.0638	0.0089
31/12/2003	11.2285	0.0959	0.0638	0.0089
01/01/2004	11.2285	0.0959	0.0638	0.0089
02/01/2004	11.0750	0.0980	0.0612	0.0089
03/01/2004	11.0750	0.0957	0.0612	0.0089
04/01/2004	11.0750	0.0950	0.0612	0.0089

Tabla 2.1



Empleando el método *Black & Scholes* se obtiene la tabla 2.2 que muestra los resultados correspondientes, suponiendo que cada opción ampara un dólar. Las filas sombreadas son los días hábiles, el viernes 30 de enero de 2004 es la fecha de vencimiento y único día en que las opciones pueden ser ejercidas.

FECHA	COMPRA	$p$	$M_i$	$M_v$	$\Delta$	$\Gamma$	$\Lambda$	$P_i$	$P_r$	E
01/12/2003	11.3880	0.1988	0.3108		-0.5067	0.8393	0.0185	-0.0099	0.0096	D
02/12/2003	11.3240	0.2324	0.4084	0.0977	-0.5622	0.8610	0.0185	-0.0108	0.0104	D
03/12/2003	11.2585	0.2664	0.5079	0.0995	-0.6221	0.9277	0.0189	-0.0117	0.0113	D
04/12/2003	11.2420	0.2706	0.5286	0.0207	-0.6311	0.9445	0.0189	-0.0117	0.0112	D
05/12/2003	11.2050	0.2944	0.5894	0.0608	-0.6646	0.9888	0.0193	-0.0120	0.0116	D
06/12/2003	11.2050	0.2935	0.5885	-0.0009	-0.6683	1.0061	0.0192	-0.0119	0.0114	D
07/12/2003	11.2050	0.2932	0.5882	-0.0003	-0.6713	1.0191	0.0191	-0.0117	0.0113	D
08/12/2003	11.2310	0.2751	0.5441	-0.0441	-0.6526	1.0075	0.0186	-0.0112	0.0108	D
09/12/2003	11.1620	0.3213	0.6593	0.1152	-0.7145	1.1189	0.0199	-0.0120	0.0115	D
10/12/2003	11.2300	0.2717	0.5417	-0.1176	-0.6632	1.0630	0.0184	-0.0109	0.0106	D
11/12/2003	11.1380	0.3456	0.7076	0.1659	-0.7508	1.2369	0.0208	-0.0121	0.0116	D
12/12/2003	11.1380	0.3455	0.7075	-0.0001	-0.7543	1.2589	0.0208	-0.0119	0.0114	D
13/12/2003	11.1380	0.3447	0.7067	-0.0008	-0.7590	1.2919	0.0208	-0.0117	0.0113	D
14/12/2003	11.1380	0.3446	0.7066	-0.0001	-0.7626	1.3164	0.0207	-0.0115	0.0111	D
15/12/2003	11.3150	0.2234	0.4084	-0.2982	-0.6068	1.0424	0.0167	-0.0091	0.0088	D
16/12/2003	11.2550	0.2590	0.5040	0.0956	-0.6693	1.1409	0.0175	-0.0097	0.0094	D
17/12/2003	11.2490	0.2625	0.5135	0.0095	-0.6783	1.1676	0.0175	-0.0096	0.0093	D
18/12/2003	11.2250	0.2732	0.5482	0.0347	-0.6973	1.2153	0.0177	-0.0097	0.0093	D
19/12/2003	11.2250	0.2729	0.5479	-0.0003	-0.7011	1.2368	0.0176	-0.0095	0.0092	D
20/12/2003	11.2250	0.2725	0.5475	-0.0003	-0.7050	1.2594	0.0175	-0.0093	0.0090	D
21/12/2003	11.2250	0.2721	0.5471	-0.0005	-0.7093	1.2850	0.0174	-0.0091	0.0088	D
22/12/2003	11.3100	0.2150	0.4050	-0.1421	-0.6273	1.1653	0.0156	-0.0079	0.0077	D
23/12/2003	11.2660	0.2433	0.4773	0.0724	-0.6761	1.2457	0.0162	-0.0083	0.0080	D
24/12/2003	11.2750	0.2363	0.4613	-0.0160	-0.6715	1.2580	0.0159	-0.0080	0.0078	D
25/12/2003	11.2750	0.2358	0.4608	-0.0006	-0.6756	1.2820	0.0158	-0.0079	0.0076	D
26/12/2003	11.2350	0.2620	0.5270	0.0662	-0.7183	1.3875	0.0165	-0.0081	0.0078	D
27/12/2003	11.2350	0.2615	0.5265	-0.0005	-0.7232	1.4214	0.0164	-0.0079	0.0077	D
28/12/2003	11.2350	0.2612	0.5262	-0.0004	-0.7281	1.4555	0.0163	-0.0077	0.0075	D
29/12/2003	11.2200	0.2716	0.5516	0.0255	-0.7484	1.5437	0.0167	-0.0077	0.0075	D
30/12/2003	11.2265	0.2656	0.5391	-0.0125	-0.7490	1.5827	0.0165	-0.0075	0.0072	D
31/12/2003	11.2285	0.2638	0.5353	-0.0038	-0.7524	1.6203	0.0163	-0.0073	0.0070	D
01/01/2004	11.2285	0.2635	0.5350	-0.0003	-0.7580	1.6685	0.0163	-0.0071	0.0069	D
02/01/2004	11.0750	0.3943	0.8193	0.2843	-0.8873	2.7563	0.0258	-0.0079	0.0076	D
03/01/2004	11.0750	0.3935	0.8185	-0.0008	-0.8981	3.0925	0.0272	-0.0078	0.0075	D
04/01/2004	11.0750	0.3937	0.8187	0.0002	-0.9050	3.3443	0.0281	-0.0075	0.0072	D

Tabla 2.2

En la práctica cada contrato ampara cien activos y es importante saber que el método Binomial para opciones europeas de venta converge al precio de emisión de la tabla 2.2 al emplear 50 periodos, sin embargo al considerar los 100 bienes subyacentes por cada opción emitida, la diferencia en la valuación es notoria.



2. Calcular el precio de las opciones americanas, la aportación inicial mínima, la liquidación diaria, las coberturas: Delta, Gamma, Vega, Rho y el estado del contrato hasta el jueves 11 de diciembre de 2003 suponiendo que el precio de liquidación al vencimiento es de \$ 11.50, el tiempo de vencimiento es de 60 días, las opciones son emitidas al descubierto y el ejercicio es en especie. Emplear 50 periodos.

Empleando el método Binomial se obtiene la tabla 2.3 que muestra los resultados correspondientes, suponiendo que cada opción ampara un dólar. Las filas sombreadas son los días hábiles, días en que las opciones pueden ser ejercidas.

FECHA	COMPRA	$p$	$M_i$	$M_v$	$\Delta$	$\Gamma$	$\Lambda$	$P_i$	$P_r$	E
01/12/2003	11.3880	0.2118	2.4894		-0.5551	0.9935	0.0181	-0.0065	0.0068	D
02/12/2003	11.3240	0.2491	2.5139	0.0245	-0.6194	1.0134	0.0167	-0.0065	0.0068	D
03/12/2003	11.2585	0.2867	2.5384	0.0245	-0.6957	1.0585	0.0158	-0.0061	0.0065	D
04/12/2003	11.2420	0.2945	2.5429	0.0045	-0.7197	1.1114	0.0147	-0.0056	0.0060	D
05/12/2003	11.2050	0.3219	2.5629	0.0200	-0.7595	1.0980	0.0129	-0.0052	0.0057	D
06/12/2003	11.2050	0.3208	2.5618	-0.0011	-0.7633	1.1069	0.0127	-0.0051	0.0056	D
07/12/2003	11.2050	0.3203	2.5613	-0.0005	-0.7658	1.1114	0.0126	-0.0050	0.0055	D
08/12/2003	11.2310	0.2995	2.5457	-0.0156	-0.7414	1.1373	0.0129	-0.0051	0.0056	D
09/12/2003	11.1620	0.3520	2.5844	0.0387	-0.8245	1.1326	0.0111	-0.0039	0.0047	D
10/12/2003	11.2300	0.2963	2.5423	-0.0421	-0.7548	1.1772	0.0125	-0.0048	0.0053	D
11/12/2003	11.1380	0.3732	2.6008	0.0585	-0.8489	1.0534	0.0098	-0.0038	0.0046	D

Tabla 2.3

Las opciones son emitidas al descubierto, con ejercicio en especie y dentro de dinero por lo cual la aportación inicial mínima incluye el valor de las opciones y \$ 2.2776 que los emisores anexan para la aportación inicial mínima. La cobertura delta indica que existe el 55.51 % de probabilidad de que las opciones sea ejercidas en el momento de la emisión y mientras el precio de mercado no cambie, además los inversionistas pueden cubrir su postura adquiriendo 0.5551 dólares por cada opción emitida, minimizando las pérdidas potenciales a corto plazo. La cobertura gamma sugiere a los emisores adquirir 0.9935 dólares por cada opción emitida, minimizando las pérdidas potenciales a mediano plazo.

Durante el transcurso de la semana los emisores pueden disponer \$ 0.0935 por cada opción emitida, sin embargo desde el sábado 6 de diciembre la liquidación diaria requiere aportaciones, por lo que el lunes 8 de diciembre reciben llamada para realizar la aportación de \$ 0.0172 por cada opción emitida. Las coberturas delta y gamma indican el incremento en la probabilidad de que las opciones sean ejercidas.

# CAPÍTULO III

## CAPÍTULO III INGENIERÍA DE SOFTWARE Y BASES DE DATOS

*La inteligencia:*

*Es la facultad de fabricar objetos artificiales, en especial herramientas para crear herramientas.*

*Henry Bergson.*

### OBJETIVOS

Conocer la secuencia de actividades para el desarrollo de aplicaciones computacionales.

Describir los métodos y las directrices para gestionar el desarrollo de *software*.

Describir el lenguaje de modelado unificado y el conjunto de diagramas como la herramienta para modelar sistemas.

Describir los componentes y ventajas de los sistemas de bases de datos.

Describir los modelos lógicos de datos, en particular el modelo Entidad Relación.

Conocer los lenguajes de bases de datos.

Describir las cualidades y funciones de los sistemas gestores de bases de datos.

Describir los aspectos del modelo relacional de datos.



## **SISTEMA**

*Conjunto de elementos relacionados.*

Los sistemas son estructuras de conceptos, objetos y sujetos, esto es, son agregados de entidades. Están compuestos de otros sistemas llamados subsistemas o los que comprenden otros sistemas llamados sistemas integrales.

## **HARDWARE**

*Dispositivos de los sistemas de cómputo que proporcionan la capacidad de computar.*

Por nombrar algunos se tiene la Unidad de Procesamiento Central (**CPU**), dispositivos de almacenamiento interno (**RAM** y **ROM**), dispositivos de almacenamiento externo (Discos duros, **CDROM**, Cintas magnéticas y Discos flexibles), dispositivos de entrada (Teclado, Ratón, Escáner, Palanca de juegos) y de salida (Monitor, Impresora, Bocinas).

## **SOFTWARE**

*Colección de programas, procedimientos, reglas y datos de computadora, así como la documentación asociada.*

Los programas son usados por el autor, tienen poca documentación para ser utilizados por usuarios en general. Los sistemas son usados por muchos usuarios con diferentes intereses y conocimientos por lo cual es necesario que las interfaces sean amigables, tienen la documentación suficiente y son probados mediante estándares de calidad.

El *software* se divide en las dos categorías siguientes:

### **1. SISTEMAS OPERATIVOS**

*Controlan los recursos y gestionan los trabajos realizan las computadoras.*

### **2. PROGRAMAS DE APLICACIÓN**

*Realizan multitud de tareas para los usuarios de computadoras.*

## **USUARIOS**

*Individuos que usan y operan el hardware y el software.*

Los usuarios se clasifican como:

### **PROGRAMADORES DE APLICACIONES**

*Profesionales en cómputo que interactúan con el sistema a través de llamadas por medio de lenguajes de manipulación de datos inmersos en programas escritos en algún lenguaje huésped (PHP, HTML, SQL, Lenguaje C) o programas de aplicación.*

### **USUARIOS SOFISTICADOS**

*Interactúan con el sistema sin escribir programas, solicitan a los programas de aplicación por medio de lenguajes de consulta.*

### **USUARIOS ESPECIALIZADOS**

*Usuarios sofisticados que escriben aplicaciones especializadas que no entran en el marco de procesamiento de datos tradicional (Datos gráficos y de audio).*

### **USUARIOS NAVEGADORES**

*Usuarios no sofisticados que interactúan con el sistema a través de programas de navegación en la red.*

## **INGENIERÍA DE SOFTWARE**

*Rama de las ciencias de la computación que ofrece métodos y técnicas para desarrollar y mantener la calidad de software para la solución de problemas.*

Se aplica en el control de tráfico, estadística, finanzas, investigación científica, leyes, medicina, meteorología, negocios, recreación, entre otras.

### **CICLO DE VIDA**

*El desarrollo de software está compuesto de las fases siguientes: Análisis de requerimientos y especificación, diseño de software, implementación, validación y mantenimiento.*

### **ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIÓN**

*Identificar y documentar los requerimientos exactos del sistema.*

Los requisitos de rendimiento y las limitaciones de recursos se traducen en las características para el diseño del *software*. El resultado de esta fase es el documento donde se establece lo que debe hacer el sistema, prototipo de los manuales de usuario, estudio de estimación de tiempo y costo, así como la viabilidad del proyecto.

## **DISEÑO DE SOFTWARE**

*Documento de especificación y diseño donde se identifican los módulos e interfaces del sistema.*

## **IMPLEMENTACIÓN (CODIFICACIÓN)**

*Elegir, sobre todas las posibles maneras, como el sistema debe de ser codificado cumpliendo con el diseño de especificación.*

Los desarrolladores de *software* generan los programas que usan algún lenguaje de programación apropiado.

## **VALIDACIÓN**

*Evaluar la calidad de implementación del sistema.*

El *software* se prueba con la finalidad de encontrar el mayor número de errores antes de enviar el producto a los usuarios. En el momento en que el producto es entregado a los usuarios se comienza el mantenimiento, la corrección de errores y el mejoramiento del sistema.

## **MANTENIMIENTO**

*Cambios requeridos por el sistema debido a la detección de fallas, a la necesidad de agregar nuevas capacidades o mejorar las existentes.*

## **MÉTODOS PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE**

*Conjunto de actividades unidas con la relación de orden entre ellas.*

El resultado del producto no solo incluye el programa final, este viene acompañado de manuales de usuario, documentos de análisis, documentos de diseño, implementación, plan de pruebas y resultados finales.

## **MÉTODO CASCADA**

*Las fases tienen orden lineal.*



La secuencia de actividades es la siguiente: Análisis de requerimientos, planeación del proyecto, diseño del sistema, diseño detallado, codificación, integración del sistema y pruebas finales.



Diagrama 3.1

El diagrama 3.1 muestra las fases de desarrollo y los resultados intermedios del método cascada.

## MÉTODO DE PROTOTIPOS

*El sistema se desarrolla basándose en los requerimientos conocidos.*

El desarrollo requiere de las fases siguientes: Diseño, implementación y pruebas. El prototipo es probado con los clientes, lo que les permite comprender los requerimientos del sistema que desean. El programa final es un sistema mejor diseñado ya que se adapta a las necesidades de los clientes.

## MÉTODO DE MEJORAMIENTO ITERATIVO

*El sistema se desarrolla en forma incremental.*

El desarrollo contempla las fases siguientes: Diseño, realización y análisis. El primer paso es la implementación del subconjunto de todo el problema. El subconjunto es el que contiene los aspectos clave para entender e implementar el problema. Se diseña, se implementa, se prueba y se desarrolla el análisis parcial del sistema, repitiendo el proceso hasta la implementación final. Cada incremento agrega nuevas capacidades funcionales al sistema hasta completarlo totalmente.

El diagrama 3.2 muestra las fases de desarrollo del método de prototipos.



Diagrama 3.2

El diagrama 3.3 muestra las fases de desarrollo del método de mejoramiento iterativo.

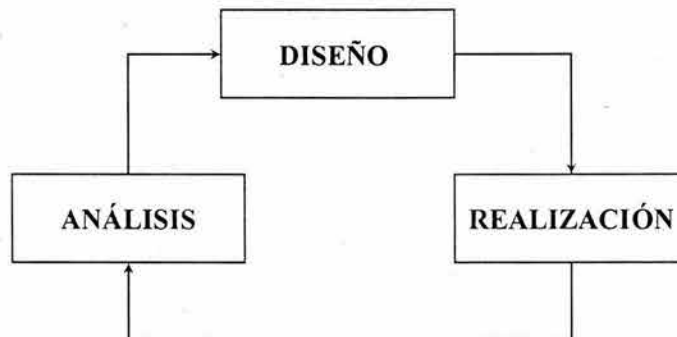


Diagrama 3.3

## MÉTODO ESPIRAL

*Las actividades se organizan como una espiral.*

El desarrollo contempla los ciclos siguientes: Identificar objetivos, alternativas y reglas de seguridad; Evaluar alternativas, identificar y minimizar riesgos; Desarrollar y verificar el producto para el nivel siguiente; Planeación del siguiente ciclo. La dimensión radial representa el costo y la dimensión angular el progreso.

El diagrama 3.4 muestra las fases de desarrollo del método espiral.

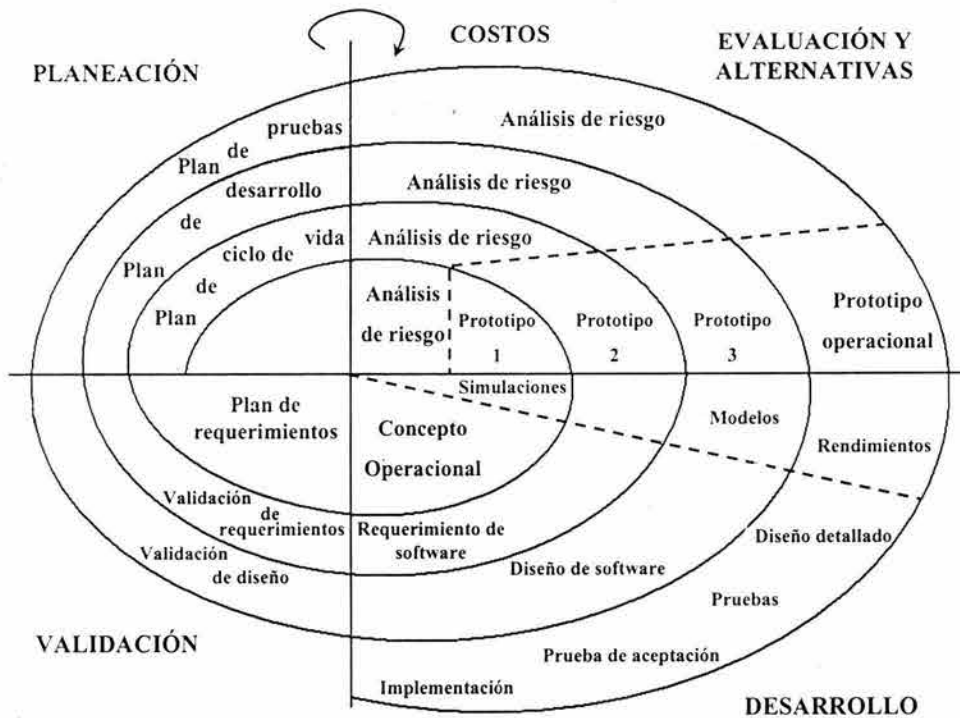


Diagrama 3.4

## GESTIONAR EL DESARROLLO DE SOFTWARE

*Dirigir, organizar, planear, delegar y monitorear eficientemente el trabajo de cada persona involucrada, para asegurar el progreso del proyecto.*

Las principales directrices para gestionar el proyecto de desarrollo son las siguientes:

### PROCESOS

*El administrador debe asegurar que los procesos de desarrollo siguen los lineamientos establecidos.*

### RECURSOS

*El administrador debe colocar los recursos óptimamente mientras se minimizan los requerimientos del proyecto.*

### ESQUEMA DE DESARROLLO

*El administrador determina el esquema de desarrollo realista y asegura que éste sea respetado.*



La administración exitosa deposita la calidad del *software* en las necesidades de los usuarios.

## MODELAR EL SISTEMA

*Parte central de las actividades que dirigen el buen desarrollo del software.*

El modelo se define como la simplificación de la realidad. Debe proveer los planos de creación del sistema, los cuales, deben incluir los elementos que tienen efecto sobre el sistema y omitir los irrelevantes.

## LENGUAJE DE MODELADO UNIFICADO

*Se emplea para modelar sistemas desde los conceptos hasta la ejecución, administrar y dirigir las escalas de complejidad en herencia y misión crítica, empleando técnicas orientadas a objetos.*

Lenguaje gráfico creado para visualizar, especificar y documentar las fases del desarrollo de *software*. Provee el vocabulario y las reglas para comunicar, se emplea para visualizar los planos del sistema.

Los diagramas más importantes son los siguientes:

### DIAGRAMA DE CLASES

*Sirve para visualizar las relaciones entre las clases del sistema.*

### CLASE

*Unidad básica que encapsula la información de los objetos. Está compuesta por atributos, métodos y visibilidad.*

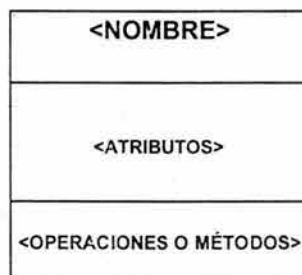


Ilustración 3.1

La ilustración 3.1 muestra gráficamente la simbología de una clase.

Los atributos que caracterizan a la clase son:

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
<b>PÚBLICOS (+)</b>	<i>El atributo es visible dentro y fuera de la clase.</i>
<b>PRIVADOS (-)</b>	<i>El atributo es accesible dentro de la clase. Solo sus métodos pueden accederlo.</i>
<b>PROTEGIDOS (#)</b>	<i>El atributo no es accesible desde fuera de la clase, pero los métodos de las clases y subclases pueden accederlo.</i>

Las operaciones o métodos son la forma como interactúa el objeto con su entorno y de acuerdo a su visibilidad son:

VISIBILIDAD	DESCRIPCIÓN
<b>PÚBLICA (+)</b>	<i>El método es visible dentro y fuera de la clase.</i>
<b>PRIVADA (-)</b>	<i>El método es accesible dentro de la clase. Solo sus métodos pueden accederlo.</i>
<b>PROTEGIDA (#)</b>	<i>El método no es accesible desde fuera de la clase, pero los métodos de las clases y subclases pueden accederlo.</i>

## RELACIONES

*Interrelaciones que existen entre clases.*

Cada relación tiene cardinalidad y ésta indica el grado y nivel de dependencia. Los tipos de relación entre clases son:

TIPO	DESCRIPCIÓN
<b>HERENCIA</b>	<i><b>Especialización/Generalización.</b> Indica que las subclases heredan los métodos y atributos especificados por la superclase (pública, protegida). Las subclases poseen sus atributos y métodos, además los atributos y características visibles de la superclase.</i>
<b>AGREGACIÓN POR VALOR</b>	<i><b>Composición.</b> Relación estática donde el tiempo de vida del objeto incluido está condicionado por el tiempo de vida del objeto que lo incluye. El objeto base se construye a partir del objeto incluido.</i>
<b>AGREGACIÓN POR REFERENCIA</b>	<i><b>Agregación.</b> Relación dinámica donde el tiempo de vida del objeto incluido es independiente del que lo incluye. El objeto base utiliza al incluido para su funcionamiento.</i>
<b>ASOCIACIÓN</b>	<i>Asocia objetos que colaboran entre sí. El tiempo de vida de los objetos es independiente, esto es, no es una relación fuerte.</i>
<b>DEPENDENCIA</b>	<i>Relación en la que alguna clase genera ejemplares que dependen de otros objetos u otras clases.</i>

Cada relación es representada mediante símbolos.

## SÍMBOLOS



Ilustración 3.2

La ilustración 3.2 muestra los símbolos de los tipos de relación.

## CLASE ABSTRACTA

*No puede generar ejemplares.*

Los métodos son abstractos, esto es, no están definidos. Para utilizarla es necesario definir subclases.

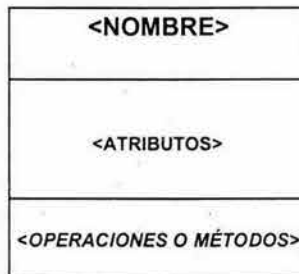


Ilustración 3.3

La ilustración 3.3 muestra gráficamente la simbología de una clase abstracta.

## CLASE PARAMETRIZADA

*Requiere de parámetros para que pueda crear ejemplares.*

La ilustración 3.4 muestra gráficamente la simbología de una clase parametrizada.

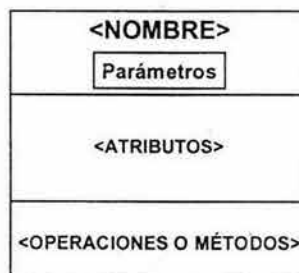


Ilustración 3.4



## DIAGRAMA DE CASOS DE USO

Representa la forma como los actores operan con el sistema y la forma, tipo y orden como los elementos interactúan entre sí.

El diagrama de casos de uso tiene los elementos siguientes:

### ACTOR

Representa la actividad realizada ante el sistema.

### CASO DE USO

Tarea específica realizada después de la orden de algún agente externo.

### RELACIONES

Interacciones entre los casos de uso y los actores.

Los tipos de relación son los siguientes:

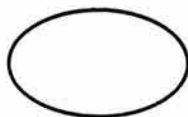
TIPO	DESCRIPCIÓN
<b>ASOCIACIÓN</b>	Indica la invocación desde el actor o caso de uso a otra operación o caso de uso.
<b>DEPENDENCIA</b>	<i>Composición.</i> Relación en la que alguna clase genera ejemplares que dependen de otros objetos u otras clases.
<b>GENERALIZACIÓN DE USO</b>	<i>Uso.</i> Conjunto casos de uso de características similares donde no se desea mantener copia de la descripción de la característica.
<b>GENERALIZACIÓN DE HERENCIA</b>	<i>Herencia.</i> Conjunto de casos de uso similares entre sí.

Cada elemento se representa mediante símbolos.

### SÍMBOLOS



Actor



Caso de Uso



Asociación



Dependencia



Herencia

Ilustración 3.5

La ilustración 3.5 muestra los símbolos de los tipos de relación para los casos de uso.

## DIAGRAMA DE SECUENCIA

Representa la forma en como los actores y clases se comunican entre sí con base a la orden de algún evento.

La representación muestra la secuencia de llamadas y los componentes del diagrama de secuencias son:

1. Objeto o Actor.
2. Mensaje de algún objeto a otro objeto.
3. Mensaje de un objeto a sí mismo.

Cada elemento se representa mediante símbolos.

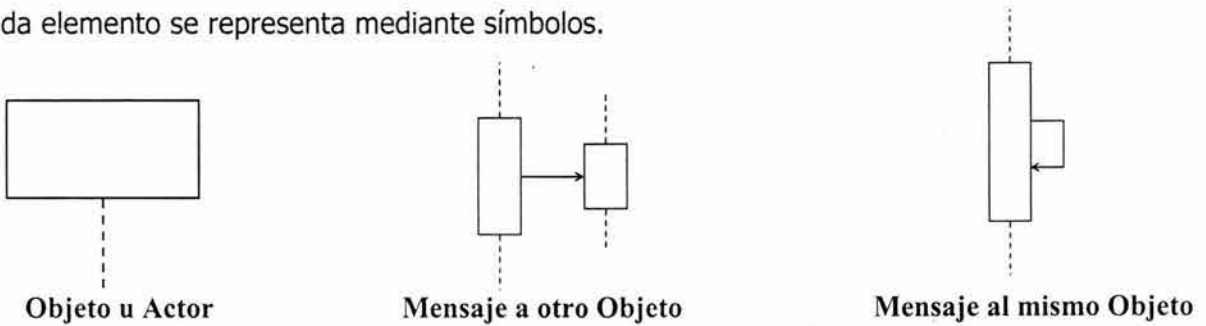


Ilustración 3.6

La ilustración 3.6 muestra los componentes del diagrama de secuencias, en donde las líneas punteadas representan las llamadas a métodos del objeto.

## DIAGRAMA DE PAQUETES

Agrupación de elementos de modelado.

Los paquetes pueden estar anidados en otros paquetes. Cada paquete puede contener paquetes subordinados así como otros elementos de modelado, ya que los elementos de modelado pueden ser organizados en paquetes.

Los paquetes poseen elementos de modelado y fragmentos de modelado, que son la base para el control de configuración, almacenamiento y acceso. Cada elemento puede estar contenido en solo un paquete, por lo que la jerarquía del paquete es un árbol.

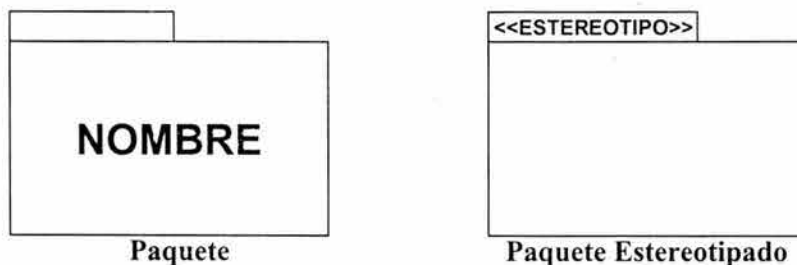


Ilustración 3.7

La ilustración 3.7 muestra la simbología del diagrama de paquetes.

## DIAGRAMA DE INSTALACIÓN

*Muestra la configuración de los elementos de procesamiento en tiempo de ejecución, componentes de software, proceso y objetos que viven en estos.*

La ilustración 3.8 muestra la simbología del diagrama de instalación.

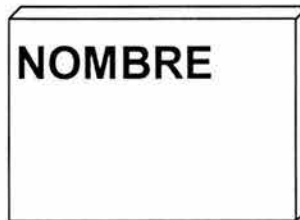


Ilustración 3.8

## SISTEMAS DE BASES DE DATOS

*Colección de datos almacenados por medio de un sistema gestor de bases de datos.*

Los sistemas de bases de datos comprenden cuatro componentes principales: Datos, Hardware, Software y Usuarios.

### DATOS

*Representaciones abstractas de la realidad que describen las características de los objetos. Pueden ser compartidos o integrados.*

DATOS	DESCRIPCIÓN
COMPARTIDOS	<i>Las partes individuales de la base de datos pueden ser compartidas por usuarios diferentes, donde cada usuario puede acceder a la misma parte de datos con fines diferentes.</i>
INTEGRADOS	<i>La base de datos como la unificación de varios archivos, donde la redundancia entre ellos es eliminada parcialmente.</i>

### HARDWARE

*Dispositivos de los sistemas de cómputo que proporcionan la capacidad de computar.*

En este caso los procesadores, memoria principal asociada a los usuarios para apoyar la ejecución del *software* del sistema de bases de datos, los volúmenes de almacenamiento como los discos duros, dispositivos de entrada y salida (**E/S**), controladores de dispositivos y canales de E/S.



## SOFTWARE

*Colección de programas, procedimientos, reglas y datos de computadora, así como la documentación asociada.*

Entre la base de datos y los usuarios del sistema está el sistema gestor de bases de datos.

## USUARIOS

*Individuos que usan y operan el hardware y el software.*

En los sistemas gestores de bases de datos se consideran tres clases de usuarios: Administradores, programadores y usuarios finales.

## ADMINISTRADOR DE DATOS

*Persona que toma las decisiones políticas y estratégicas con respecto al manejo de los datos de la organización.*

## ADMINISTRADOR DE LA BASE DE DATOS

*Responsable del sistema a nivel técnico.*

Los administradores de la base de datos están encargados de crear la base de datos e implementar los controles técnicos necesarios para hacer cumplir las decisiones de políticas y estrategias definidas por los administradores de datos.

Las actividades que desarrollan son las siguientes:

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
<b>DEFINIR EL ESQUEMA CONCEPTUAL</b>	<i>Diseño lógico: Definir el contenido de la base de datos. Identificar las entidades de interés para la organización e identificar la información que es necesario registrar en las entidades.</i>
<b>DEFINIR EL ESQUEMA INTERNO</b>	<i>Diseño físico: Definir la representación de la información en la base de datos. Definir la estructura de almacenamiento más conveniente para la organización.</i>
<b>ESTABLECER LOS ENLACES CON LOS USUARIOS</b>	<i>Diseño de aplicaciones y capacitación técnica. Enlace con los usuarios para garantizar que los datos necesarios estén disponibles y darles a conocer la forma de obtenerlos.</i>
<b>DEFINIR RESTRICCIONES DE SEGURIDAD E INTEGRIDAD</b>	<i>Esquema conceptual: Establecer los niveles de acceso y funciones de cada nivel, así como garantizar el control de cambios en la información conociendo cada acción realizada por cada usuario del sistema. Permite identificar a los posibles autores de los cambios en la información del sistema.</i>

## PROGRAMADORES DE APLICACIONES

*Responsables de escribir los programas de aplicación de la base de datos en algún lenguaje de programación para permitir a los usuarios finales el acceso a la base de datos desde alguna estación de trabajo o terminal en línea.*

## USUARIOS FINALES

*Interactúan con el sistema desde estaciones de trabajo o terminales en línea.*

Tienen acceso a la base de datos a través de aplicaciones o mediante las interfaces proporcionadas como parte integral del sistema de bases de datos. Las interfaces controladas a través de menús, facilitan el uso del sistema a los usuarios que no cuentan con capacitación formal.

Los usuarios pueden realizar, en el sistema de bases de datos, las operaciones siguientes:

1. Agregar entidades en la base de datos.
2. Insertar datos en las entidades existentes.
3. Recuperar datos de las entidades existentes.
4. Actualizar datos de las entidades existentes.
5. Eliminar datos de las entidades existentes.
6. Eliminar entidades de la base de datos.

## VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE BASES DE DATOS

*Eficiencia en comparación con otros métodos.*

**COMPACTACIÓN:** *No se requiere de archivos voluminosos.*

**VELOCIDAD:** *Se actualizan, consultan y modifican los datos más eficientemente.*

**DISPONIBILIDAD:** *Se cuenta con información precisa y actualizada.*

**DATOS COMPARTIDOS:** *Las actualizaciones, consultas y modificaciones son multiusuario.*

**MINIMIZACIÓN DE REDUNDANCIA:** *Se puede evitar la existencia de información repetida.*

**EVITA INCONSISTENCIAS:** *Garantiza que los datos estén relacionados adecuadamente.*

**ATOMICIDAD:** *Las operaciones se realizan completamente o no se realizan.*

**INTEGRIDAD:** *Garantiza la congruencia de los datos de acuerdo a las restricciones del tipo.*

**SEGURIDAD:** *Garantiza el uso de funciones de acuerdo al nivel de acceso de los usuarios.*

## INDEPENDENCIA DE DATOS

*Inmunidad de las aplicaciones ante los cambios en la estructura de almacenamiento y técnica de acceso.*

Habilidad para modificar el esquema de definición, a nivel de diseño, sin afectar otros esquemas de definición.

Los niveles de independencia de datos son: Física y lógica.

<b>INDEPENDENCIA DE DATOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>FÍSICA</b>	<i>Habilidad para modificar el esquema físico sin que los programas de aplicación sean reescritos.</i>
<b>LÓGICA</b>	<i>Habilidad para modificar el esquema lógico sin que los programas de aplicación sean reescritos.</i>

Para lograr la independencia de los datos se tiene las consideraciones siguientes:

1. Cada aplicación requiere una vista diferente de los mismos datos.
2. El administrador de la base de datos tiene la libertad para modificar la estructura de almacenamiento, la técnica de acceso o ambas para adaptarlas a los requerimientos de la organización sin tener que modificar las aplicaciones existentes.

## MODELOS LÓGICOS DE DATOS

*Definición lógica, independiente y abstracta de los objetos y operadores que en conjunto constituyen la máquina con la que interactúan los usuarios.*

Los objetos del modelo de datos permiten modelar la estructura de los datos, mientras que los operadores permiten modelar el comportamiento de los datos. Los sistemas de bases de datos se clasifican de acuerdo a la descripción de los datos, relaciones de los datos, semántica de los datos y consistencia de los datos.

### MODELO LÓGICO ORIENTADO A OBJETOS

*Describen los datos a nivel lógico y de vistas, proveen capacidades de estructuración flexibles y permiten validar los datos explícitamente.*

Algunos de estos modelos son:

1. Modelo Entidad Relación.
2. Modelo Orientado a Objetos.
3. Modelo Semántico de Datos.
4. Modelo Funcional de Datos.

### MODELO LÓGICO BASADO EN REGISTROS

*Describen los datos a nivel lógico y de vistas, especifican la estructura lógica de la base de datos y proveen la descripción de alto nivel para el desarrollo de las aplicaciones.*



Algunos de estos modelos son:

1. Modelo Relacional.
2. Modelo de Red.
3. Modelo Jerárquico.

## MODELO DE DATOS FÍSICO

*Describen los datos en los niveles más bajos, capturan aspectos del desarrollo de la base de datos.*

Los modelos físicos más usados son:

1. Modelo Unificado.
2. Modelo de Memoria.

## MODELO ENTIDAD RELACIÓN

*Está basado en la percepción del mundo real que consiste en la colección de objetos básicos, llamados entidades y las relaciones entre las entidades.*

El modelo está fundamentado en la Lógica y en las Matemáticas.

OBJETO	DEFINICIÓN
<b>ATRIBUTO</b>	<i>Característica que define a los objetos.</i>
<b>ENTIDAD</b>	<i>Objeto real o abstracto que se distingue de otros objetos. Se describe por medio de cierto conjunto de atributos.</i>
<b>RELACIÓN</b>	<i>Asociación entre varias entidades.</i>

El modelo Entidad Relación representa la forma y las reglas de validación para estructurar el contenido de la base de datos. Para lo cual son necesarios los diagramas Entidad Relación, por medio de los cuales se representa gráficamente la estructura lógica de la base de datos.

## DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN

*Técnica para representar gráficamente la estructura lógica de las bases de datos.*

Proporciona el medio para comprender y comunicar las características del diseño de la base de datos.

Los atributos pueden ser: Simples o compuestos, únicos o multivaluados, vacíos aplicables o vacíos no aplicables, derivados y llave principal. Los atributos se representan como elipses que contienen el nombre del atributo y se conectan a las entidades, relaciones o atributos mediante una línea continua. Los atributos compuestos se representan conectando los atributos componentes en elipses adicionales que se conectan mediante líneas continuas a la elipse del atributo compuesto. Los atributos multivaluados se representan como elipses dobles, los derivados con elipses punteadas y los que son llave principal tienen el nombre del atributo subrayado.

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN
<b>SIMPLES</b>	<i>No se pueden descomponer.</i>
<b>COMPUESTOS</b>	<i>Se pueden descomponer en varios atributos simples.</i>
<b>ÚNICOS</b>	<i>Tienen valor único.</i>
<b>MULTIVALUADOS</b>	<i>Tienen varios valores.</i>
<b>VACÍOS</b>	<i>Aplicables: Describen características propias de la entidad. No aplicables: No describen características propias de la entidad.</i>
<b>DERIVADOS</b>	<i>Se obtienen a partir de otros atributos.</i>
<b>LLAVE PRINCIPAL</b>	<i>Identifican de forma única a la entidad.</i>

Los atributos se representan mediante los símbolos siguientes:



Ilustración 3.9

La ilustración 3.9 muestra los símbolos que representan a los atributos.

Las entidades pueden ser: Fuertes o débiles. Las entidades fuertes se representan como rectángulos que contienen el nombre de la entidad y se conectan a las relaciones y atributos. Las débiles como rectángulos dobles.

ENTIDADES	DESCRIPCIÓN
<b>FUERTES</b>	<i>Su existencia no depende de la de otra entidad y cuenta con los atributos suficientes para identificar de forma única a cada registro de la entidad (Llave principal).</i>
<b>DÉBILES</b>	<i>Su existencia depende de la de otra entidad y no cuenta con los atributos suficientes para identificar de forma única a cada registro de la entidad.</i>

Las entidades se representan mediante los símbolos siguientes:

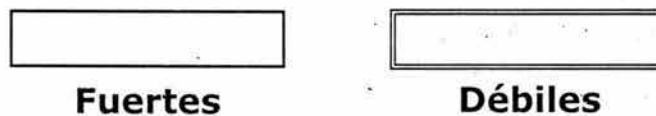


Ilustración 3.10

La ilustración 3.10 muestra los símbolos que representan a las entidades.

Las relaciones pueden ser: Fuertes o débiles. Las relaciones fuertes se representan como rombos que contienen el nombre de la relación. Las débiles se representan como rombos dobles cuando están entre la entidad débil y de la que depende su existencia. Las entidades participantes de cada relación se conectan mediante líneas continuas etiquetadas con la cardinalidad de la relación. Si la participación es total, entonces las relaciones se representan con líneas dobles.



RELACIONES	DESCRIPCIÓN
<b>FUERTES</b>	Se encuentran entre entidades fuertes.
<b>DÉBILES</b>	Se encuentran entre las entidades débiles y de las que depende su existencia.

Las relaciones se representan mediante los símbolos siguientes:

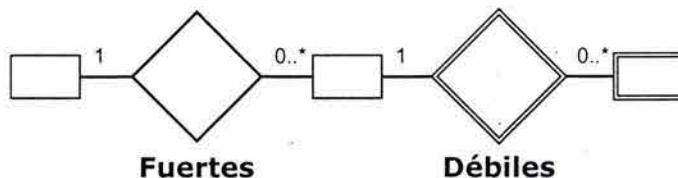


Diagrama 3.5

El diagrama 3.5 representa gráficamente a las relaciones.

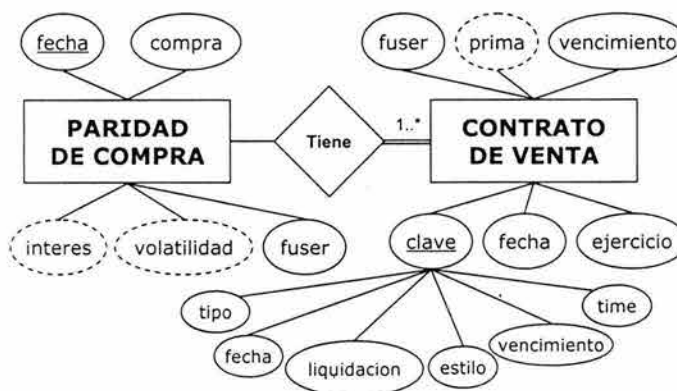


Diagrama 3.6

El diagrama 3.6 representa gráficamente a las entidades fuertes *paridad de compra* y *contrato de venta*, con el conjunto de atributos correspondientes, donde la relación fuerte *tiene* indica que la paridad de compra puede tener varios contratos de venta y cada contrato de venta tiene asociada solo una paridad de compra, además la participación es total ya que todo contrato de venta tiene paridad de compra (Sin embargo, formalmente la existencia de la entidad fuerte *contrato de venta* no depende la entidad fuerte *paridad de compra*).

## MODELO ORIENTADO A OBJETOS

*Basado en objetos.*

Los objetos contienen valores almacenados en variables, contienen cuerpo formado por código encargado de operar con el objeto que lo contiene. Los cuerpos formados por código son llamados métodos. La forma única en que los objetos pueden acceder datos de otro objeto es por la invocación del método de ese objeto, lo que es llamado envío de mensajes al objeto.

Los objetos que contienen los mismos tipos de valores y los mismos métodos se agrupan en clases. Las clases son la definición de tipos para los objetos.



## LENGUAJES DE BASES DE DATOS

*Son para especificar el esquema de la base de datos y expresar las actualizaciones y consultas a la base de datos.*

### LENGUAJE DE DEFINICIÓN DE DATOS

*Especifica el esquema de la base de datos por medio de cierto conjunto de expresiones.*

Al compilar el conjunto de expresiones se obtiene el conjunto de tablas en el archivo especial que recibe el nombre de directorio de datos. El directorio de datos es el archivo especial que contiene metadatos, esto es, datos acerca de los datos. El diccionario de datos es leído antes que cualquier otro dato de la base de datos sea leído o modificado.

Las estructuras de almacenamiento y los métodos de acceso usados por el sistema de bases de datos están especificados por el conjunto de definiciones del tipo especial llamado lenguaje de almacenamiento y definición de datos. Al compilar las definiciones se obtiene el conjunto de instrucciones que especifican el desarrollo detallado de los esquemas de la base de datos.

### LENGUAJE DE MANIPULACIÓN DE DATOS

*Permite a los usuarios acceder a datos organizados por el modelo apropiado.*

El acceso a datos organizados comprende:

1. Acceder a datos almacenados en la base de datos.
2. Insertar datos en la base de datos.
3. Actualizar datos en la base de datos.
4. Eliminar datos de la base de datos.

Se consideran dos tipos de lenguajes de manipulación de datos: Procedurales y no procedurales.

LENGUAJES	DESCRIPCIÓN
PROCEDURALES	<i>Requieren de algún usuario para especificar los datos necesarios y especificar como conseguirlos.</i>
NO PROCEDURALES	<i>Requieren de algún usuario para especificar los datos necesarios sin especificar como conseguirlos.</i>

## SQL

*Estándar internacional del lenguaje de bases de datos.*

El significado original: Lenguaje estructurado de consultas.

SQL está lejos de ser el lenguaje relacional perfecto ya que padece faltas de omisión, sin embargo, es el estándar, por lo que es soportado por la mayoría de los productos del mercado y todo profesional de bases de datos debe conocerlo.

En la actualidad hay varias versiones, sin embargo todas están integradas por: Lenguaje de definición de datos, lenguaje de manipulación de datos interactivo, lenguaje agregado, lenguaje de definición de vistas, lenguaje de seguridad, lenguaje de integridad y lenguaje de control de transacciones.

<b>LENGUAJE</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>DE DEFINICIÓN DE DATOS</b>	<i>Conjunto de comandos para definir esquemas de relación, creación de índices y modificación de esquemas de relación.</i>
<b>DE MANIPULACIÓN DE DATOS INTERACTIVO</b>	<i>Incluye el lenguaje de consultas basado en el Álgebra relacional y en el cálculo relacional. Incluye comandos para borrar, insertar y modificar datos en la base de datos.</i>
<b>AGREGADO</b>	<i>Diseñado para uso general mediante lenguajes de programación, entre ellos: C, Cobol, Fortran, Java, Pascal y PL/I.</i>
<b>DE DEFINICIÓN DE VISTAS</b>	<i>Conjunto de comandos de SQL con orden específico empleado que facilita el uso de la serie de comandos repetidos constantemente por los usuarios.</i>
<b>DE SEGURIDAD</b>	<i>Conjunto de comandos para especificar accesos a relaciones y vistas.</i>
<b>DE INTEGRIDAD</b>	<i>Conjunto de comandos para especificar principios de integridad, esto es, los datos deben cumplir con las reglas establecidas por el administrador de la base de datos.</i>
<b>DE CONTROL DE TRANSACCIONES</b>	<i>Conjunto de comandos para especificar el principio y fin de los procesos.</i>

## **SISTEMA GESTOR DE BASES DE DATOS**

*Colección de datos interrelacionados mediante el conjunto de programas que permiten el manejo eficiente de los mismos.*

La meta de los sistemas gestores de bases de datos es la de proveer el ambiente conveniente y eficiente para acceder y almacenar información en la base de datos.

Los sistemas gestores de bases de datos proporcionan las cualidades siguientes:

<b>CUALIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>CONSISTENCIA</b>	<i>El sistema asegura que las actualizaciones de los datos no violan el conjunto de reglas establecidas como propiedades de los datos.</i>
<b>CONCURRENCIA</b>	<i>El sistema permite que varios usuarios accedan a los datos simultáneamente.</i>
<b>CONTROL DE ACCESO</b>	<i>El sistema previene accesos no autorizados basándose en los derechos de cada usuario.</i>
<b>RECUPERACIÓN</b>	<i>El sistema minimiza la pérdida de datos en caso de errores que detengan de forma anormal el sistema.</i>



Las funciones de los sistemas gestores de bases de datos son las siguientes:

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>DEFINICIÓN DE DATOS</b>	Capacidad de aceptar definiciones de datos en la forma fuente (Esquemas externos, esquema conceptual, esquema interno y transformaciones) y transformarlas en la forma objeto correspondiente.
<b>MANIPULACIÓN DE DATOS</b>	Capacidad de manejar peticiones para agregar, actualizar, eliminar o seleccionar datos en la base de datos.
<b>OPTIMIZACIÓN</b>	Las peticiones resultantes de las manipulaciones de datos deben ser procesadas por el optimizador para determinar la forma eficiente de implementar la petición.
<b>EJECUCIÓN</b>	Las peticiones optimizadas son ejecutadas bajo el control del administrador en tiempo de ejecución.
<b>SEGURIDAD</b>	Capacidad de vigilar y rechazar las peticiones de los usuarios que intenten violar las restricciones de seguridad definidas por el administrador de la base de datos.
<b>INTEGRIDAD</b>	Capacidad de vigilar y rechazar las peticiones de los usuarios que intenten violar las restricciones de integridad definidas por el administrador de la base de datos.
<b>DIRECTORIO DE DATOS</b>	Base de datos del sistema que contiene información acerca de los datos (Metadatos o descriptores), esto es, contiene las definiciones de otros objetos del sistema que son almacenadas en el directorio de datos en forma fuente y objeto. En particular, los esquemas (Externos y conceptuales), transformaciones, restricciones de seguridad e integridad.
<b>RENDIMIENTO</b>	Capacidad para realizar las funciones de manera eficiente, aprovechando el espacio, la ejecución de transacciones y minimizar el desperdicio de los recursos.

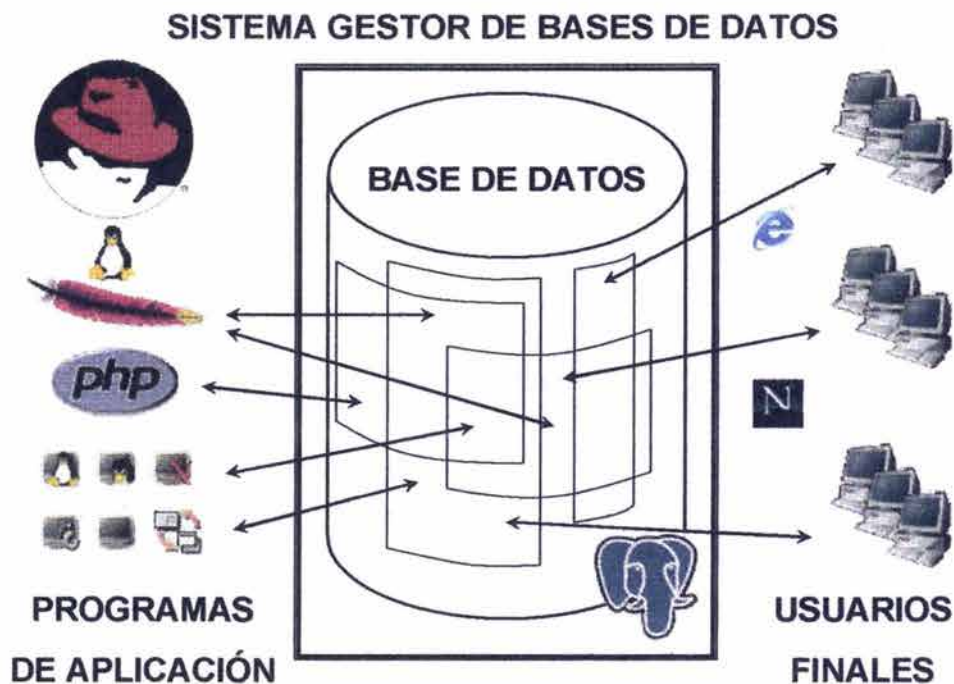


Ilustración 3.11

La ilustración 3.11 muestra la interacción del sistema gestor de bases de datos con las aplicaciones, los usuarios finales y la base de datos.



## MODELO RELACIONAL DE DATOS

*Los sistemas relacionales están basados en fundamentos teóricos formales.*

Los sistemas relacionales tienen los aspectos siguientes:

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
<b>ESTRUCTURAL</b>	<i>Los usuarios perciben la información de la base de datos como tablas.</i>
<b>DE INTEGRIDAD</b>	<i>Las tablas satisfacen las restricciones de integridad.</i>
<b>DE MANIPULACIÓN</b>	<i>Los usuarios cuentan con operadores para manipular las tablas.</i>

Los operadores para manipular tablas son los siguientes:

1. Operación restringir (Seleccionar).
2. Operación proyectar (Extraer).
3. Operación juntar (Reunir).

El modelo relacional de datos consta de los cinco componentes siguientes:

1. Conjunto de tipos escalares.
2. Generador de tipos de relación e interpretación propuesta de mencionados tipos.
3. Herramientas para definir variables de relación de los tipos de relación generados.
4. Operadores de asignación relacional para asignar valores de relación a las variables de relación.
5. Conjunto de operadores relacionales genéricos para derivar valores de otros valores de relación.

Las relaciones tienen las características siguientes:

1. Las relaciones son en general tablas.
2. Las tuplas corresponden a las filas de las tablas.
3. Los atributos corresponden a las columnas de las tablas.
4. El número de tuplas se define como cardinalidad.
5. El número de atributos se define como grado.
6. La llave primaria es el identificador único para la tabla.
7. El dominio es la colección de valores, de los cuales otros atributos obtienen sus valores.

Existen los tipos de relaciones siguientes:

TIPO	DESCRIPCIÓN
<b>RELACIONES REALES</b>	<i>Corresponde al concepto de tablas en SQL. Relaciones autónomas con nombre.</i>
<b>VISTAS</b>	<i>Relaciones derivadas con nombre definidas dentro del sistema en términos de otras relaciones con nombre. No poseen datos almacenados propios, separados y distinguibles como las relaciones reales.</i>
<b>INSTANTÁNEAS</b>	<i>Relaciones derivadas con nombre definidas dentro del sistema en términos de otras relaciones con nombre y por sus propios datos almacenados.</i>

## **BASES DE DATOS RELACIONALES**

*Percibidas por los usuarios como la colección de relaciones normalizadas de diversos grados que varían a través del tiempo.*

Consisten en la colección de tablas, donde a cada una se le asigna nombre único.

Esto es, las relaciones son comparables a los archivos, las tuplas a los registros y los atributos a los campos. Sin embargo, las relaciones no deben ser consideradas solo como archivos; deben ser consideradas como archivos disciplinados, donde los resultados de la disciplina son la simplificación de las estructuras de los datos con los cuales interactúan los usuarios, lo que simplifica los operadores necesarios para manejar las estructuras.

Los archivos tienen las características siguientes:

1. Contienen registros del mismo tipo.
2. Los campos no tienen orden específico, de izquierda a derecha.
3. Los registros no tienen orden específico, de arriba hacia abajo.
4. Cada campo tiene el mismo tipo de valor.
5. Los registros poseen llave primaria.

Por lo que los datos están representados de forma única, que es el principio básico del modelo relacional. Esto es, las conexiones lógicas de las relaciones y entre las relaciones está representada mediante el valor explícito, no existen ligas o apuntadores.

## CONCLUSIONES

Ya que se han definido los elementos del sistema y sus relaciones se describen los métodos, las técnicas y las fases del ciclo de vida para el desarrollo de *software* para identificar y documentar los requerimientos exactos del sistema, documentar la especificación y diseño que identifican los módulos e interfaces del sistema, elegir la codificación del sistema cumpliendo con el diseño de especificación, evaluar la calidad de implementación del sistema y realizar los cambios requeridos por el sistema. Lo que proporciona la secuencia de actividades a seguir para el análisis, diseño, implementación, validación y mantenimiento del producto requerido.

Se describen los métodos para el desarrollo de *software*, entre los cuales están el método cascada, el método de prototipos, el método de mejoramiento iterativo y el método espiral; los cuales proporcionan el conjunto de actividades con la relación de orden entre ellas para desarrollar el sistema. Lo que proporciona el conjunto de posibilidades de desarrollo y el conjunto de diagramas que muestran la secuencia de actividades de cada método para elegir el que se adapte a las necesidades del producto requerido.

Se describen las directrices para la gestión del desarrollo de *software*, que permiten organizar, planear, dirigir, delegar y mantener eficientemente el trabajo de cada persona involucrada en el proyecto de desarrollo de *software*, lo que proporciona las actividades que se deben poner en práctica para el desarrollo efectivo del producto requerido.

Para modelar el sistema se complementan los métodos de desarrollo y gestión con el lenguaje de modelado unificado que permiten visualizar las relaciones entre las clases del sistema y desarrollar los planos para su creación. Lo que proporciona, en conjunto, la metodología para el desarrollo y gestión del sistema, así como los planos para su creación.

Se describen los componentes de los sistemas de bases de datos: Datos, *hardware*, *software* y usuarios. Así como su interrelación, las actividades de los usuarios y las ventajas: Compactación, velocidad, disponibilidad, atomicidad, integridad, seguridad, minimización de redundancia y evita inconsistencias. Lo cual proporciona a los sistemas de bases de datos la eficiencia requerida para el manejo de información de los sistemas requeridos por las instituciones.

Se describen los modelos lógicos de datos: Modelo lógico de datos orientado a objetos, modelo lógico de datos basado en registros y el modelo de datos físico. Haciendo la descripción del comportamiento de los datos en el nivel lógico y de vistas mediante el modelo de entidad relación. Se describe el modelo entidad relación, basado en la percepción del mundo real y representándolo mediante entidades y sus atributos, así como las relaciones entre las entidades. Se complementa el modelo con la descripción del diagrama entidad relación que es la técnica para representar la estructura lógica de las bases de datos.



Se describen los lenguajes de las bases de datos: Lenguaje de definición de datos y lenguaje de manipulación de datos. Los que especifican el esquema de la base de datos y permiten a los usuarios acceder a los datos, respectivamente. Se describe el estándar internacional del lenguaje de bases de datos y los lenguajes integrados a SQL: Lenguaje de definición de datos, lenguaje de manipulación de datos interactivo, lenguaje agregado, lenguaje de definición de vistas, lenguaje de seguridad, lenguaje de integridad, lenguaje de control de transacciones. Lo que en conjunto proporciona las herramientas para modelar, representar y manipular el comportamiento lógico y de vistas de los datos del sistema.

Se describen las cualidades de los sistemas gestores de bases de datos: Consistencia, concurrencia, control de acceso y recuperación. Las funciones de los sistemas gestores de bases de datos: Definición de datos, manipulación de datos, optimización, ejecución, seguridad, integridad, directorio de datos y rendimiento. Lo que hace de los sistemas gestores de bases de datos la herramienta adecuada para el manejo de información.

Se describe el modelo relacional de datos y sus aspectos: Estructural, de integridad y de manipulación; los operadores: Seleccionar, extraer y reunir; los componentes: Tipos escalares, generador de tipos de relaciones, herramienta para definir variables de relación y operadores de asignación relacional. Lo que proporciona el esquema para representar a los datos de forma única en el sistema.

En conjunto, la metodología de la ingeniería de *software*, los métodos de desarrollo, la gestión de desarrollo de software, el lenguaje de modelado unificado, los sistemas de bases de datos, los modelos lógicos de datos, el modelo entidad relación, el diagrama entidad relación, los lenguajes de bases de datos, los sistemas gestores de bases de datos y el modelo relacional proporcionan la secuencia de actividades, las directrices, los diagramas, los lenguajes para realizar los documentos de análisis y diseño del sistema de información electrónica para valuación de opciones sobre dólar americano.

# CAPÍTULO IV

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

*El dado ha sido lanzado.  
Julios Caesar.*

### OBJETIVOS

Definir los procedimientos y técnicas que provee la información necesaria acerca del sistema.

Definir las necesidades y requerimientos que dan origen al sistema.

Especificar los módulos necesarios para que el sistema satisfaga los requerimientos de registro, validación, almacenamiento y consulta de los contratos negociados.

Definir los requerimientos de *software*, interfaz, seguridad y funcionalidad para el desarrollo y uso del sistema.

Describir gráficamente el comportamiento del sistema desde el punto de vista de los usuarios.

Describir gráficamente el desarrollo de la interfaz humana.

Definir el ambiente de implementación y los nodos del sistema.

Describir gráficamente la estructura de la base de datos del sistema.

## ANÁLISIS DEL SISTEMA

*Procedimientos y técnicas que proveen la información necesaria acerca de los problemas que se desean estructurar.*

El objetivo es presentar las necesidades identificadas de manera precisa en el reporte de requerimientos para diseñar y el desarrollar el sistema de información electrónico. Los requerimientos identificados deben satisfacer los aspectos de almacenamiento de información, procesamiento de datos, mecanismos internos de validación, así como las vistas de datos necesarios para el aprovechamiento óptimo del sistema.

### ORIGEN DEL SISTEMA

El Banco Internacional de Pagos (**BIS**) indicó que durante 2003 se negociaron 3 600 millones de contratos de opciones y 2 400 millones de contratos de futuros, el incremento en el volumen de negociación de contratos de opciones ha motivado la creación y crecimiento de mercados organizados, pero aún así, el volumen negociado en los mercados extrabursátiles es mayor.

El 22 de marzo de 2004 se inaugura en el Mercado Mexicano de Derivados S.A. de C.V. (**MexDer**) el mercado de opciones financieras, listándose opciones sobre acciones representativas de América Móvil S.A. de C.V. (**AMX**) y opciones sobre el Índice de Precios y Cotizaciones (**IPC**) de la Bolsa Mexicana de Valores S.A. de C.V. (**BMV**), durante el transcurso del año serán listadas opciones sobre las acciones representativas de capital social, unidades vinculadas de acciones representativas de capital social y certificados de participación ordinaria de mayor liquidez en la **BMV** y en 2005 serán listadas opciones sobre el dólar americano (**DEUA**) y opciones sobre bonos a diez años (**M10**).

El análisis y desarrollo teórico sobre las opciones financieras fundamenta el análisis y diseño para implementar el sistema de información electrónico y debido a que los contratos de opciones no concluyen con los métodos de valuación; por el contrario, son el inicio de los procedimientos de valuación diaria y evolución de los parámetros que indican a los inversionistas los cambios en los precios de los contratos negociados, las aportaciones mínimas, las liquidaciones diarias para minimizar el riesgo contraparte, así como los cambios en los indicadores de coberturas ante cambios en los factores de influencia, de los cuales depende la valuación y estado de los contratos vigentes a través del tiempo.

Los mercados organizados deben proveer sistemas de negociación electrónica orientados a reducir los costos de operación, facilitar las actividades de vigilancia del mercado, propiciar la transparencia en los procesos de formación de precios, garantizar la equidad en la celebración de contratos, fortalecer los mecanismos de seguridad operativa y crear las condiciones tecnológicas para el desarrollo ulterior.

Los mercados extrabursátiles deben proveer sistemas de negociación electrónica orientados a la gestión de cuentas de terceros (clientes del mercado) y cuentas propias adquiridas con otras instituciones financieras en mercados extrabursátiles y organizados, además de reducir los costos de operación y optimizar el uso de recursos.



Los mercados virtuales basados en Internet establecen escenarios que permiten a los "inversionistas" tomar decisiones basándose en las circunstancias establecidas y las decisiones pueden ser empleadas para inferir a corto y mediano plazo el desarrollo de los mercados bajo el escenario planteado. Estos mercados deben proveer a los "inversionistas" sistemas de negociación electrónica que permiten simular los escenarios suficientes, en los cuales serán gestionadas las cuentas de todos los "inversionistas" para inferir, mediante el escenario más próximo a la realidad, el comportamiento del mercado.

Es evidente la necesidad de analizar, diseñar e implementar el sistema de información electrónica para valorar opciones financieras, el cual debe permitir las negociaciones electrónicas de contratos, los cálculos y transacciones basados en la información correspondiente a las características de los contratos, el registro y almacenamiento de las negociaciones, transacciones, así como la consulta de información de los registros de los contratos negociados en el sistema.

El objetivo es analizar, diseñar e implementar el prototipo que los mercados pueden emplear para gestionar la información necesaria para valorar contratos de opciones sobre el dólar americano a través de su vigencia y analizar los estados de resultados de los contratos en los que los "inversionistas" están interesados.

Los métodos *Cox, Ross & Rubinstein* y *Black & Scholes* son la base teórica de los algoritmos de valuación e indican la información requerida para valorar los contratos, sin embargo el precio, los estados de resultados, las coberturas y los estados de los contratos negociados evolucionan a través de la vigencia de las opciones, por lo que el sistema requiere de información adicional que los usuarios deben conocer y proporcionar para el funcionamiento óptimo del sistema.

La idea de este proyecto surge hace cuatro años aproximadamente; los conocimientos, la experiencia y el esfuerzo realizados durante el desarrollo de este proyecto serán alcanzados en el momento en que el análisis y diseño se encuentren plasmados e independientemente del uso que el desarrollo del sistema de información electrónica pueda tener es de importancia la transmisión de estos conocimientos ya que las opciones y sus características presentan otra perspectiva a las inversiones en México y más aún por la protección ante cambios en la paridad cambiaria, debido a que gran parte de la industria depende de las importaciones y pagos de deuda en esta divisa.

## **ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS**

La visión del sistema de información electrónica contempla los módulos de registro, validación y almacenamiento de los factores exógenos, los módulos para registro, negociación, validación y almacenamiento de contratos de opciones sobre dólar americano, los módulos para consultar los factores exógenos almacenados en el sistema, los módulos para consultar los contratos almacenados en el sistema y la evolución durante el periodo de vigencia de cada contrato negociado.

Los objetivos del análisis, diseño e implementación del sistema son los siguientes:

1. Desarrollar las interfaces para registrar los factores exógenos.

Paridad de compra, paridad de venta, tasa CETE91 y tasa TCM3M.

2. Implementar los módulos para validar y almacenar los factores exógenos.
3. Diseñar las bases de datos para gestionar los factores exógenos.
4. Desarrollar las interfaces para registrar los factores endógenos necesarios para negociar contratos de opciones americanas y europeas de compra y venta con ejercicio en efectivo y en especie y de emisión cubierta y descubierta.

Precio de liquidación al vencimiento y fecha de vencimiento.

5. Implementar los módulos para validar los factores endógenos y almacenar los contratos negociados.
6. Diseñar las bases de datos para gestionar los contratos negociados.

El sistema de información electrónica de registro, negociación y almacenamiento (**SIERNA®Opciones**) cuenta las ligas de conexión a las instituciones que proporcionan los factores exógenos: Banco de México ([www.banxico.org.mx](http://www.banxico.org.mx)) proporciona la paridad de compra, la paridad de venta y la tasa **CETE91**; la Federal Reserve ([www.federalreserve.gov](http://www.federalreserve.gov)) proporciona la tasa de **TCM3M**.

El proyecto es viable ya que la complejidad computacional de los métodos de valuación, en el peor de los casos, es de orden exponencial y depende del número de periodos en que se divide el tiempo de cobertura del contrato.

## CARACTERÍSTICAS

Los métodos para valuar opciones establecen los requerimientos de información siguiente:

1. **SIERNA®Opciones** registra, valida y almacena los factores exógenos:

FACTOR	DESCRIPCIÓN
<b>PARIDAD DE COMPRA</b>	<i>Precio spot de compra del dólar americano que <b>BANXICO</b> publica al cierre de cada día hábil y que es necesario para valuar contratos de venta.</i>
<b>VOLATILIDAD DE LA PARIDAD DE COMPRA</b>	<i>Potencial que posee la paridad de compra del dólar americano para experimentar cambios dentro de cierto periodo.</i>
<b>PARIDAD DE VENTA</b>	<i>Precio spot de venta del dólar americano que <b>BANXICO</b> publica al cierre de cada día hábil y que es necesario para valuar contratos de compra.</i>
<b>VOLATILIDAD DE LA PARIDAD DE VENTA</b>	<i>Potencial que posee la paridad de venta del dólar americano para experimentar cambios dentro de cierto periodo.</i>
<b>TASA CETE91</b>	<i>Tasa de interés simple anual que <b>BANXICO</b> publica los martes hábiles de cada semana, tiene vigencia a partir de los jueves hábiles de la misma semana o día hábil inmediato anterior y representa la tasa de interés libre de riesgo nacional.</i>
<b>TASA TCM3M</b>	<i>Tasa de interés instantánea anual que la <b>FEDERAL RESRVE</b> publica los martes hábiles de cada semana con fecha de dos viernes previos y que tiene vigencia a partir de los jueves hábiles de la misma semana o día hábil inmediato anterior y representa la tasa de interés libre de riesgo extranjera.</i>



2. **SIERNA®Opciones** registra, valida, negocia y almacena los contratos de opciones emitidos sobre dólar americano con base en los factores endógenos registrados y validados previamente.

<b>FACTOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>PRECIO DE LIQUIDACIÓN</b>	<i>Precio de referencia por unidad de activo subyacente que los usuarios registran y con base en el cual se realiza la liquidación de los contratos en la fecha de liquidación.</i>
<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	<i>Día hábil en que expira el plazo de los contratos y que los usuarios registran conforme a las condiciones generales de contratación.</i>

3. **SIERNA®Opciones** registra, valida y almacena diariamente la evolución de los contratos vigentes, con base en el registro, validación y almacenamiento de la paridad correspondiente.

<b>FACTOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>TIEMPO REMANENTE</b>	<i>Diferencia entre los días de cobertura del contrato y los días transcurridos desde la fecha de emisión.</i>
<b>PRIMA</b>	<i>Precio equivalente al riesgo que adquieren los emisores de los contratos y que otorga a los compradores, mediante el pago correspondiente, el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente de acuerdo a lo estipulado en los contratos.</i>
<b>APORTACIÓN MÍNIMA</b>	<i>Efectivo, valores o cualquier otro bien aprobado por las autoridades financieras, que deberán entregar los socios liquidadores a la Cámara de Compensación por cada contrato abierto.</i>
<b>LIQUIDACIÓN DIARIA</b>	<i>Suma de dinero que deba solicitarse, recibirse y entregarse diariamente, según corresponda, y que resulte de la valuación diaria que realice la Cámara de Compensación por aportaciones iniciales mínimas, fondo de compensación y por variaciones en el precio de cierre de cada contrato abierto, con respecto al precio de cierre del día hábil inmediato anterior o, en su caso, con respecto al precio de concertación.</i>
<b>DELTA</b>	<i>Cambio proporcional en el valor de las opciones respecto al cambio en el precio del bien subyacente.</i>
<b>GAMMA</b>	<i>Cambio proporcional de la Delta con respecto al precio del bien subyacente.</i>
<b>VEGA</b>	<i>Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto a la volatilidad subyacente.</i>
<b>RHO<sub>i</sub></b>	<i>Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto al cambio en la tasa de interés libre de riesgo nacional.</i>
<b>RHO<sub>r</sub></b>	<i>Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto al cambio en la tasa de interés libre de riesgo extranjera.</i>
<b>ESTADO</b>	<i>Indica si los poseedores de los contratos pueden ejercer su derecho ante los emisores.</i>

4. **SIERNA®Opciones** consulta la información almacenada.

Paridad de compra, volatilidad de la paridad de compra, paridad de venta, volatilidad de la paridad de venta, tasa CETE91, tasa TCM3M, contratos de compra vigentes, contratos de compra vencidos, contratos de venta vigentes, contratos de venta vencidos.



## ALCANCES

El **SIERNA®Opciones** cuenta con grupos identificadores de usuario que permiten el uso de los módulos del sistema. Los módulos de registro, validación y almacenamiento de las paridades, por medio de procedimientos almacenados, calculan las volatilidades subyacentes de compra y venta. También calculan la evolución de los contratos negociados vigentes, por lo cual requieren la existencia de las tasas de interés libres de riesgo vigentes. El módulo de registro, validación y almacenamiento de la tasa CETE91, por medio de procedimientos almacenados, calcula la tasa instantánea anual equivalente a la de la subasta publicada. Los módulos de registro, validación y almacenamiento para la negociación de contratos de opciones, calculan la prima, la aportación inicial mínima y crean las tablas para almacenar los cálculos de la evolución diaria de los contratos negociados que están vigentes. Los módulos son de operación remota, automatizada, multiusuario y multitarea.

Las interfaces están desarrolladas bajo la arquitectura **cliente/servidor**. Los enlaces son realizados mediante el protocolo de comunicaciones **TCP/IP**, que permite a los usuarios la negociación remota y automatizada de los contratos de opciones americanas y europeas de compra y venta emitidos sobre dólar americano, con liquidación en efectivo y en especie y con emisión cubierta o descubierta, donde el tiempo de cobertura mínimo es de un día hábil y el tiempo de cobertura máximo es de un año (365 días).

## LIMITACIONES

Los módulos de registro, validación y almacenamiento de las paridades, permiten el registro de la paridad correspondiente al día hábil inmediato siguiente de la paridad almacenada en el sistema. El módulo de registro, validación y almacenamiento de la tasa CETE91 permite el registro de la tasa correspondiente a la publicación del martes hábil inmediato siguiente al almacenado en el sistema y tiene vigencia a partir del jueves de la semana de la misma semana de subasta y publicación. El módulo de registro, validación y almacenamiento de la tasa TCM3M permite el registro de la tasa correspondiente al viernes hábil inmediato siguiente de los once días previos, la cual es publicada los martes y tiene vigencia a partir del jueves de la misma semana de publicación. Los módulos de registro, validación, negociación y almacenamiento soportan aplicaciones de misión crítica, esto es, si el **SIERNA®Opciones** no dispone de los factores exógenos de la fecha inmediata anterior no es posible negociar contratos, ya que las negociaciones están basadas en las paridades de cierre del día hábil inmediato anterior y las tasas instantáneas anuales vigentes.

Los módulos no realizan monitoreo en tiempo real, por lo que las negociaciones y liquidaciones tampoco. La evolución de los contratos negociados continúa almacenándose hasta la fecha de vencimiento, esto es, no considera el pronto ejercicio de las opciones americanas, no realiza consultas y estadísticas de clase, volumen de operación o posiciones límite, no considera costos de comisión y régimen fiscal.

El **SIERNA®Opciones** no es tolerante a fallas de energía o fallas de red.

## REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

EL **SIERNA®Opciones** está desarrollado bajo la arquitectura **cliente/servidor** y permite a los usuarios enlaces remotos multiusuario y multitarea mediante el protocolo de comunicaciones **TCP/IP**, por que requiere lenguajes de programación que permitan intercambiar y validar información por medio de Internet y que el sistema gestor de bases de datos permita el acceso a la información mediante las aplicaciones implementadas mediante los lenguajes de programación.

El sistema operativo **Linux** de *Red Hat* provee el servidor **WEB Apache**, el lenguaje de programación **PHP**, el sistema gestor de bases de datos **PostgreSQL**.

SOFTWARE	DESCRIPCIÓN
<b>LINUX</b>	<i>Sistema operativo, totalmente gratuito, diseñado por cientos de programadores de todo el planeta. Su objetivo inicial es impulsar el software de distribución libre junto con el código fuente para que éste pueda ser modificado, dando rienda suelta a la creatividad.</i>
<b>APACHE</b>	<i>Servidor <b>WEB</b> más utilizado en estos tiempos, el cual ejecuta las aplicaciones <b>PHP</b> y administra las rutinas de control de memoria mediante <b>HTTP</b>, permitiendo conexiones remotas con los usuarios.</i>
<b>PHP</b>	<i>Procesador de Hipertexto Profesional (Personal Home Page). Lenguaje de programación con sintaxis de programación similar a los lenguajes <b>C</b> y <b>PERL</b>, que es interpretado por el servidor <b>WEB Apache</b>, el cual genera código <b>HTML</b> semidinámico.</i>
<b>POSTGRESQL</b>	<i>Sistema gestor de bases de datos relacionales orientadas a objetos (Objeto Relacional), con cerca de diez años de desarrollo. <b>PostgreSQL</b> es el sistema gestor de bases de datos de código abierto más avanzado hoy en día, ofreciendo control de concurrencia multiversión, soportando casi toda la sintaxis <b>SQL</b> (Incluyendo subconsultas, transacciones, tipos y funciones definidas por los usuarios), cuenta con amplio conjunto de enlaces a lenguajes de programación (Incluyendo <b>C</b>, <b>C++</b>, <b>Java</b>, <b>PERL</b>, <b>TCL</b>, <b>PITHON</b> y <b>PHP</b>).</i>

Por lo cual:

1. **SIERNA®Opciones** está desarrollado en plataforma **Linux** de *Red Hat* como servidor **WEB**.
2. **SIERNA®Opciones** está desarrollado mediante el lenguaje de programación **PHP**.
3. **SIERNA®Opciones** gestiona la información mediante **PostgreSQL**.

## REQUERIMIENTOS DE INTERFAZ

Las interfaces para los usuarios del **SIERNA®Opciones** requieren de algún navegador WEB, desde el cual se ejecuta el **SIERNA®Opciones** basado en páginas HTML semidinámicas. Las interfaces para los usuarios tienen las características siguientes:

1. **SIERNA®Opciones** es sencillo y amigable, lo que permite a los usuarios interactuar sin la necesidad de capacitaciones sofisticadas.
2. **SIERNA®Opciones** minimiza los errores de los usuarios.



3. Los menús del **SIERNA®Opciones** están organizados para que los usuarios realicen los registros, negociaciones y consultas eficientemente.

## REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD

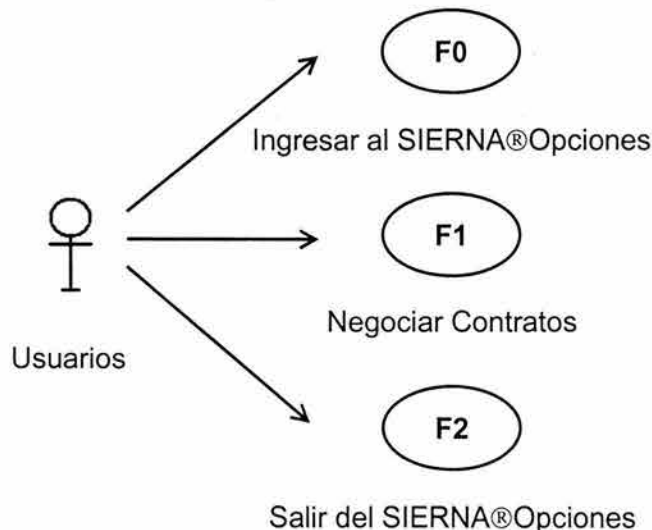
**SIERNA®Opciones** cuenta con seguridad de acceso basada en grupo de usuarios, donde los grupos tienen asignadas determinadas funciones. La seguridad de acceso tiene las características siguientes:

1. **SIERNA®Opciones** identifica a los usuarios por medio de *login* y *password*.
2. Los usuarios de **SIERNA®Opciones** pertenecen a grupos que determinan el nivel de acceso y transacciones permitidas.
3. **SIERNA®Opciones** anexa a cada transacción el registro del usuario, fecha, hora, dirección **IP** e identificador de sesión mediante la cual fue realizada.
4. Las transacciones realizadas en el **SIERNA®Opciones** son realizadas mediante HTTPS, protocolo de transferencia seguro que *encripta* la información entre el cliente y el servidor, garantizando la seguridad y confidencialidad en el intercambio de la información.
5. Las bases de datos del **SIERNA®Opciones** están protegidas de los usuarios ajenos al sistema.

## REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Descripción del **SIERNA®Opciones** empleando notación **UML**.

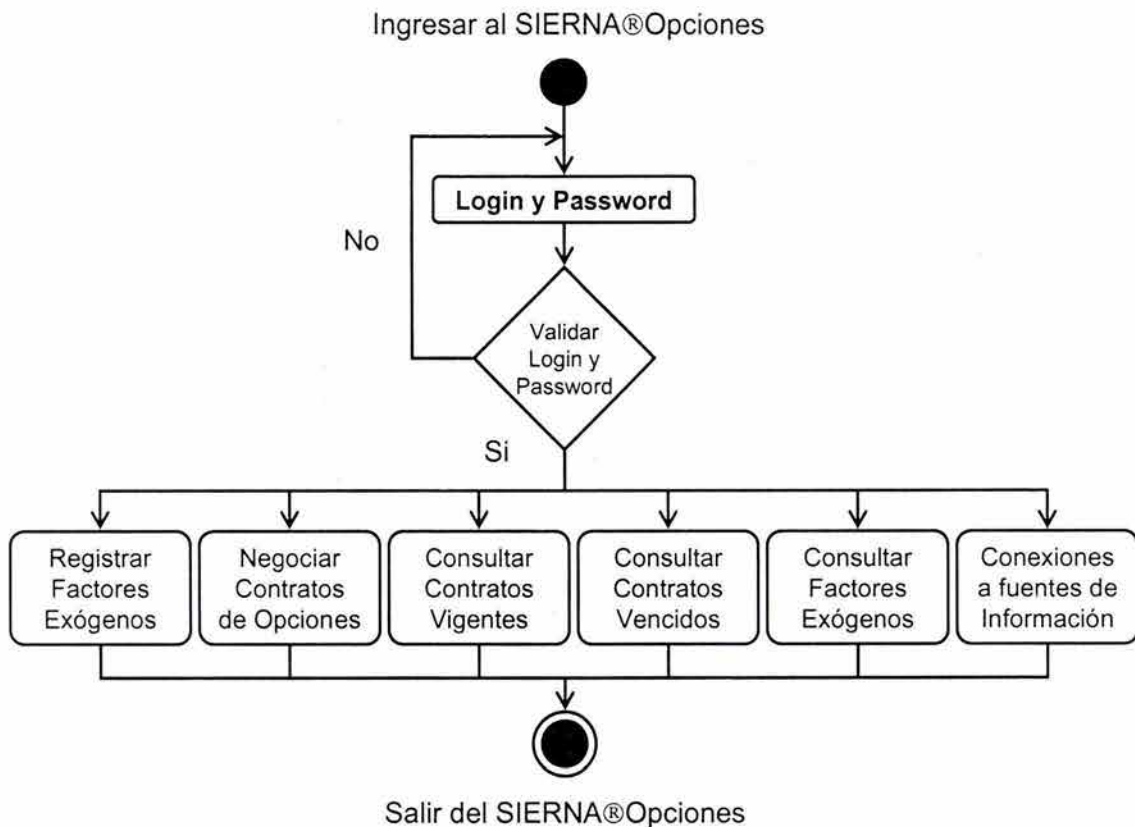
### DIAGRAMA GENERAL





En el diagrama general, los usuarios del SIERNA®Opciones registran, negocian y consultan la información de los contratos de opciones emitidas sobre el dólar americano.

### PROCESO DE USO DEL SIERNA®Opciones.



Le diagrama del proceso de uso muestra gráficamente el funcionamiento general del SIERNA®Opciones.

### DIAGRAMAS DE CASOS DE USO

Describen el comportamiento del SIERNA®Opciones desde el punto de vista de los usuarios, definiendo los límites del SIERNA®Opciones, las relaciones entre el SIERNA®Opciones y el entorno, describiendo la funcionalidad del SIERNA®Opciones independientemente del desarrollo.

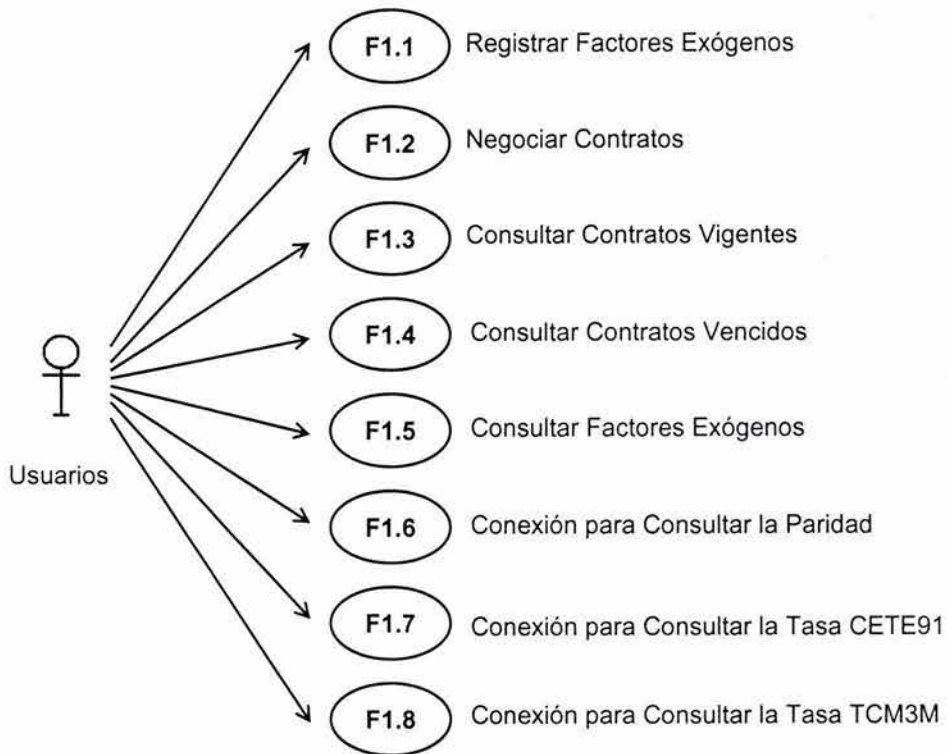
### ACTORES PRINCIPALES

Personas que usan el SIERNA®Opciones.

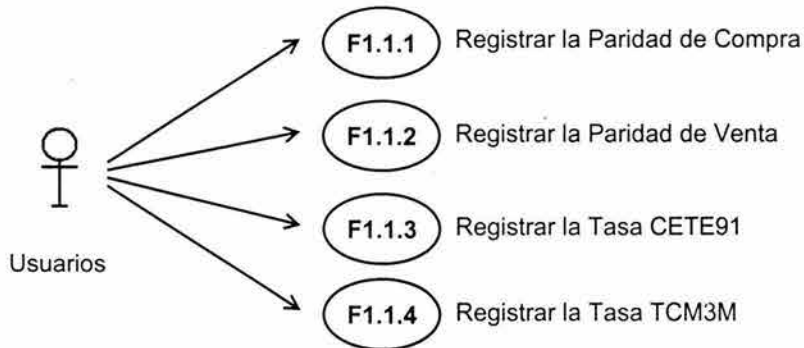
### ACTORES SECUNDARIOS

Personas que mantienen y/o administran el SIERNA®Opciones.

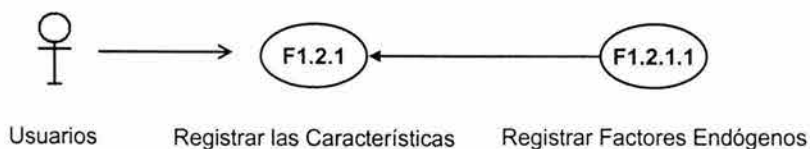
### DIAGRAMA DE CASOS DE USO (GESTIONAR LA INFORMACIÓN)



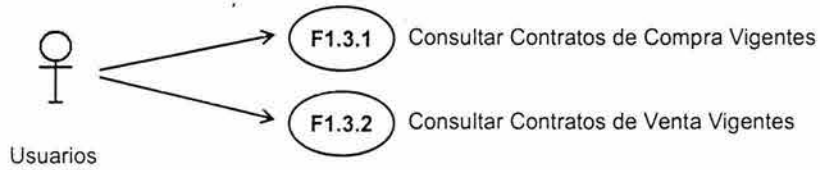
### DIAGRAMA DE CASOS DE USO (REGISTRAR FACTORES EXÓGENOS)



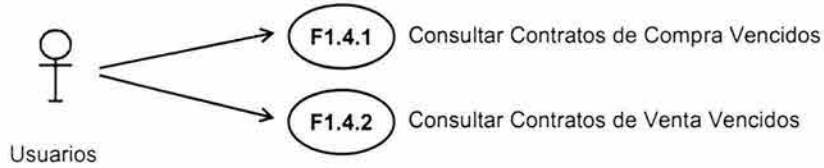
### DIAGRAMA DE CASOS DE USO (NEGOCIAR CONTRATOS)



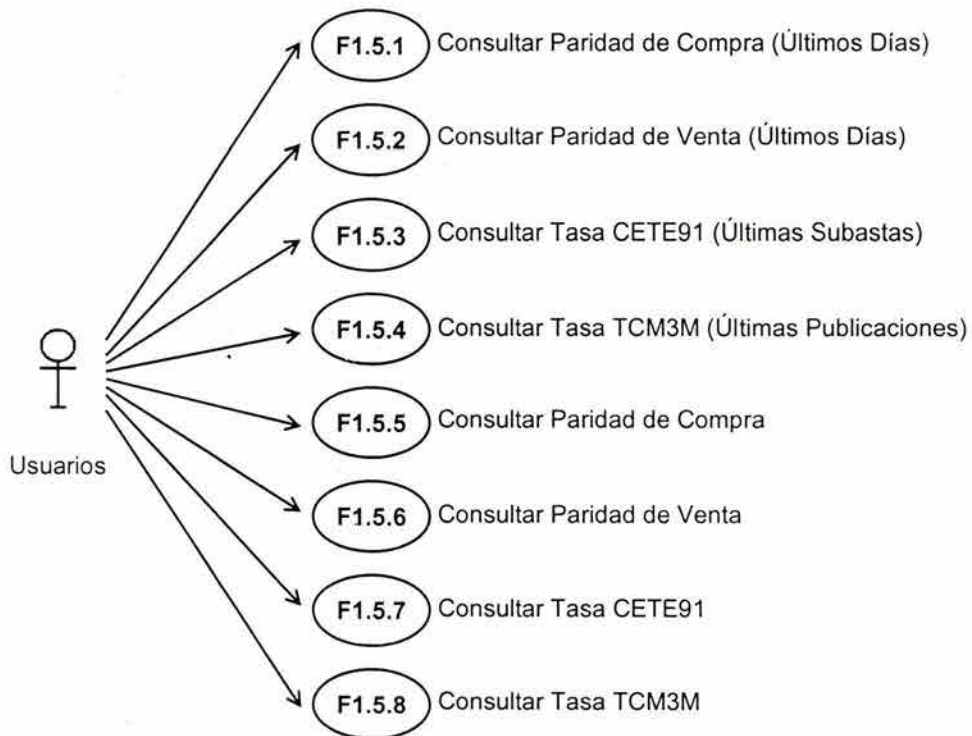
### DIAGRAMA DE CASOS DE USO (CONSULTAR CONTRATOS VIGENTES)



### DIAGRAMA DE CASOS DE USO (CONSULTAR CONTRATOS VENCIDOS)



### DIAGRAMA DE CASOS DE USO (CONSULTAR FACTORES EXÓGENOS)



El desarrollo del SIERNA®Opciones está dirigido por los casos de uso.



## DETALLE DE CASOS DE USO

Descripción de los casos de uso del SIERNA®Opciones.

**CASO DE USO:** Registrar la paridad de compra  
**IDENTIFICADOR:** F1.1.1  
**ACTORES:** Usuarios avanzados del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** En este caso de uso se registra, valida y almacena la paridad de compra del día hábil inmediato siguiente al almacenado en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para registrar la paridad de compra	2	Mostrar la forma para registrar la paridad de compra de la fecha correspondiente.	
3	Registrar la paridad de compra y submitir la forma	4	Validar, almacenar y mostrar la información almacenada	E1

### EXCEPCIONES

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Paridad inválida	Registrar la paridad y submitir la forma nuevamente

**CASO DE USO:** Registrar la paridad de venta  
**IDENTIFICADOR:** F1.1.2  
**ACTORES:** Usuarios avanzados del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** En este caso de uso se registra, valida y almacena la paridad de venta del día hábil inmediato siguiente al almacenado en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para registrar la paridad de venta	2	Mostrar la forma para registrar la paridad de venta de la fecha correspondiente.	
3	Registrar la paridad de venta y submitir la forma	4	Validar, almacenar y mostrar la información almacenada	E1

### EXCEPCIONES

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Paridad inválida	Registrar la paridad y submitir la forma nuevamente

**CASO DE USO:** Registrar la tasa CETE91  
**IDENTIFICADOR:** F1.1.3  
**ACTORES:** Usuarios avanzados del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** En este caso de uso se registra, valida y almacena la tasa CETE91 de la fecha de la subasta inmediata siguiente a la almacenada en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para registrar la tasa CETE91	2	Mostrar la forma para registrar la tasa CETE91 de la fecha correspondiente.	
3	Registrar la tasa CETE91 y submitir la forma	4	Validar, almacenar y mostrar la información almacenada	E1

**EXCEPCIONES**

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Tasa inválida	Registrar la tasa y submitir la forma nuevamente

**CASO DE USO:** Registrar la tasa TCM3M  
**IDENTIFICADOR:** F1.1.4  
**ACTORES:** Usuarios avanzados del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** En este caso de uso se registra, valida y almacena la tasa TCM3M de la fecha de la publicación inmediata siguiente a la almacenada en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para registrar la tasa TCM3M	2	Mostrar la forma para registrar la tasa TCM3M de la fecha correspondiente.	
3	Registrar la tasa TCM3M y submitir la forma	4	Validar, almacenar y mostrar la información almacenada	E1

**EXCEPCIONES**

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Tasa inválida	Registrar la tasa y submitir la forma nuevamente



**CASO DE USO:** Registrar la características  
**IDENTIFICADOR:** F1.2.1  
**ACTORES:** Usuarios avanzados e intermedios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso registra y valida el estilo, tipo, liquidación y emisión de los contratos para registrar y validar los factores endógenos

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para registrar las características de los contratos	2	Mostrar la forma para registrar las características de los contratos	
3	Registrar el estilo, tipo, liquidación, emisión de los contratos y submitir la forma	4	Validar y mostrar la forma para registrar factores endógenos	E1
5	Registrar los factores endógenos y submitir la forma	6	Validar, almacenar y mostrar la información almacenada	E2

### EXCEPCIONES

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Información no disponible	Emitir evento para ir a la página correspondiente
E2	Precio de liquidación al vencimiento inválido	Registrar el precio de liquidación al vencimiento y submitir la forma nuevamente

**CASO DE USO:** Consultar contratos de compra vigentes  
**IDENTIFICADOR:** F1.3.1  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la información de los contratos de compra vigentes, esto es, aquellos cuya fecha de vencimiento es igual o posterior a la fecha de la última paridad de venta almacenada en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar contratos de compra vigentes	2	Mostrar los contratos de compra vigentes en el SIERNA®Opciones	E1
3	Seleccionar el contrato para consultar la información	4	Mostrar el estado de resultados del contrato de compra seleccionado, desde la fecha de negociación hasta la fecha hábil inmediata posterior a la fecha de la última paridad de venta almacenada en el SIERNA®Opciones	

### EXCEPCIONES

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Evento vacío	Emitir evento para ir a la página correspondiente



**CASO DE USO:** Consultar contratos de venta vigentes  
**IDENTIFICADOR:** F1.3.2  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la información de los contratos de venta vigentes, esto es, aquellos cuya fecha de vencimiento es igual o posterior a la fecha de la última paridad de compra almacenada en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar contratos de venta vigentes	2	Mostrar los contratos de venta vigentes en el SIERNA®Opciones	E1
3	Seleccionar el contrato para consultar la información	4	Mostrar el estado de resultados del contrato de venta seleccionado, desde la fecha de negociación hasta la fecha hábil inmediata posterior a la fecha de la última paridad de compra almacenada en el SIERNA®Opciones	

### EXCEPCIONES

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Evento vacío	Emitir evento para ir a la página correspondiente

**CASO DE USO:** Consultar contratos de compra vencidos  
**IDENTIFICADOR:** F1.4.1  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la información de los contratos de compra vencidos, esto es, aquellos cuya fecha de vencimiento es anterior a la fecha de la última paridad de venta almacenada en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar contratos de compra vencidos	2	Mostrar los contratos de compra vencidos en el SIERNA®Opciones	E1
3	Seleccionar el contrato para consultar la información	4	Mostrar el estado de resultados del contrato de compra seleccionado, desde la fecha de negociación hasta la fecha de vencimiento	

### EXCEPCIONES

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Evento vacío	Emitir evento para ir a la página correspondiente

**CASO DE USO:** Consultar contratos de venta vencidos  
**IDENTIFICADOR:** F1.4.2  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la información de los contratos de venta vencidos, esto es, aquellos cuya fecha de vencimiento es anterior a la fecha de la última paridad de compra almacenada en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar contratos de venta vencidos	2	Mostrar los contratos de venta vencidos en el SIERNA®Opciones	E1
3	Seleccionar el contrato para consultar la información	4	Mostrar el estado de resultados del contrato de venta seleccionado, desde la fecha de negociación hasta la fecha de vencimiento	

### EXCEPCIONES

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Evento vacío	Emitir evento para ir a la página correspondiente

**CASO DE USO:** Consultar la paridad de compra (Últimos días)  
**IDENTIFICADOR:** F1.5.1  
**ACTORES:** Usuarios el SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la paridad de compra de las últimas fechas almacenadas en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la paridad de compra (Últimos días)	2	Mostrar la paridad de compra y volatilidad de las últimas fechas almacenadas en el SIERNA®Opciones	

**CASO DE USO:** Consultar la paridad de venta (Últimos días)  
**IDENTIFICADOR:** F1.5.2  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la paridad de venta de las últimas fechas almacenadas en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la paridad de venta (Últimos días)	2	Mostrar la paridad de venta y volatilidad de las últimas fechas almacenadas en el SIERNA®Opciones	



**CASO DE USO:** Consultar la tasa CETE91 (Últimas subastas)  
**IDENTIFICADOR:** F1.5.3  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la tasa CETE91 de las últimas subastas almacenadas en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la tasa CETE91 (Últimas subastas)	2	Mostrar la tasa CETE91 y la tasa instantánea anual equivalente de las últimas subastas almacenadas en el SIERNA®Opciones	

**CASO DE USO:** Consultar la tasa TCM3M (Últimas publicaciones)  
**IDENTIFICADOR:** F1.5.4  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la tasa TCM3M de las últimas publicaciones almacenadas en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la tasa TCM3M (Últimas publicaciones)	2	Mostrar la tasa TCM3M de las últimas publicaciones almacenadas en el SIERNA®Opciones	

**CASO DE USO:** Consultar la paridad de compra  
**IDENTIFICADOR:** F1.5.5  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la paridad de compra de la totalidad de fechas almacenadas en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la paridad de compra	2	Mostrar la paridad de compra y volatilidad de la totalidad de fechas almacenadas en el SIERNA®Opciones	

**CASO DE USO:** Consultar la paridad de venta  
**IDENTIFICADOR:** F1.5.6  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la paridad de venta de la totalidad de fechas almacenadas en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la paridad de venta	2	Mostrar la paridad de venta y volatilidad de la totalidad de fechas almacenadas en el SIERNA®Opciones	



**CASO DE USO:** Consultar la tasa CETE91  
**IDENTIFICADOR:** F1.5.7  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la tasa CETE91 de la totalidad de subastas almacenadas en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la tasa CETE91	2	Mostrar la tasa CETE91 y la tasa instantánea anual equivalente de la totalidad de subastas almacenadas en el SIERNA®Opciones	

**CASO DE USO:** Consultar la tasa TCM3M  
**IDENTIFICADOR:** F1.5.8  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** Este caso de uso consulta la tasa TCM3M de la totalidad de publicaciones almacenadas en el SIERNA®Opciones

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la tasa TCM3M	2	Mostrar la tasa TCM3M de la totalidad de publicaciones almacenadas en el SIERNA®Opciones	

**CASO DE USO:** Conexión para consultar la paridad de cambio  
**IDENTIFICADOR:** F1.6  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** En este caso de uso el SIERNA®Opciones proporciona el enlace al Banco de México ([http://www.banxico.org.mx/cgi\\_inveco/cuaddia.exe?02E](http://www.banxico.org.mx/cgi_inveco/cuaddia.exe?02E)) para conocer la publicación del tipo de cambio interbancario spot de compra y venta el día hábil inmediato anterior

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la publicación de la paridad de cambio	2	Mostrar la página del Banco de México que publica el tipo de cambio interbancario spot de compra y venta	E1
3	Emitir el evento para regresar al SIERNA®Opciones	4	Mostrar la página anterior	

### EXCEPCIONES

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Error en la conexión	Emitir el evento para regresar al SIERNA®Opciones

**CASO DE USO:** Conexión para consultar la tasa CETE91  
**IDENTIFICADOR:** F1.7  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** En este caso de uso el SIERNA®Opciones proporciona el enlace al Banco de México (<http://www.banxico.org.mx>) para conocer la publicación semanal de la tasa CETE91

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la publicación de la tasa CETE91	2	Mostrar la página del Banco de México que publica la tasa CETE91	E1
3	Emitir el evento para regresar al SIERNA®Opciones	4	Mostrar la página anterior	

**EXCEPCIONES**

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Error en la conexión	Emitir el evento para regresar al SIERNA®Opciones

**CASO DE USO:** Conexión para consultar la tasa TCM3M  
**IDENTIFICADOR:** F1.8  
**ACTORES:** Usuarios del SIERNA®Opciones  
**DESCRIPCIÓN:** En este caso de uso el SIERNA®Opciones proporciona el enlace a la Federal Reserve (<http://www.federalreserve.gov/releases/h15/data/wftcm3m.txt>) para conocer la publicación semanal de la tasa TCM3M

ACTOR		SISTEMA		
PASO	ACCIÓN	PASO	ACCIÓN	EXC
1	Emitir el evento para consultar la publicación de la tasa TCM3M	2	Mostrar la página de la Federal Reserve que publica la tasa TCM3M	E1
3	Emitir el evento para regresar al SIERNA®Opciones	4	Mostrar la página anterior	

**EXCEPCIONES**

ID	NOMBRE	ACCIÓN
E1	Error en la conexión	Emitir el evento para regresar al SIERNA®Opciones

## DISEÑO ARQUITECTÓNICO

*Los módulos emplean la arquitectura de los sistemas de información por Internet, conocida con el nombre de arquitectura de tres capas, que comprende la interfaz para los usuarios y el almacenamiento persistente de información.*

### CAPA DE PRESENTACIÓN

*Ubica los elementos con los que interactúan los usuarios.*

Agrupar las clases y diagramas del SIERNA®Opciones para la definición y desarrollo de la interfaz humana.

### CAPA LÓGICA DE LAS APLICACIONES

*Define las tareas y normas de la empresa.*

Agrupar las clases y diagramas del SIERNA®Opciones para la definición y desarrollo del dominio del problema.

Está constituida por los elementos siguientes:

ELEMENTOS	DEFINICIÓN
<b>OBJETOS DEL DOMINIO DEL PROBLEMA</b>	<i>Clases que representan los conceptos del dominio (Menús, formas y reportes)</i>
<b>SERVICIOS</b>	<i>Son los objetos de dominio no relacionados con el problema que prestan los servicios de soporte (Interacción con la base de datos, reportes, comunicaciones y conexiones)</i>

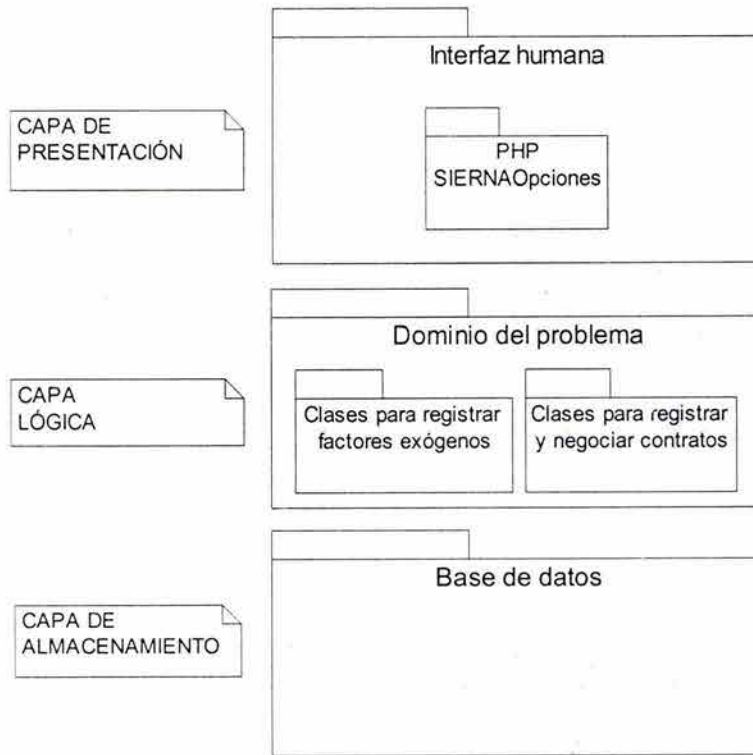
### CAPA DE ALMACENAMIENTO

*Cuenta con los mecanismos de almacenamiento persistente, tales como las bases de datos relacionales o bases de datos orientadas a objetos.*

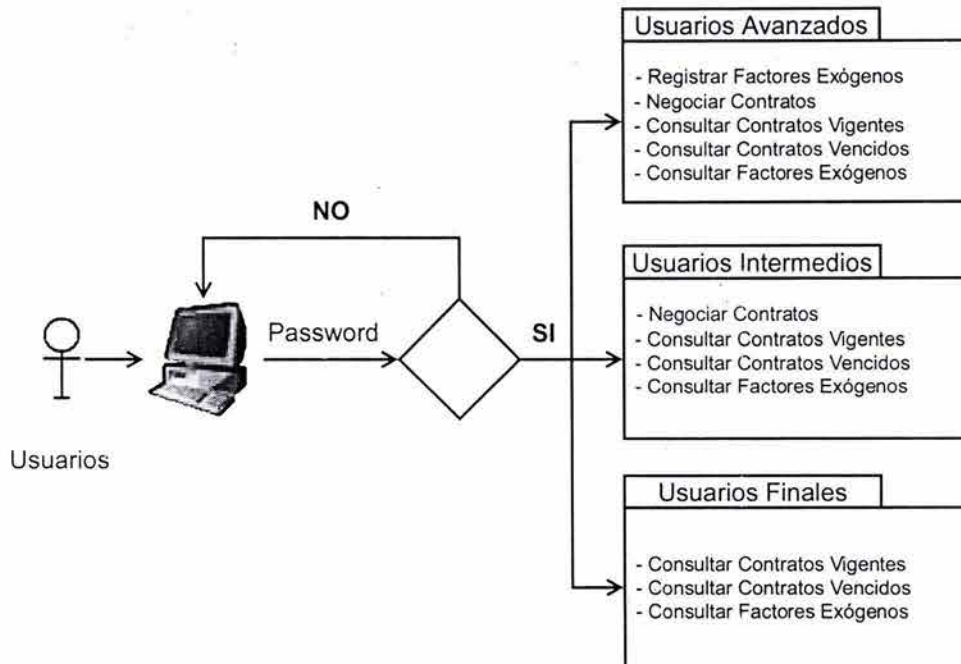
Agrupar las clases y diagramas del SIERNA®Opciones para la definición y desarrollo de la base de datos.



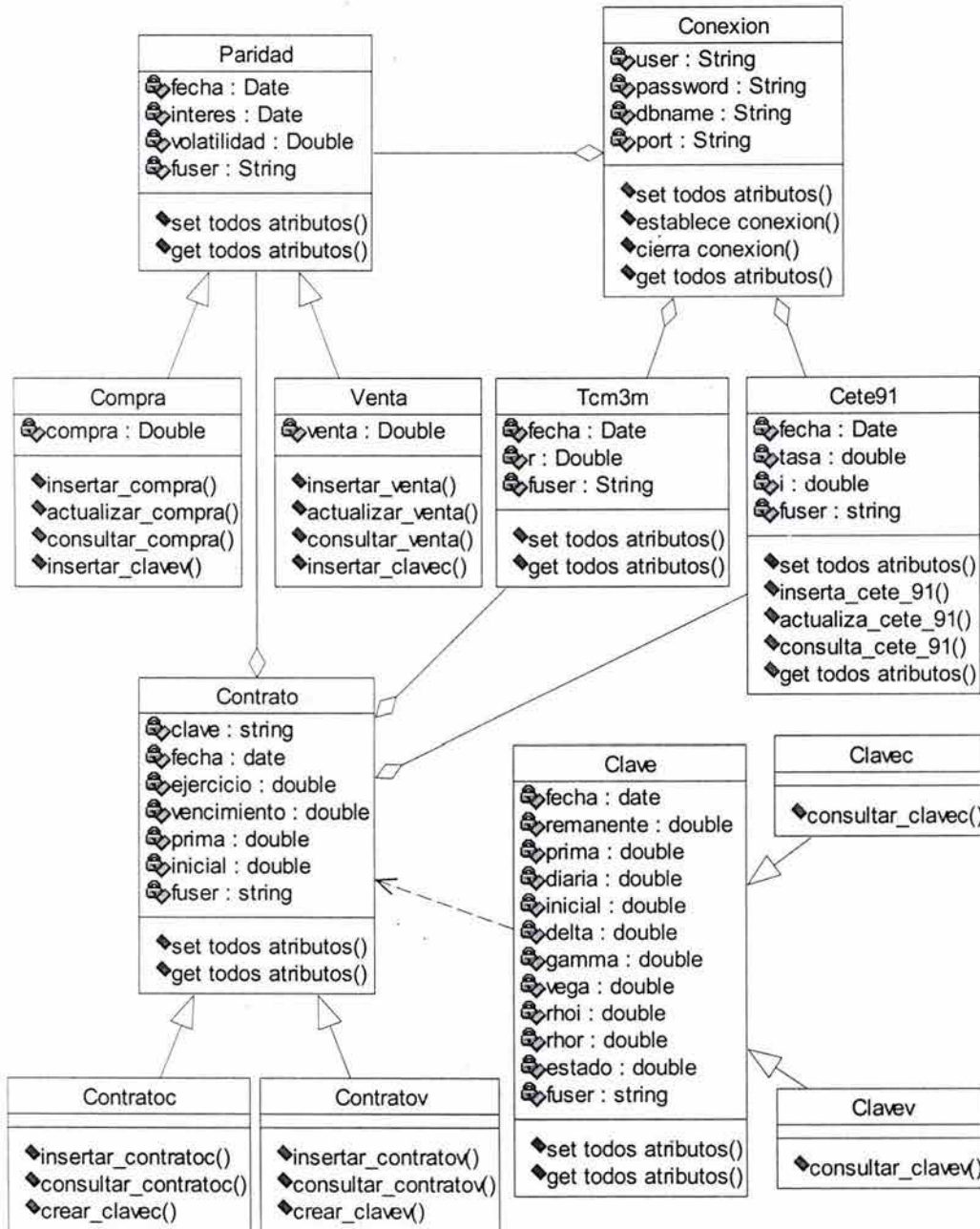
### DIAGRAMA DE PAQUETES



### MODELO DE SEGURIDAD DE DATOS

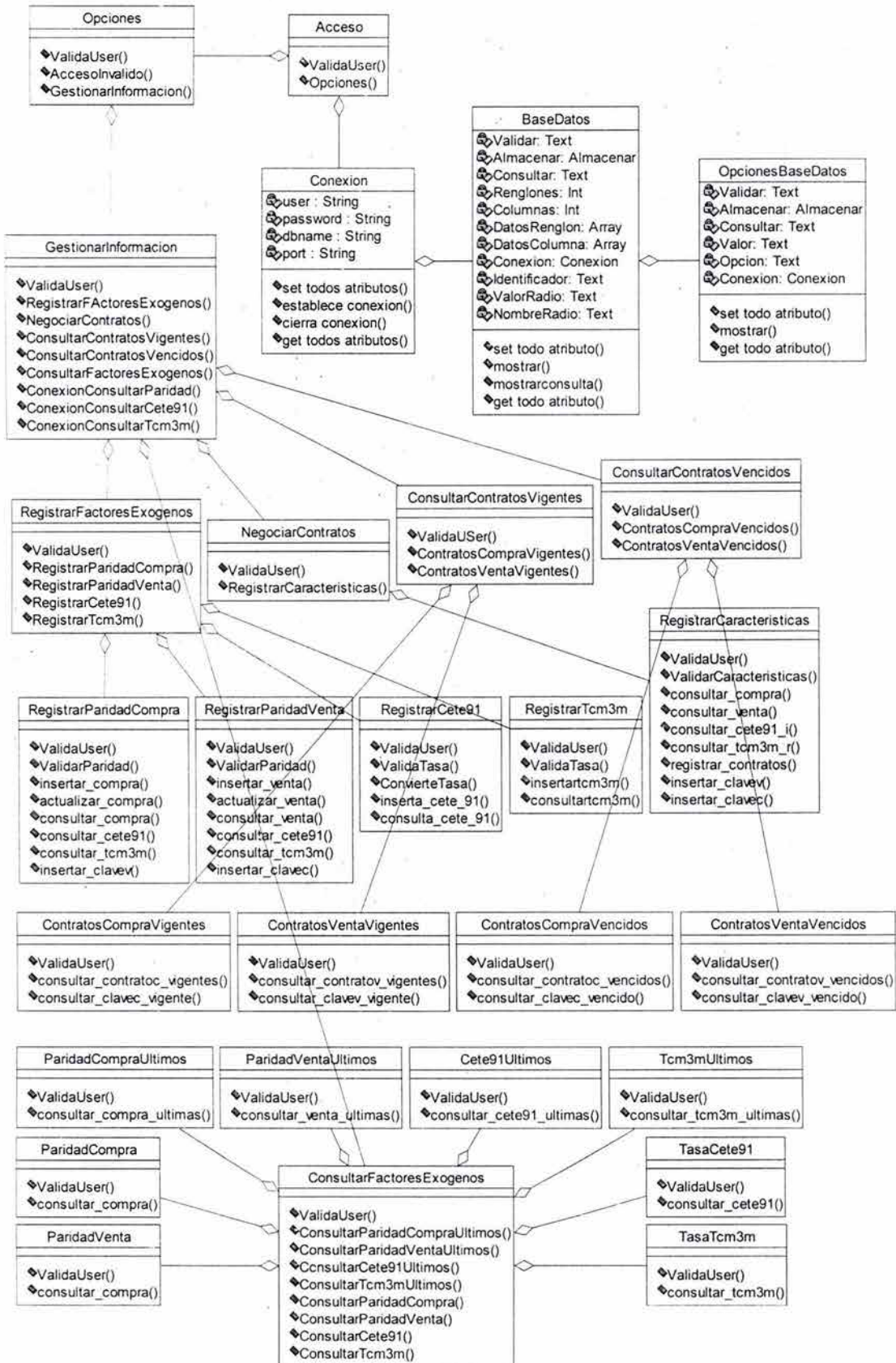


**DIAGRAMA DE CLASES CAPA LÓGICA (DOMINIO DEL PROBLEMA)**



Los diagramas de clases describen gráficamente lo que el SIERNA®Opciones puede hacer, esto es, describen gráficamente el análisis y también describen gráficamente como ha sido construido, es decir, describen gráficamente el diseño.

**DIAGRAMA DE CLASES CAPA DE PRESENTACIÓN (INTERFAZ HUMANA)**





## DISEÑO

*Proceso para aplicar técnicas, principios y detalles suficientes que permiten la interpretación y realización del SIERNA®Opciones. Es donde se fomenta la calidad del proyecto y es la única forma de materializar con precisión los requerimientos del cliente.*

## POLÍTICAS

*Establecen los lineamientos para el desarrollo del SIERNA®Opciones.*

## AMBIENTE DE IMPLEMENTACIÓN

El **SIERNA®Opciones** está desarrollado en plataforma **UNIX**, empleando el sistema operativo **Linux©RedHat 9 (Shrike)**, el cual proporciona el servidor **WEB Apache© 1.3.23-14** que ejecuta e interpreta el lenguaje **PHP© 4.1.2-7** para interactuar con el sistema gestor de bases de datos **POSTGRESQL© 7.2.1-5** y generar código **HTML** semidinámico. Las características del sistema operativo, el servidor **WEB**, el lenguaje y el código hacen que el **SIERNA®Opciones** pueda ser utilizado en cualquier sistema operativo que cuente con algún navegador de Internet y conexión de red.

## ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN

La base de datos está creada de acuerdo al modelo relacional de datos.

## GESTIÓN DE MEMORIA

La memoria está gestionada por el sistema operativo, junto con las rutinas propias de los lenguajes PHP y HTML y las del sistema gestor de bases de datos PostgreSQL. Las rutinas de control de memoria están administradas por el servidor WEB Apache mediante HTTP.

## DETECCIÓN DE ERRORES

Son utilizadas excepciones en el sistema gestor de bases de datos PostgreSQL, las cuales están complementadas con validaciones implementadas con el lenguaje PHP.

## CONTROL

Se utilizan menús de opciones de acuerdo a los grupos de acceso, registrando en las transacciones realizadas el usuario, la fecha, hora, identificador de sesión y dirección IP.

## **INTERFAZ**

El SIERNA®Opciones funciona bajo el ambiente de Internet, mediante formas estructuradas, sencillas y de fácil comprensión; las cuales están presentadas mediante HTML y son semidinámicas al interpretar el lenguaje PHP. El manejo de los eventos es propio de las aplicaciones de Internet.

## **NODOS**

*Elementos físicos que existen en el tiempo de ejecución, representando el curso computacional que, por lo general dispone de algo de memoria y capacidad de procesamiento.*

El SIERNA®Opciones requiere el nodo de las características siguientes:

### **CAPACIDAD MÍNIMA**

Procesador AMDK6-2® o Intel® Pentium II® de 400 Mhz o equivalente, 128 Mb de memoria RAM, 1.8 Gb de disco duro, tarjeta de video de 8 Mb de memoria, tarjeta de red 10/100 Mbs, monitor SVGA, teclado y ratón.

### **CONEXIÓN**

Conexión de red de 10 Mbs para operar bajo la arquitectura cliente/servidor.

El SIERNA®Opciones cuenta con el nodo de las características siguientes:

### **SONY VAIO PCG-FVR25**

Procesador Intel® Pentium IV® a 2.66 Ghz y 512 Mb de memoria DDR SRAM

Disco duro de 40 Gb Hitachi® Hitachi\_DK23EA-40

Tarjeta de Video de 64 Mb de memoria ATI Radeon® IGP 345M

Tarjeta de Red 10/100 Mbs Realtek® NIC Fast Ethernet PCI RTL8139 Realtek

Monitor XGA 15" (1024x768), Teclado estándar 101/102, Mouse compatible PS/2

### **PROTOCOLOS**

TCP/IP para las conexiones de red, SSL para el intercambio de información y HTTP para el SIERNA®Opciones.

### **RESPALDOS**

Los respaldos automáticos de la información de la base de datos son diarios y los respaldos automáticos del código son semanales. Sin embargo el administrador del SIERNA®Opciones puede realizar los respaldos necesarios en cualquier instante.

## MECANISMOS DE DISEÑO

El manejo de persistencia de la base de datos emplea los mecanismos implementados en el sistema gestor de bases de datos PostgreSQL. El manejo y recuperación de errores emplea las rutinas del sistema gestor de bases de datos PostgreSQL y funciones implementadas en PHP para incrementar la robustez del SIERNA®Opciones.

## COMPONENTE

*Parte física de los sistemas que ofrece cierto conjunto de interfaces y proporciona la implementación del conjunto.*

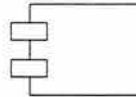
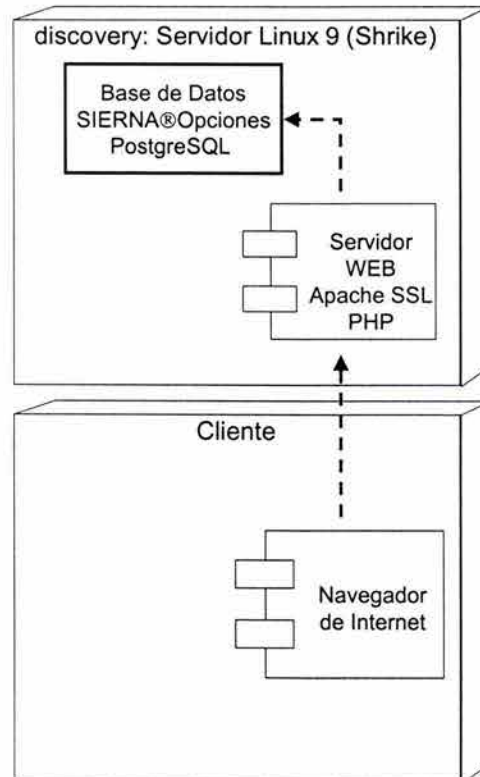


Ilustración 4.1

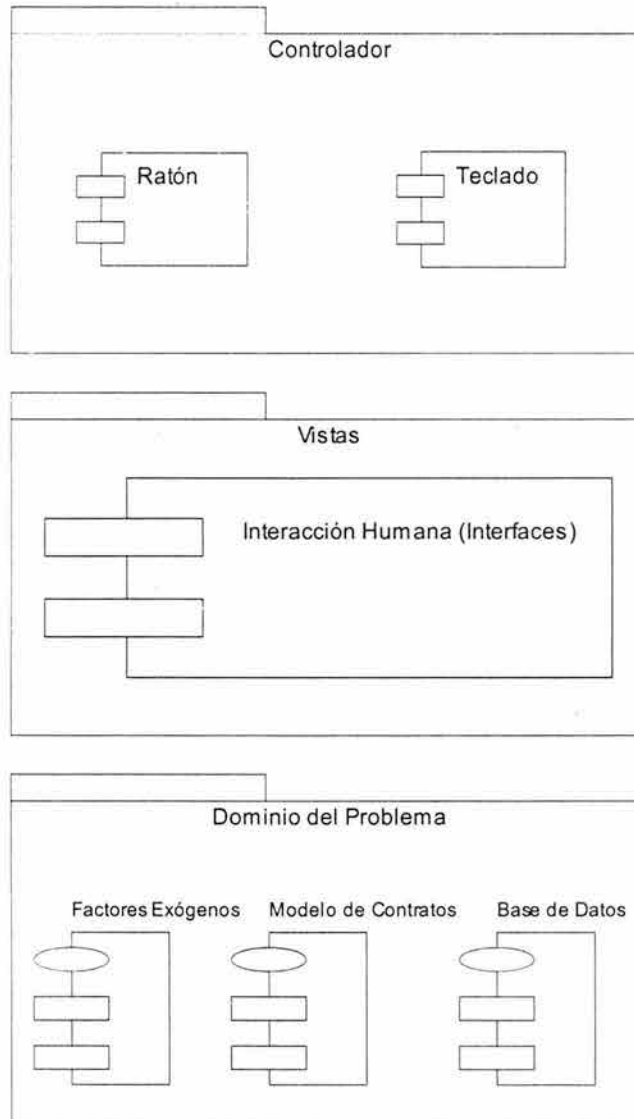
La ilustración 4.1 muestra gráficamente la simbología de las componentes.

## DIAGRAMA DE INSTALACIÓN



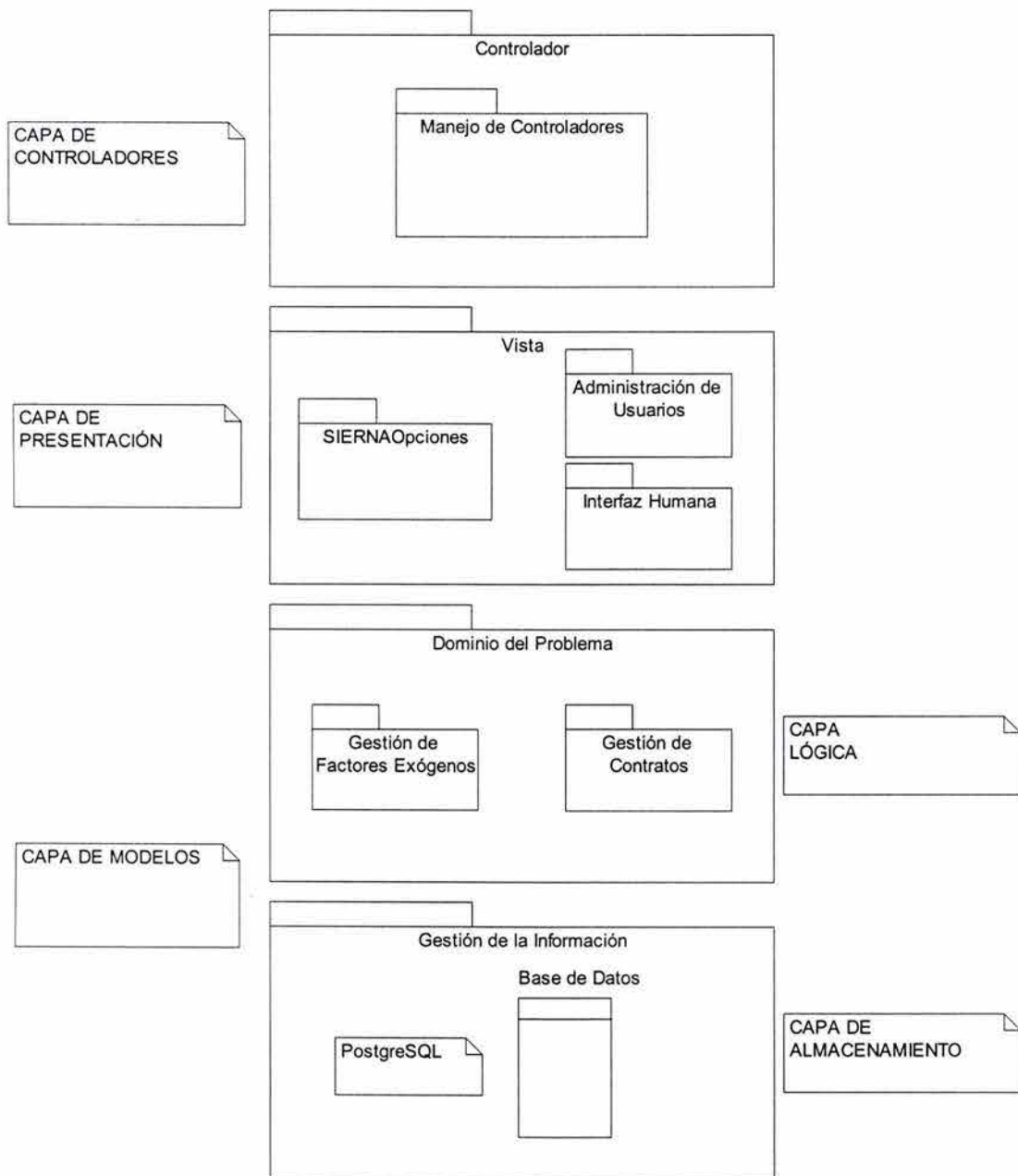


## DIAGRAMA DE PAQUETES Y CAPAS MODELO VISTA CONTROLADOR Y CAPAS



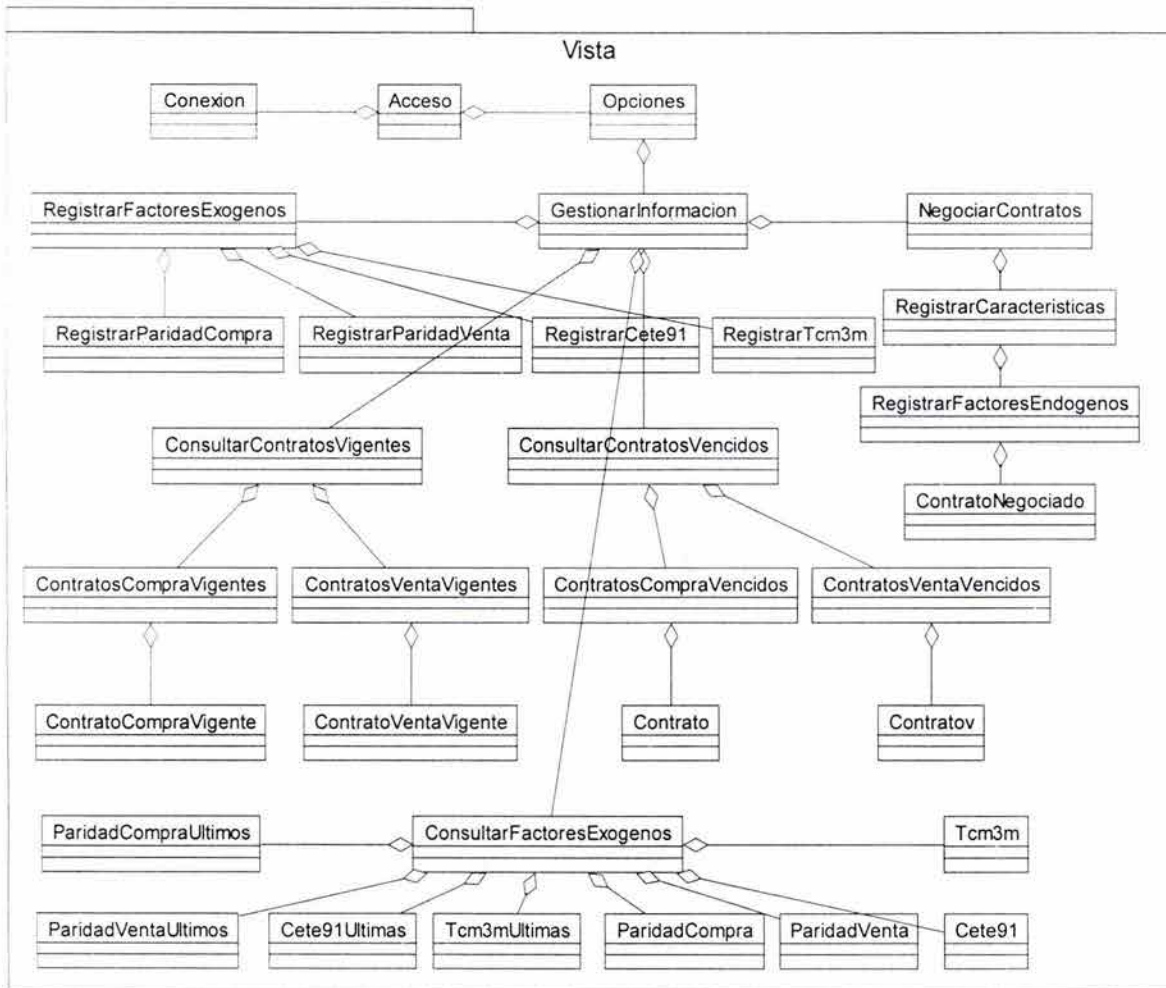
El diagrama de paquetes y capas modelo vista controlador representa el diseño arquitectónico del SIERNA®Opciones.

## DIAGRAMA DE PAQUETES Y CAPAS DETALLADO MODELO VISTA CONTROLADOR Y CAPAS



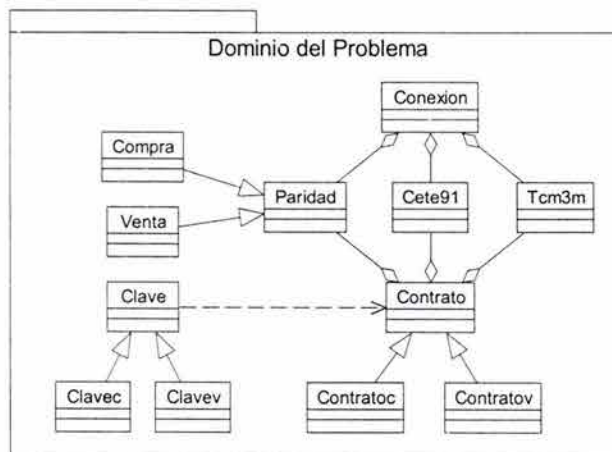
El diagrama de paquetes y capas detallado representa al SIERNA®Opciones como interactivo y sin restricciones entre las capas del sistema.

## DIAGRAMA DETALLADO DE LA CAPA DE PRESENTACIÓN



Clases por capas: Presentación.

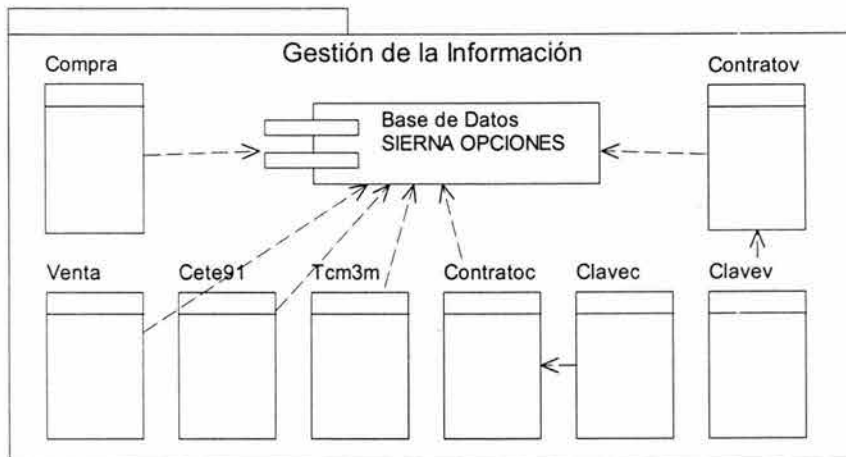
## DIAGRAMA DETALLADO DE LA CAPA DEL DOMINIO DEL PROBLEMA



Clases por capas: Dominio del problema.



## DIAGRAMA DETALLADO DE LA CAPA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

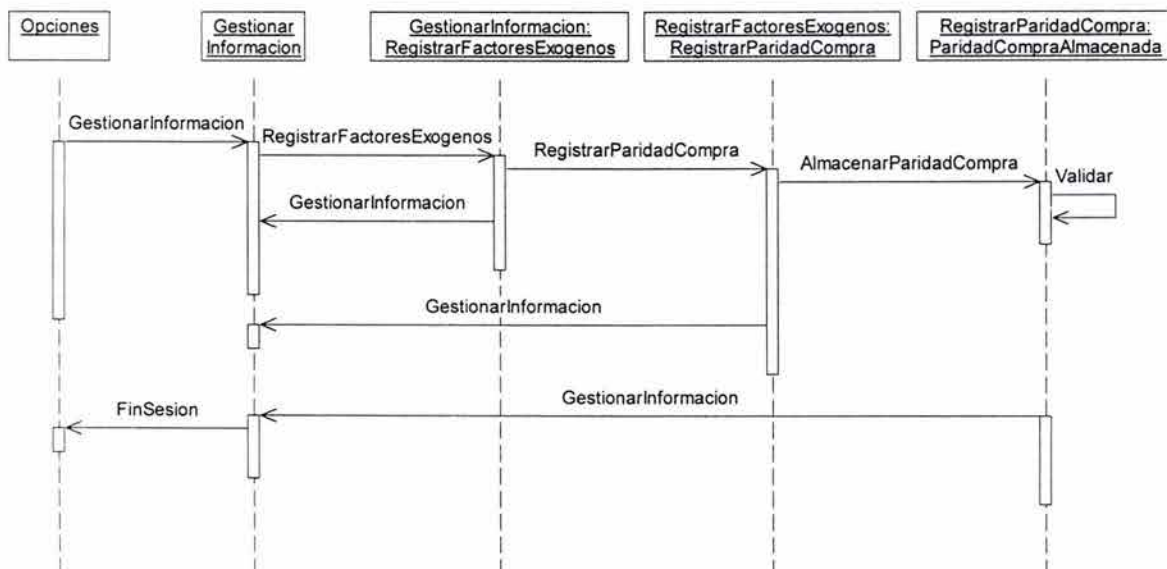


Clases por capas: Gestión de la información.

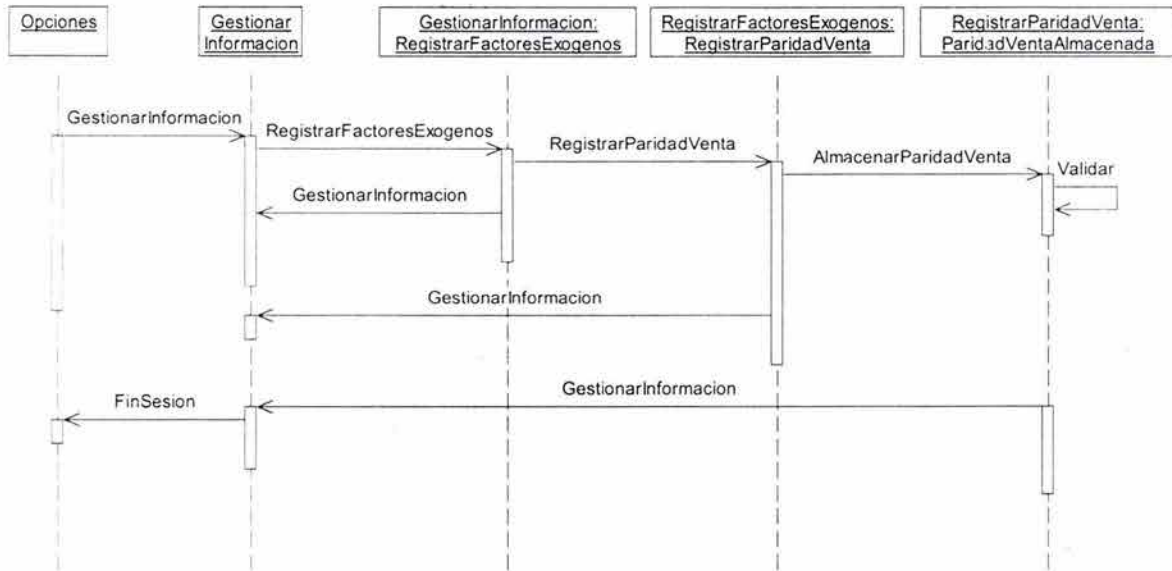
## DIAGRAMAS DE SECUENCIA

Muestran las interacciones entre objetos, ordenadas en secuencia temporal, mostrando los objetos que se encuentran en el escenario y la secuencia de mensajes intercambiados entre los objetos para llevar a cabo la funcionalidad descrita por el escenario.

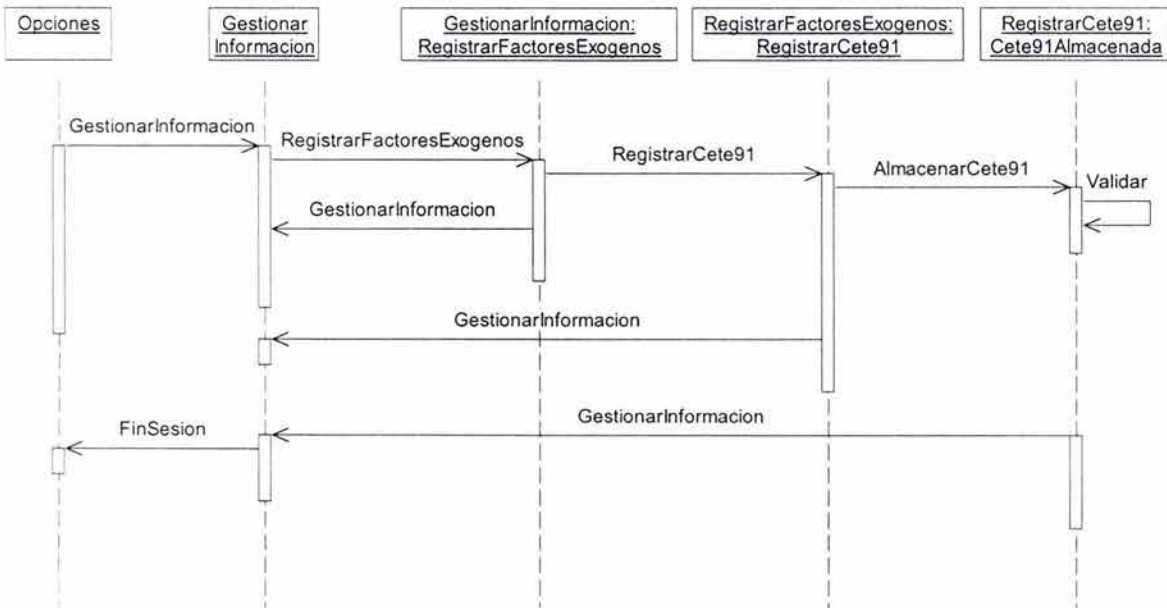
### DIAGRAMA DE SECUENCIA REGISTRAR LA PARIDAD DE COMPRA F1.1.1 (NIVEL AVANZADO)



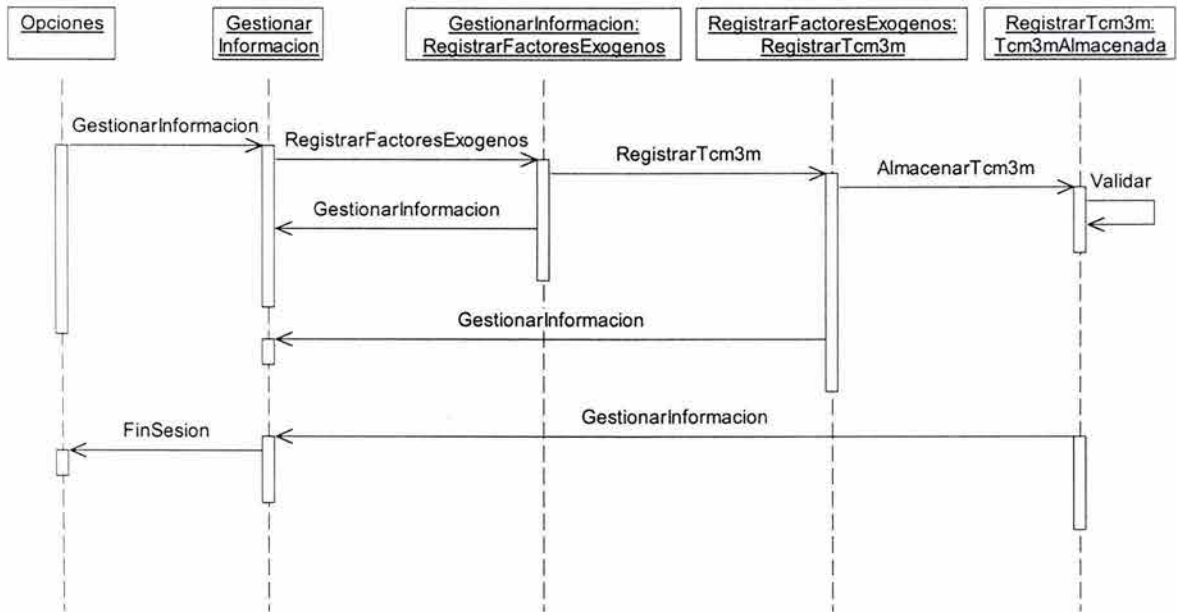
### DIAGRAMA DE SECUENCIA REGISTRAR LA PARIDAD DE VENTA F1.1.2 (NIVEL AVANZADO)



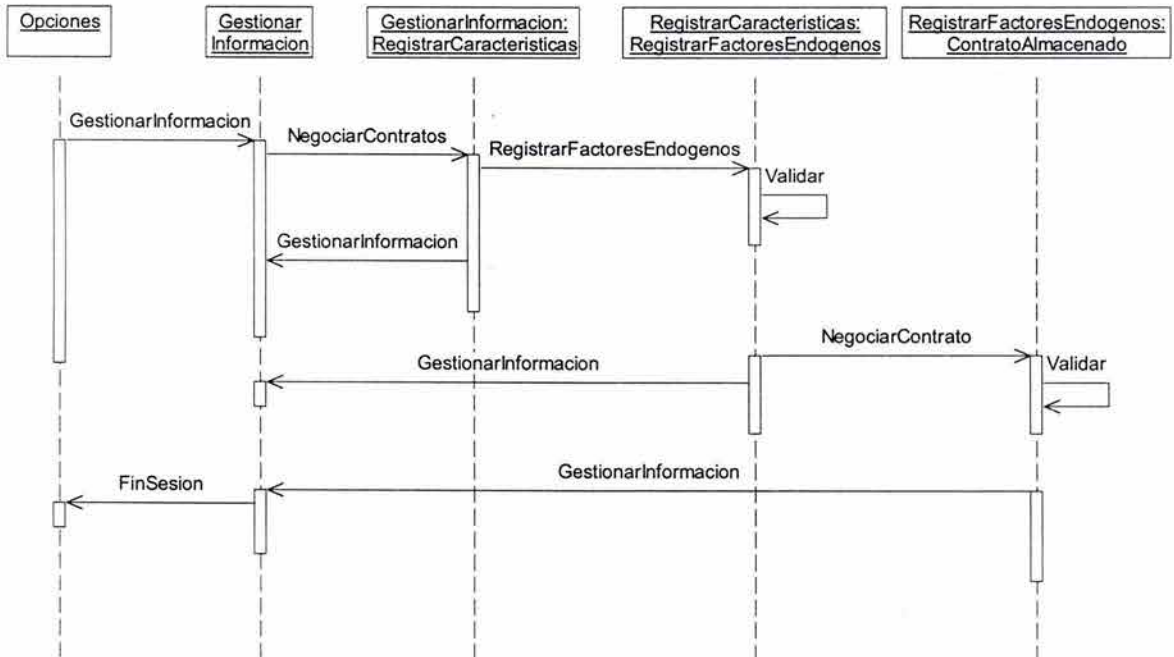
### DIAGRAMA DE SECUENCIA REGISTRAR LA TASA CETE91 F1.1.3 (NIVEL AVANZADO)



### DIAGRAMA DE SECUENCIA REGISTRAR LA TASA TCM3M F1.1.4 (NIVEL AVANZADO)

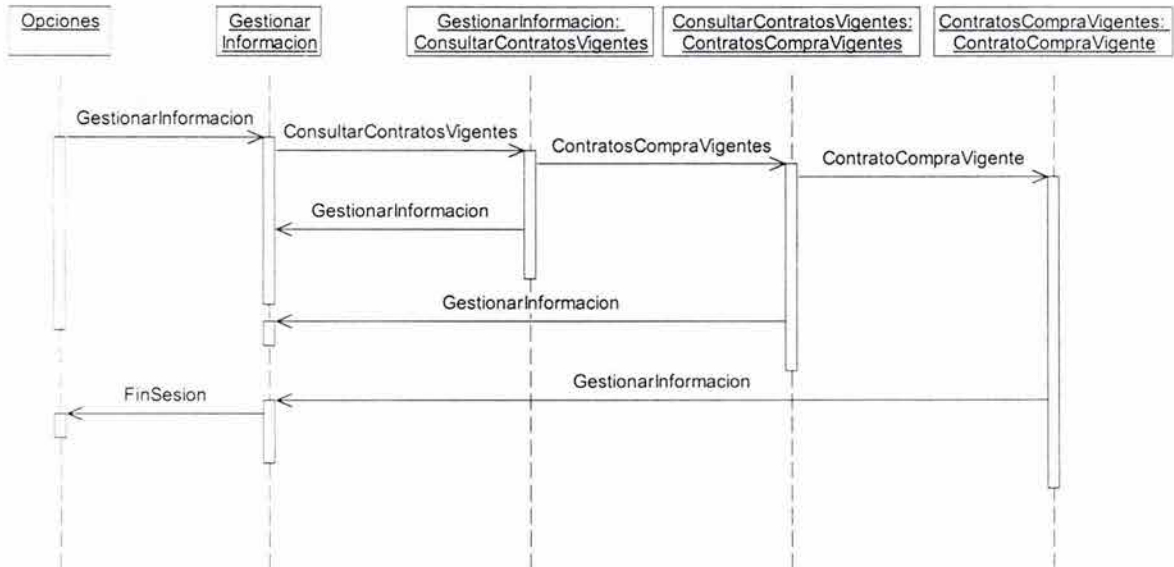


### DIAGRAMA DE SECUENCIA REGISTRAR CARACTERÍSTICAS F1.2.1 (NIVEL INTERMEDIO)

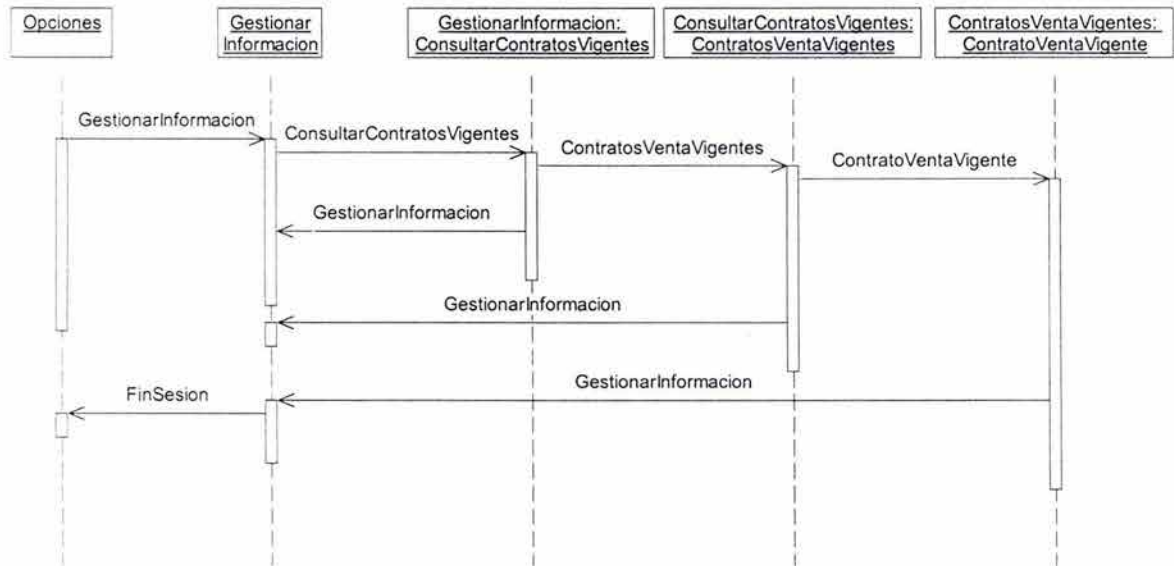




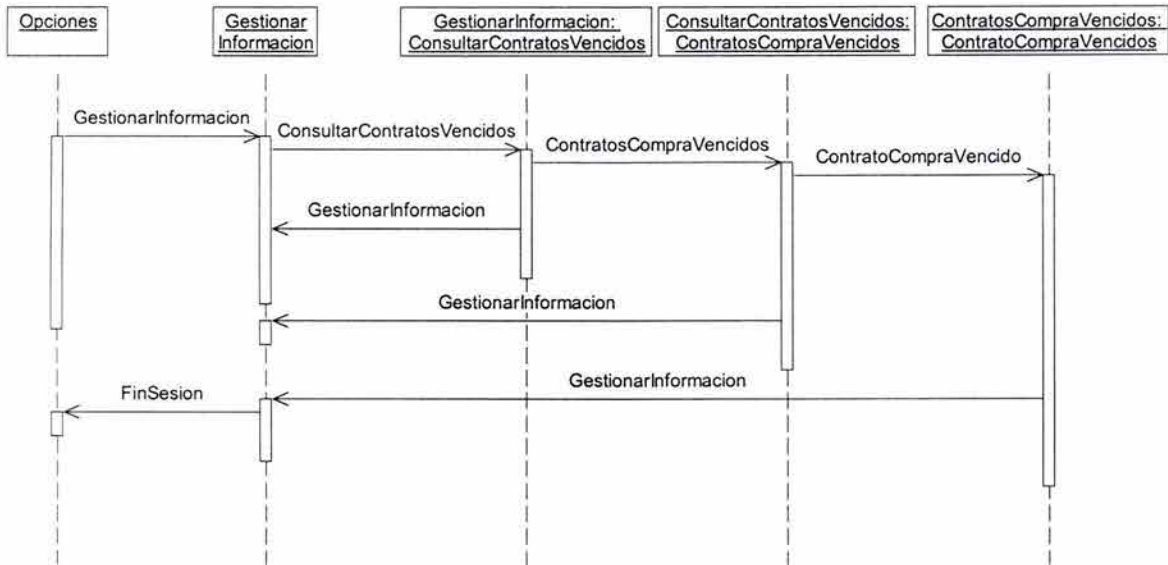
### DIAGRAMA DE SECUENCIA CONSULTAR CONTRATOS DE COMPRA VIGENTES F1.3.1



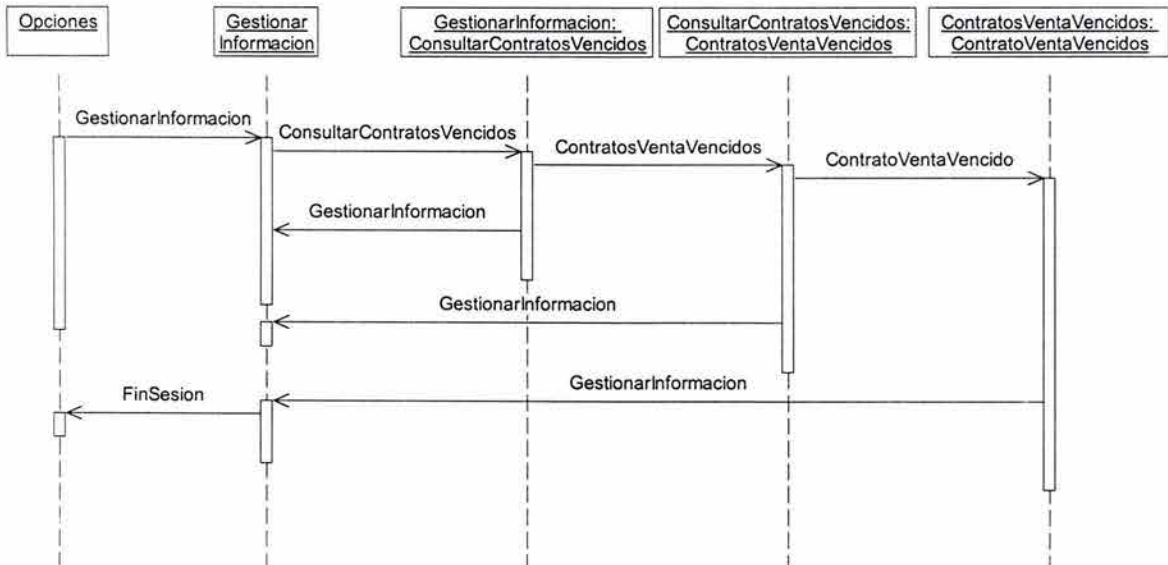
### DIAGRAMA DE SECUENCIA CONSULTAR CONTRATOS DE VENTA VIGENTES F1.3.2



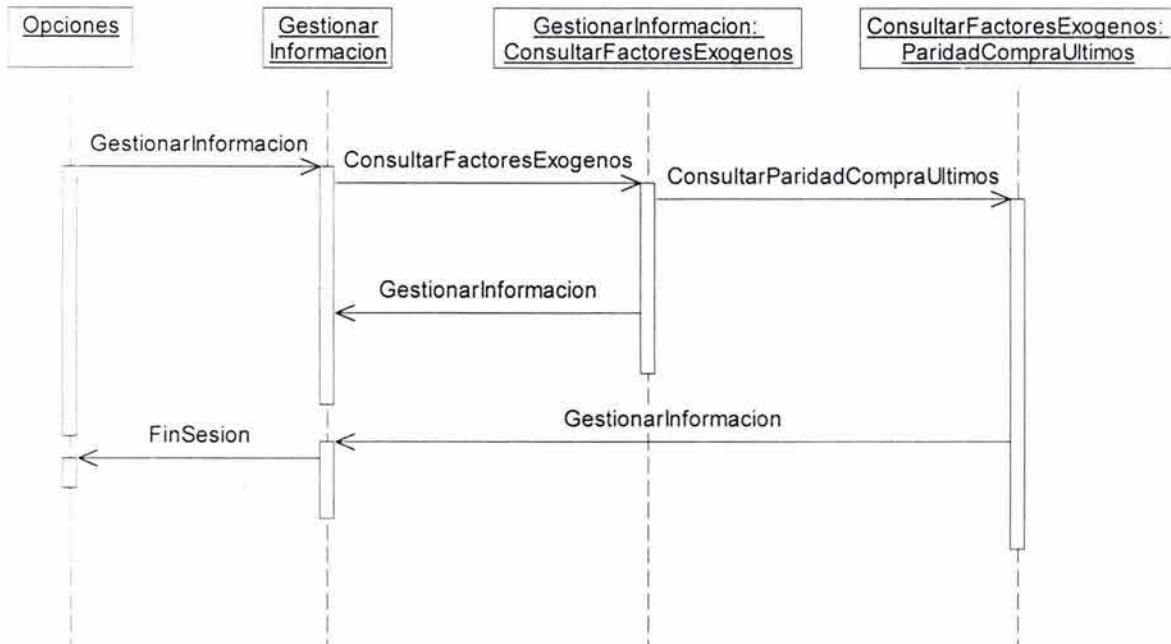
### DIAGRAMA DE SECUENCIA CONSULTAR CONTRATOS DE COMPRA VENCIDOS F1.4.1



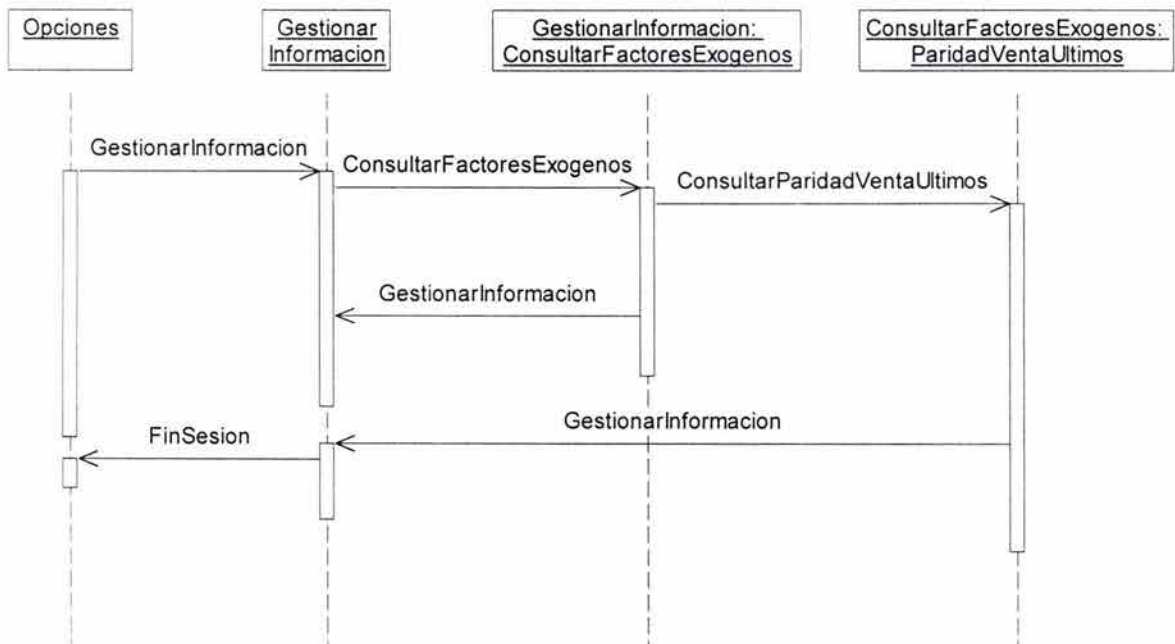
### DIAGRAMA DE SECUENCIA CONSULTAR CONTRATOS DE VENTA VENCIDOS F1.4.2



**DIAGRAMA DE SECUENCIA  
CONSULTAR LA PARIDAD DE COMPRA (ÚLTIMOS DÍAS)  
F1.5.1**

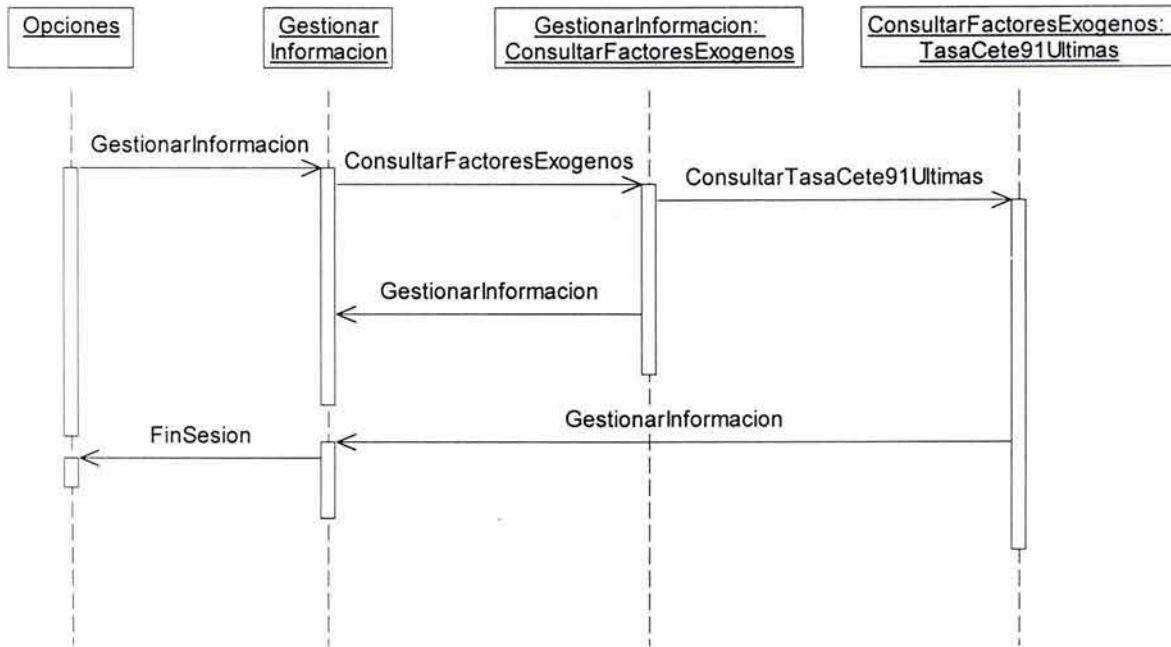


**DIAGRAMA DE SECUENCIA  
CONSULTAR LA PARIDAD DE VENTA (ÚLTIMOS DÍAS)  
F1.5.2**

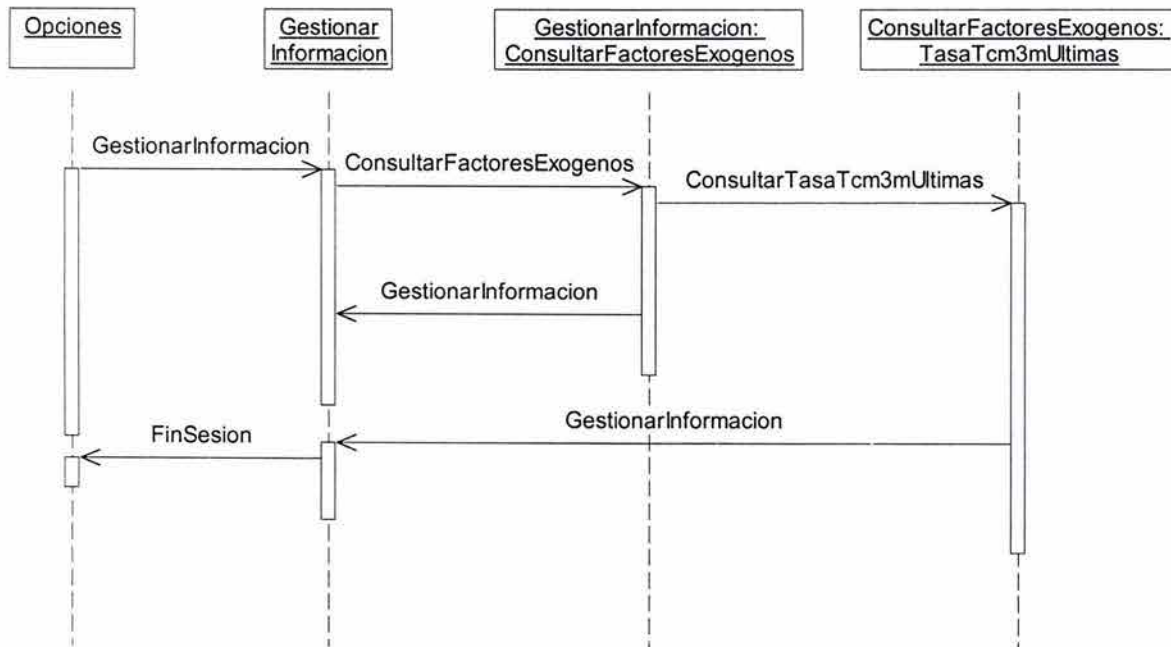




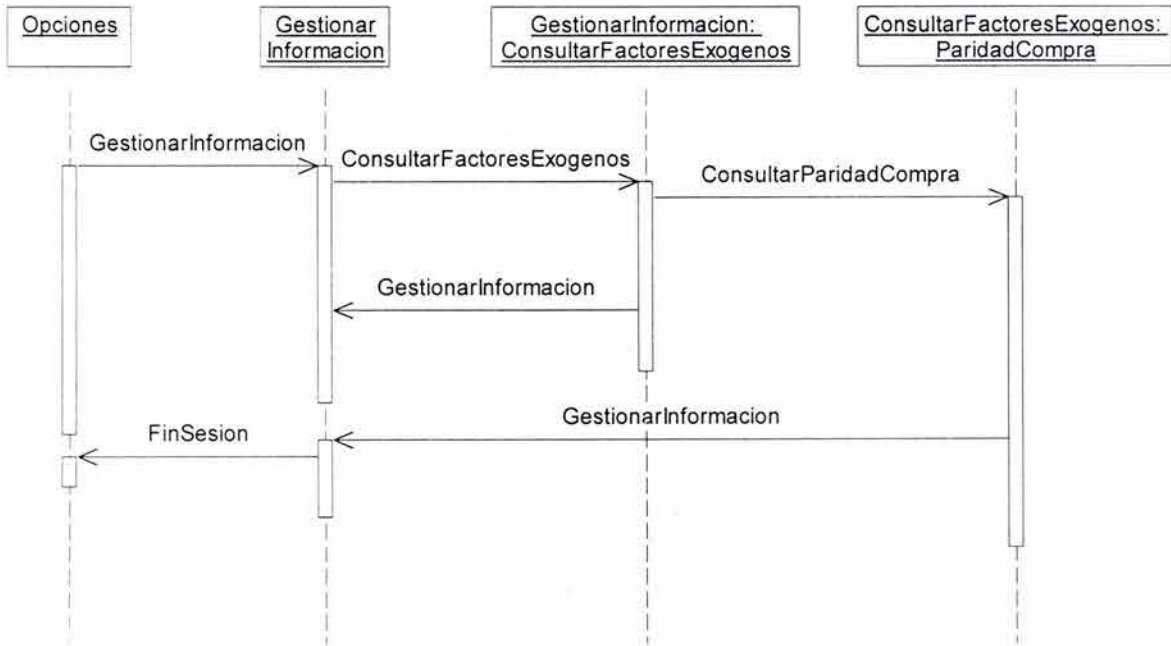
### DIAGRAMA DE SECUENCIA CONSULTAR LA TASA CETE91 (ÚLTIMAS SUBASTAS) F1.5.3



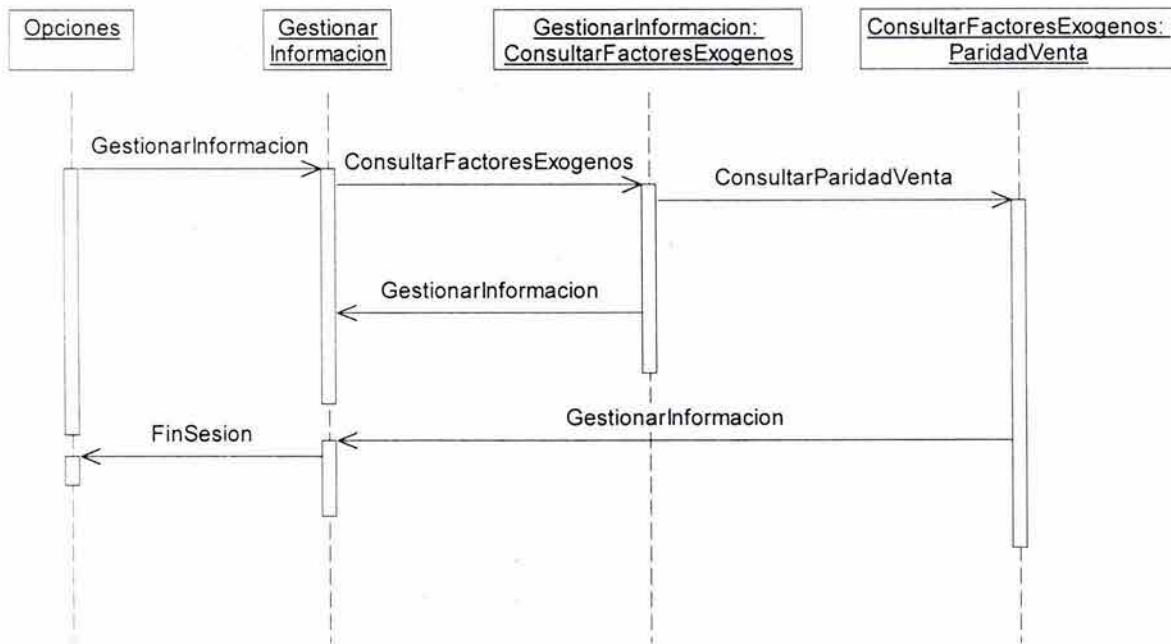
### DIAGRAMA DE SECUENCIA CONSULTAR LA TASA TCM3M (ÚLTIMAS PUBLICACIONES) F1.5.4



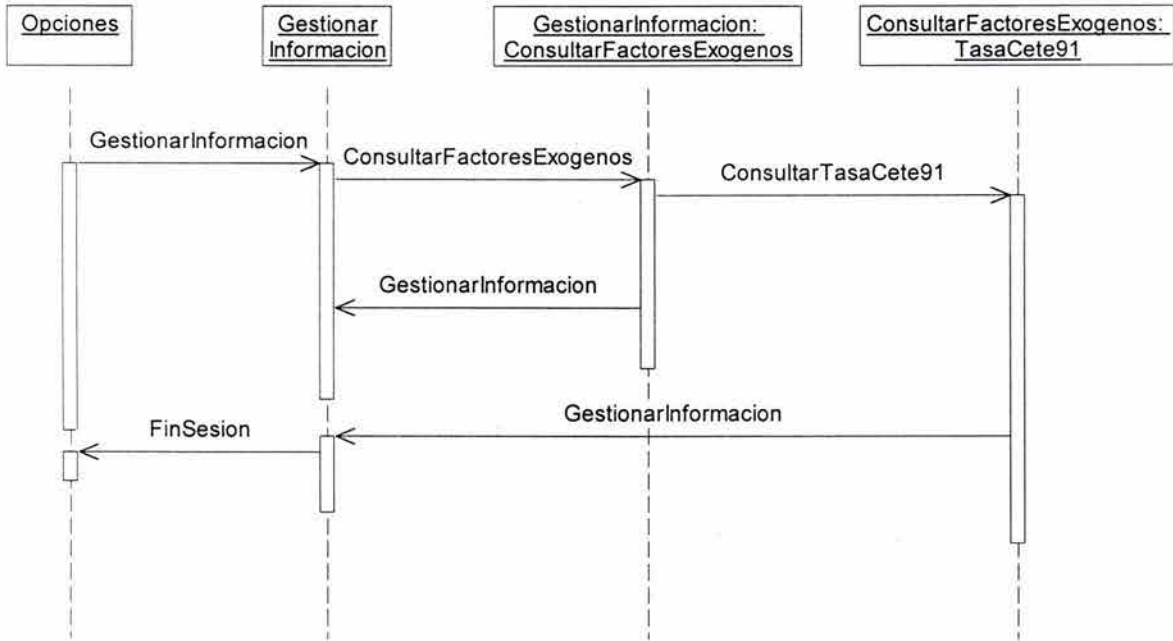
### DIAGRAMA DE SECUENCIA CONSULTAR LA PARIDAD DE COMPRA F1.5.5



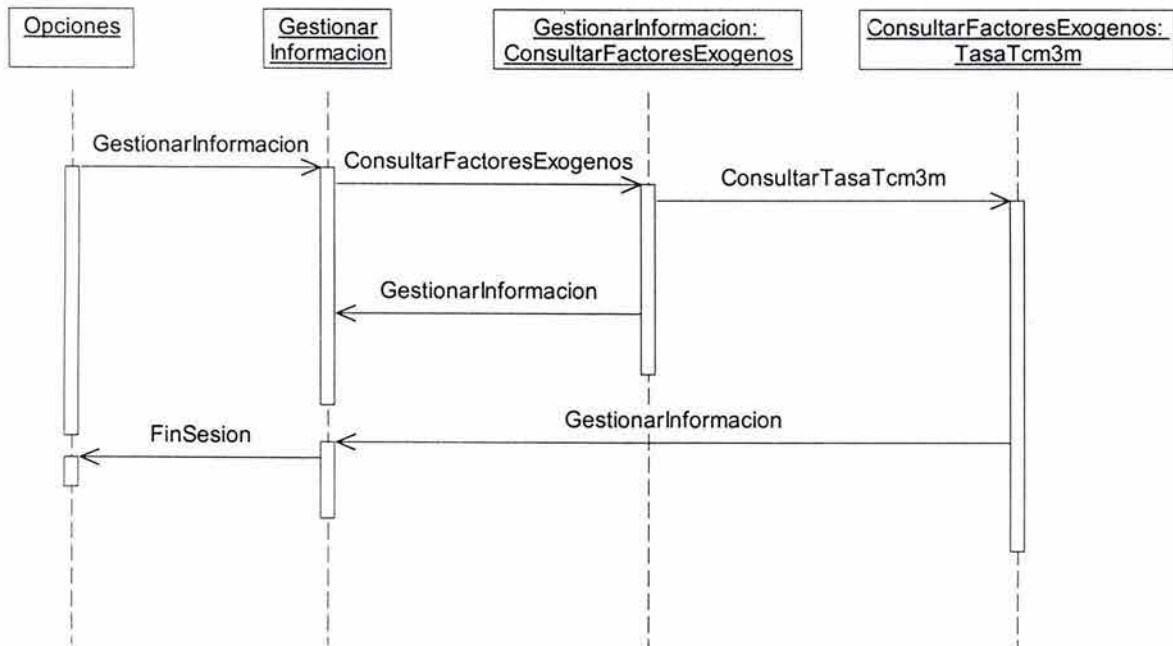
### DIAGRAMA DE SECUENCIA CONSULTAR LA PARIDAD DE VENTA F1.5.6



### DIAGRAMA DE SECUENCIA CONSULTAR LA TASA CETE91 F1.5.7

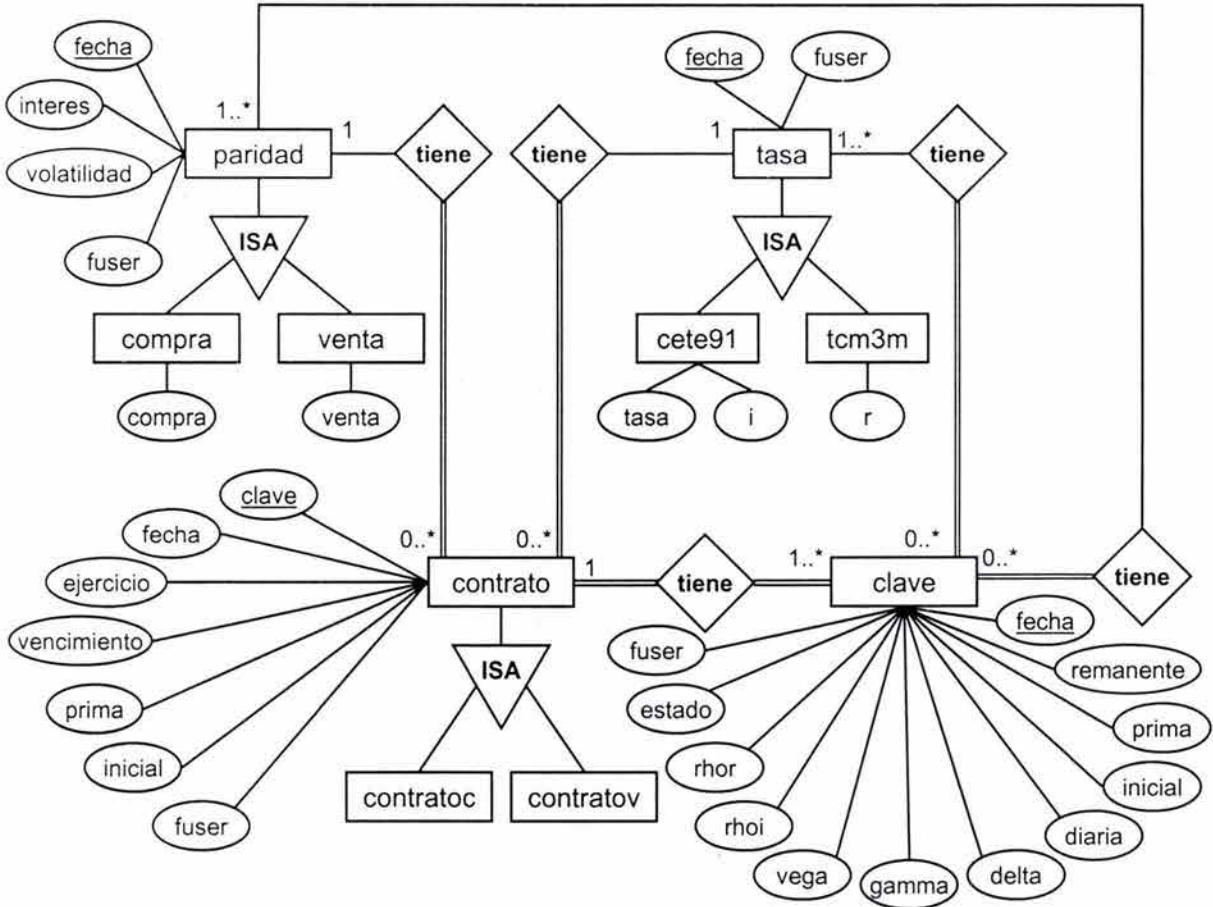


### DIAGRAMA DE SECUENCIA CONSULTAR LA TASA TCM3M F1.5.4

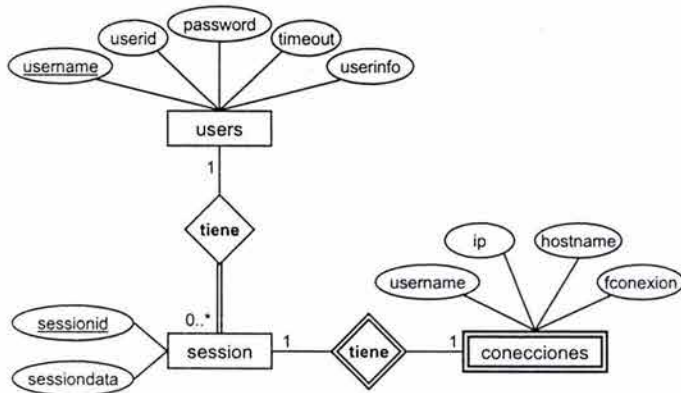




**DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN  
ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS**



**DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN  
ACCESO A LA BASE DE DATOS**



Las tablas son las siguientes:

### **COMPRA**

Está asociada a la paridad de compra y es necesaria para la valuación de los contratos de venta.

```
CREATE TABLE compra (fecha date PRIMARY KEY, compra double precision CHECK (compra > 0),  
interes double precision, volatilidad double precision CHECK (volatilidad >= 0), fuser text);
```

```
CREATE VIEW vcompra AS SELECT compra.fecha, compra.compra, compra.interes,  
compra.volatilidad, compra.fuser FROM compra ORDER BY compra.fecha;
```

### **VENTA**

Está asociada a la paridad de venta y es necesaria para la valuación de los contratos de compra.

```
CREATE TABLE venta (fecha date PRIMARY KEY, venta double precision CHECK (venta > 0), interes  
double precision, volatilidad double precision CHECK (volatilidad >= 0), fuser text);
```

```
CREATE VIEW vventa AS SELECT venta.fecha, venta.venta, venta.interes, venta.volatilidad, venta.fuser  
FROM venta ORDER BY venta.fecha;
```

### **CETE91**

Está asociada a la tasa de interés libre de riesgo nacional y es necesaria para la valuación de los contratos de compra y venta.

```
CREATE TABLE cete91 (fecha date PRIMARY KEY, tasa double precision CHECK (tasa > 0), i double  
precision CHECK (i > 0), fuser text);
```

```
CREATE VIEW vcete91 AS SELECT cete91.fecha, cete91.tasa, cete91.i, cete91.fuser FROM cete91  
ORDER BY cete91.fecha;
```

### **TCM3M**

Está asociada a la tasa de interés libre de riesgo extranjera y es necesaria para la valuación de los contratos de compra y venta.

```
CREATE TABLE tcm3m (fecha date PRIMARY KEY, r double precision CHECK (r > 0), fuser text);
```

```
CREATE VIEW vtcm3m AS SELECT tcm3m.fecha, tcm3m.r, tcm3m.fuser FROM tcm3m ORDER BY  
tcm3m.fecha;
```

## CONTRATOC

Está asociada a los contratos de compra.

```
CREATE TABLE contratoc (clave text PRIMARY KEY, fecha date CONSTRAINT pk_venta FOREIGN KEY (fecha) REFERENCES venta, ejercicio double precision CHECK (ejercicio > 0), vencimiento date CHECK (vencimiento > fecha), prima double precision CHECK (prima > 0), inicial double precision CHECK (inicial >= prima), fuser text);
```

```
CREATE VIEW vcontratoc AS SELECT contratoc.clave, contratoc.fecha, vventa.venta, vventa.volatilidad, vcete91.i, vtc3m.r, contratoc.ejercicio, contratoc.vencimiento, contratoc.prima, contratoc.inicial, contratoc.fuser WHERE (((contratoc.fecha = vventa.fecha) AND (vcete91.fecha = cete91_i(contratoc.fecha))) AND (vtc3m.fecha = tcm3m_r(contratoc.fecha)));
```

## CONTRATOV

Está asociada a los contratos de venta.

```
CREATE TABLE contratov (clave text PRIMARY KEY, fecha date CONSTRAINT pk_compra FOREIGN KEY (fecha) REFERENCES compra, ejercicio double precision CHECK (ejercicio > 0), vencimiento date CHECK (vencimiento > fecha), prima double precision CHECK (prima > 0), inicial double precision CHECK (inicial >= prima), fuser text);
```

```
CREATE VIEW vcontratov AS SELECT contratov.clave, contratov.fecha, vcompra.compra, vcompra.volatilidad, vcete91.i, vtc3m.r, contratov.ejercicio, contratov.vencimiento, contratov.prima, contratov.inicial, contratov.fuser WHERE (((contratov.fecha = vcompra.fecha) AND (vcete91.fecha = cete91_i(contratov.fecha))) AND (vtc3m.fecha = tcm3m_r(contratov.fecha)));
```

## CLAVE

Está asociada al estado de resultados de los contratos de compra y venta.

```
CREATE TABLE clave (fecha date PRIMARY KEY, CONSTRAINT pk_venta FOREIGN KEY (fecha) REFERENCES venta, remanente int CHECK (remanente >= 0), prima float CHECK (prima >= 0), inicial float CHECK (inicial >= prima), diaria float, delta float CHECK (delta >= -1 AND delta <= 1), gamma float CHECK (gamma >= 0), vega float CHECK (vega >= 0), rhoi float CHECK (rhoi >= 0), rhor float CHECK (rhorr <= 0), estado int CHECK (estado >= -1 AND estado <= 1), fuser text);
```

```
CREATE VIEW vclave AS SELECT clave.fecha, clave.remanente, vventa.venta, vventa.volatilidad, vcete91.i, vtc3m.r, clave.prima, clave.inicial, clave.diaria, clave.delta, clave.gamma, clave.vega, clave.rhoi, clave.rhor, vestado.estado, clave.fuser WHERE clave.fecha = vventa.fecha AND vcete91.fecha = cete91_i(clave.fecha+1) AND vtc3m.fecha = tcm3m_r(clave.fecha+1) AND clave.estado = vestado.clave;
```



```
CREATE TABLE clave (fecha date PRIMARY KEY, CONSTRAINT pk_compra FOREIGN KEY (fecha) REFERENCES compra, remanente int CHECK (remanente >= 0), prima float CHECK (prima >= 0), inicial float CHECK (inicial >= prima), diaria float, delta float CHECK (delta >= -1 AND delta <= 1), gamma float CHECK (gamma >= 0), vega float CHECK (vega >= 0), rhoi float CHECK (rhoi <= 0), rhor float CHECK (rhor >= 0), estado int CHECK (estado >= -1 AND estado <= 1), fuser text);
```

```
CREATE VIEW vclave AS SELECT clave.fecha, clave.remanente, vcompra.compra, vcompra.volatilidad, vcete91.i, vtc3m.r, clave.prima, clave.inicial, clave.diaria, clave.delta, clave.gamma, clave.vega, clave.rhoi, clave.rhor, vestado.estado, clave.fuser WHERE clave.fecha = vcompra.fecha AND vcete91.fecha = cete91_i(clave.fecha+1) AND vtc3m.fecha = tcm3m_r(clave.fecha+1) AND clave.estado = vestado.clave;
```

## USERS

Está asociada a los usuarios del SIERNA®Opciones.

```
CREATE TABLE users (username varchar(30) PRIMARY KEY, userid varchar(13), password varchar(30), timeout integer, userinfo text);
```

## SESSION

Está asociada a las sesiones para ingresar al SIERNA®Opciones.

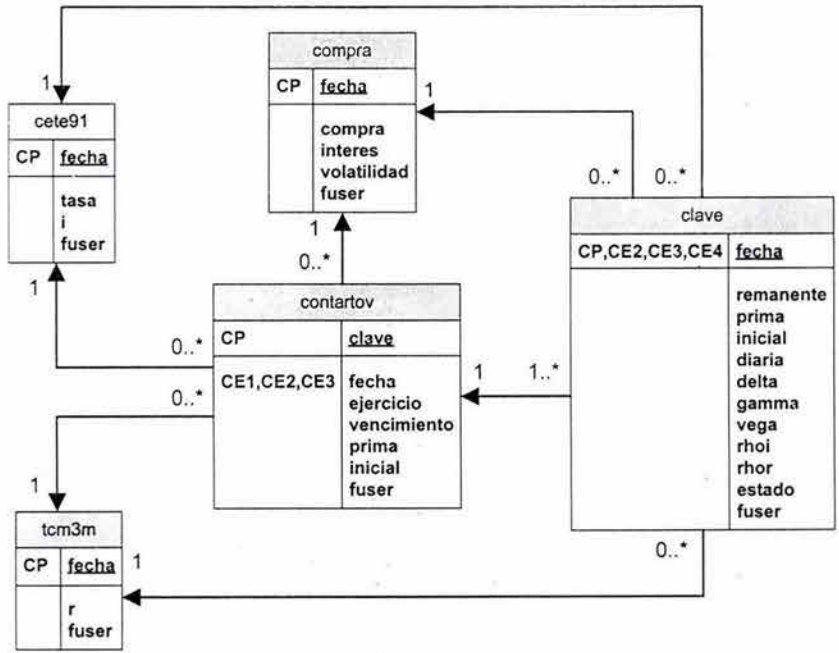
```
CREATE TABLE session (sessionid varchar(13) PRIMARY KEY, sessiondata text);
```

## CONECCIONES

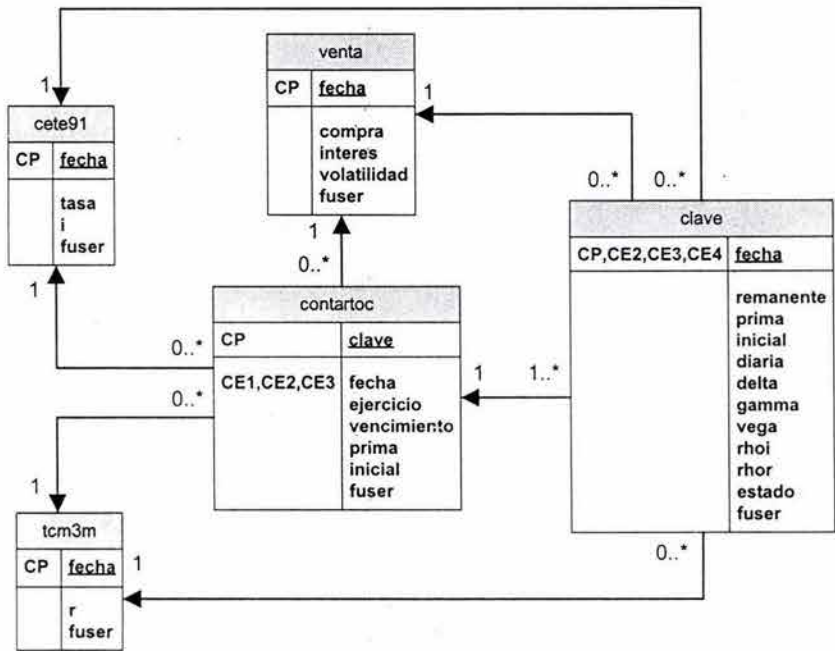
Está asociada a las conexiones de ingreso al SIERNA®Opciones.

```
CREATE TABLE conecciones (sessionid varchar(13) PRIMARY KEY, username varchar(30), ip varchar(25), hostname varchar(50), fconexion timestamp);
```

### DIAGRAMA RELACIÓN DE ENTIDADES CONTRATOS DE VENTA



### DIAGRAMA RELACIÓN DE ENTIDADES CONTRATOS DE COMPRA



## PROTOTIPO

*Modelo no del todo funcional ya que no realiza la totalidad de las funciones necesarias del sistema final, sin embargo proporciona la retroalimentación temprana por parte de los usuarios acerca del SIERNA®Opciones.*



SIERNA®Opciones. Forma para registrar *Login* y *Password*.

Forma de acceso del SIERNA®Opciones, en la que los usuarios se registran por medio del *login* y *password*. El acceso puede restringirse a día, horario y dirección IP. Puede aumentarse la dirección física de la tarjeta de red para brindar mayor seguridad.

Una vez que los usuarios se registran, al presionar el botón continuar, submiten la forma y la información es validada, en caso de ser correcta, entonces se crea la sesión de acceso que les permite navegar a través del SIERNA®Opciones, de otra forma el SIERNA®Opciones no permite el acceso.

El prototipo del SIERNA®Opciones es una aplicación que se encuentra funcionando en el nodo de desarrollo y cuenta con una actualización en <https://erdos.fciencias.unam.mx/Opciones.php3>.

En las páginas siguientes se presentan algunas de las formas de registro, negociación y consulta del SIERNA®Opciones.




Jose Antonio Clement Hernández, Universidad Nacional Autónoma de México - Morelia

Archivo Editar Ver Go Bookmarks Lemas Ventana Ayuda

https://discovery.fciencias.unam.mx/Opciones/Opciones.php?sessionid=412678fcd26

Home Bookmarks Red Hat Network Support Shop Products Training



¡Hola! José Antonio Clement Hernández,  
 Gracias por visitarnos desde discovery.fciencias.unam.mx 132.248.133.69  
 Emulando Mozilla/5.0 (X11; U; Linux i686; es-ES; rv:1.2.1) Gecko/20030225  
 La fecha y hora del servidor es: jueves 26 agosto 2004 17:48:06

**MENÚ DE OPCIONES**

- Modelo para Registrar Factores Exógenos
- Modelo para Negociar Contratos de Opciones
- Modelo para Consultar Contratos Vigentes
- Modelo para Consultar Contratos Yendo
- Modelo para Consultar Factores Exógenos
- Opciones de Compra
- Opciones de Venta
- Conexión para Consultar la Paridad de Compra
- Conexión para Consultar la Tasa CETE 91
- Conexión para Consultar la Tasa TCMIM
- Inicio Sesión

**Paridad del Último Día Hábil**

Fecha	Moneda Compra	Valor Actual
26-08-2004	14.3570	0.0590

**Tasa de CETE 91 Vigente**

Fecha	CETE	Tasa Actual
26-08-2004	7.7100	0.0764

**Tasa de TCMIM Vigente**

Fecha	TCMIM
26-08-2004	0.0146

Inicio Sesión Done

Jose Antonio Clement Hernández, Universidad Nacional Autónoma de México

jue 26 de ago 17:48

SIERNA®Opciones. Menú para Gestionar la Información.

Jose Antonio Clement Hernández, Facultad de Ciencias - Morelia

Archivo Editar Ver Go Bookmarks Lemas Ventana Ayuda

https://discovery.fciencias.unam.mx/Opciones/Compra.php?sessionid=4126778eed259

Home Bookmarks Red Hat Network Support Shop Products Training

**FORMA PARA REGISTRAR LA PARIDAD DE COMPRA**

Ingresar la paridad de compra del dólar americano (Banco de México). Tipo de Cambio Interbancario Spot

**Precio de Compra**

**Fecha** 26-08-2004 jueves

Los ambos son obligatorios

CONTINUAR para ingresar el precio de compra.

➤ Menú Principal ➤ Inicio Sesión

Página de Inicio

http://discovery.fciencias.unam.mx/

Jose Antonio Clement Hernández, Facultad de Ciencias - Morelia

Jose Antonio Clement Hernández

Jose Antonio Clement Hernández, Facultad de Ciencias - Morelia

jue 26 de ago 18:52

SIERNA®Opciones. Forma para Registrar la Paridad de Compra.

Jose Antonio Clement Hernandez, Facultad de Ciencias - Morelia

Archivo Editar Ver Go Bookmarks Favores Ver Favoritos Ayuda

https://discovery.fciencias.unam.mx/Opciones/Contratos/cv.php?sessionid=112670f4c2c

Home Bookmarks Red Hat Network Support Shop Products Training

**MENÚ PARA CONSULTAR LOS CONTRATOS DE COMPRA VENCIDOS**

Seleccionar el Contrato para Consultar su Estado

Clave	Fecha	Paridad	Precio de Liquidación	Fecha de Vencimiento	Prima	Margen Inicial Mínimo
C04011_040413_A_EFEC_11P25	12-04-2004	11.2480	11.2500	13-04-2004	0.02070	0.02070
C04012_040416_E_EFEC_11P25	12-04-2004	11.2480	11.2500	16-04-2004	0.04396	0.04396
C04011_040419_A_EFEC_11P25	12-04-2004	11.2480	11.2500	19-04-2004	0.05983	0.05983
C04022_040528_A_EFEC_11P289	22-04-2004	11.2890	11.2890	28-05-2004	0.14859	0.14859
C04026_040503_E_EFEC_11P19	26-05-2004	11.4800	11.4800	03-05-2004	0.23738	0.23738
C04051_040806_A_ESPC_11P415	31-05-2004	11.1100	11.1150	06-08-2004	0.33180	0.33180

CONTINUAR para irse a la Men Principal

CONTINUAR

Men Principal Deudas

http://discovery.fciencias.unam.mx/Opciones/Contratos/cv.php?sessionid=112670f4c2c

Jose Antonio Clement Hernandez

Jose Antonio Clement Hernandez

Jose Antonio Clement Hernandez, Facultad de Ciencias - Morelia

Jun 26 de ago 17:51

**SIERNA@Opciones. Menú para Consultar los Contratos.**

Jose Antonio Clement Hernandez, Facultad de Ciencias - Morelia

https://discovery.fciencias.unam.mx/Opciones/consultar.php?sessionid=112667d4c2d5

Home Bookmarks Red Hat Network Support Shop Products Training

**CONTRATO C040422\_040528\_A\_EFEC\_11P289**

Clave	Fecha	Paridad	Precio de Liquidación	Fecha de Vencimiento	Prima	Margen Inicial Mínimo
C040422_040528_A_EFEC_11P289	22-04-2004	11.2890	11.2890	28-05-2004	0.14859	0.14859

Fecha	F	P	Prima	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	D	G	L	R	R <sub>1</sub>	ESTADO	Importe
22-04-2004	36	11.2890	0.14859	0.14859	0.00000	0.5781	1.5081	0.0130	0.0364	0.0365	Fuera de Dinero	0.00000
23-04-2004	35	11.3675	0.19264	0.26614	0.11754	0.6700	1.7105	0.0178	0.0072	-0.0074	Dentro de Dinero	0.07330
24-04-2004	34	11.5300	0.17530	0.22638	-0.03976	0.6421	1.2881	0.0139	0.0067	-0.0069	Dentro de Dinero	0.05100
25-04-2004	33	11.3800	0.17247	0.22347	-0.00291	0.6424	1.2907	0.0123	0.0085	-0.0067	Dentro de Dinero	0.05100
26-04-2004	32	11.5300	0.16066	0.22066	-0.00281	0.6426	1.3130	0.0126	0.0065	-0.0065	Dentro de Dinero	0.05100
27-04-2004	31	11.2770	0.12974	0.12974	-0.09092	0.5533	1.4126	0.0131	0.0033	-0.0034	Fuera de Dinero	0.50000
28-04-2004	30	11.3569	0.12109	0.12109	-0.00864	0.5390	1.4471	0.0129	0.0039	-0.0031	Fuera de Dinero	0.00000
29-04-2004	29	11.3950	0.20139	0.30759	0.18049	0.1125	1.3282	0.0140	0.0064	-0.0065	Dentro de Dinero	0.10000
30-04-2004	28	11.4320	0.22620	0.36920	0.06161	0.7577	1.1401	0.0099	0.0066	-0.0067	Dentro de Dinero	0.14300
01-05-2004	27	11.4140	0.21095	0.23067	-0.03418	0.7304	1.2109	0.0103	0.0062	-0.0063	Dentro de Dinero	0.12500
02-05-2004	26	11.4130	0.20702	0.33202	-0.00303	0.7409	1.3316	0.0099	0.0060	-0.0061	Dentro de Dinero	0.12500
03-05-2004	25	11.4140	0.20423	0.32923	-0.00179	0.7429	1.3310	0.0097	0.0057	-0.0059	Dentro de Dinero	0.12500
04-05-2004	24	11.4480	0.22753	0.38693	0.05730	0.7660	1.1407	0.0088	0.0056	-0.0060	Dentro de Dinero	0.15000
05-05-2004	23	11.4050	0.19113	0.30013	-0.07840	0.7351	1.3299	0.0094	0.0052	-0.0054	Dentro de Dinero	0.11600
06-05-2004	22	11.4240	0.20321	0.33821	0.03008	0.7623	1.2755	0.0081	0.0052	-0.0053	Dentro de Dinero	0.13500
07-05-2004	21	11.4490	0.22523	0.38523	0.04701	0.8643	1.1629	0.0076	0.0052	-0.0054	Dentro de Dinero	0.16000
08-05-2004	20	11.5300	0.32774	0.66871	0.22349	0.9114	0.6559	0.0047	0.0037	-0.0039	Dentro de Dinero	0.28100
09-05-2004	19	11.5700	0.32497	0.66597	0.00278	0.9195	0.6465	0.0040	0.0034	-0.0036	Dentro de Dinero	0.28100
10-05-2004	18	11.5700	0.32235	0.66335	0.00262	0.9230	0.6369	0.0037	0.0032	-0.0035	Dentro de Dinero	0.28100

Jose Antonio Clement Hernandez, Facultad de Ciencias - Morelia

Jun 26 de ago 17:52

**SIERNA@Opciones. Consulta del Contrato.**



### FORMA PARA LA NEGOCIACIÓN DE CONTRATOS DE OPCIONES

Seleccionar el Estilo, el Tipo, la Emisión y la Liquidación del Contrato.

Estilo	Tipo	Emisión y Liquidación
<input type="checkbox"/> Americano	<input type="checkbox"/> Compra	<input type="checkbox"/> Ejercicio en Efectivo
<input type="checkbox"/> Europeo	<input type="checkbox"/> Venta	<input type="checkbox"/> Ejercicio en Especie Cubierta
		<input type="checkbox"/> Ejercicio en Especie Descubierta

CONTINUAR para ingresar los Factores Endógenos: Precio de Liquidación al Vencimiento y Fecha de Vencimiento

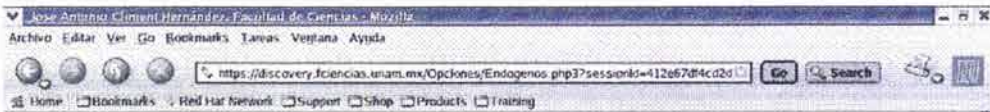
[Menú Principal](#) [Fin de Sesión](#)

https://discovery.fciencias.unam.mx/  
Web Master: jacob@fciencias.unam.mx  
Email: aclement@ci.com 26/08/2004

Universidad Nacional Autónoma de México  
José Antonio Climent Hernández



### SIERNA®Opciones. Forma para Registrar las Características.



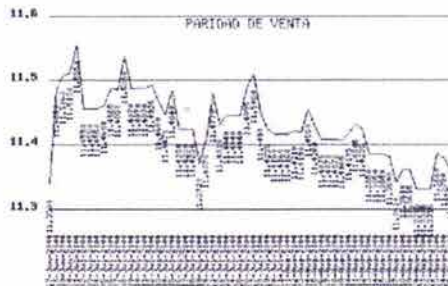
### Opción Americana de Compra con Ejercicio en Efectivo

Ingresar el precio de liquidación y Seleccionar la fecha de vencimiento.

Fecha	Precio de Mercado	Volatilidad	CETE91	TCM3M	Precio de liquidación	Fecha de Vencimiento
26-08-2004	11.3585	0.0679	0.0764	0.0146		27-08-2004 viernes

CONTINUAR para Negociar el Contrato

[Menú Principal](#) [Fin de Sesión](#)



https://discovery.fciencias.unam.mx/  
Web Master: jacob@fciencias.unam.mx  
Email: aclement@ci.com 26/08/2004

Universidad Nacional Autónoma de México  
José Antonio Climent Hernández



### SIERNA®Opciones. Forma para Registrar Factores Endógenos.



## CONCLUSIONES

El análisis y diseño del SIERNA®Opciones está basado en las necesidades de registro, validación, negociación, almacenamiento y consulta de los factores de influencia en la valuación de los contratos de opciones emitidas sobre dólar americano, valuación diaria a precio de cierre del día hábil inmediato anterior, estado de resultados, griegas, estado y valor intrínseco de los contratos negociados.

El SIERNA®Opciones realiza el cómputo de las operaciones para conocer la volatilidad subyacente de compra y venta, la tasa instantánea anual equivalente a la emisión del CETE91. El registro, validación y almacenamiento de las paridades realiza el cómputo de la volatilidad, sin embargo requiere la existencia de las tasas de interés libres de riesgo vigentes, para computar las operaciones de valuación diaria a precio de mercado, estado de resultados, griegas, estado y valor intrínseco de los contratos vigentes.

El análisis y diseño del SIERNA®Opciones considera las características necesarias mínimas que los inversionistas requieren para valorar opciones emitidas sobre dólar americano, calcular las aportaciones mínimas, liquidaciones diarias, cuantificar el riesgo ante cambios en los factores de influencia, conocer el estado y valor intrínseco de los contratos negociados a través de su vigencia.

Las operaciones necesarias para negociar contratos, si el SIERNA®Opciones cuenta con la paridad del día hábil inmediato anterior y las tasas vigentes, son registrar el precio de liquidación y la fecha de vencimiento. Entonces, desde ese momento los usuarios avanzados registran las paridades de compra, venta y las tasas de interés libres de riesgo para actualizar la información de los contratos vigentes, mientras los usuarios intermedios y finales pueden consultar la información actualizada de los contratos negociados.

El ambiente de implementación del SIERNA®Opciones es totalmente gratuito, de distribución libre, multiusuario y multitarea, lo que permitió desarrollar un prototipo de calidad y bajo costo que da a los usuarios la posibilidad de consultar la información de los contratos negociados para realizar el análisis y tomar las decisiones adecuadas. Las decisiones están más allá del prototipo ya que el SIERNA®Opciones no asigna los contratos negociados a los socios liquidadores, no cuenta con el registro de los poseedores y no considera el pronto ejercicio de los contratos estilo americano. Sin embargo la información está disponible para los usuarios, mediante el cómputo mínimo de operaciones, lo cual cumple con el objetivo de adaptarse a los mercados organizados, instituciones financieras, mercados virtuales o instituciones educativas mediante el eficiente uso de la información almacenada. Las limitantes del prototipo se deben a que el análisis, diseño, codificación y pruebas, es decir, el desarrollo no es para alguna empresa en particular y mediante el desarrollo de los módulos correspondientes el SIERNA®Opciones puede satisfacer las necesidades de la institución que así lo desee.

# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El resultado del análisis de los métodos *Cox, Ross & Rubinstein* y *Black & Scholes* es de gran satisfacción ya que mediante la generalización expuesta es posible valorar opciones sobre activos que pagan dividendos equivalentes a la tasa instantánea anual, tales como acciones, índices bursátiles y divisas. El uso de estos métodos ha trascendido del ámbito académico a instituciones financieras para inferir el valor de los contratos.

La motivación para desarrollar el SIERNA®Opciones es que el MexDer cuenta con SENTRA®Derivados para la negociación electrónica de futuros. Sin embargo con la inauguración del mercado de opciones, desde el 22 de marzo de 2004, MexDer utiliza el **S/SMART** (*System for Markets Automatic Real Time*), sistema electrónico que **MEFF** (Mercado Español de Futuros y Opciones Financieros) utiliza para la negociación, compensación y liquidación de sus mercados, por lo que el SENTRA®Derivados ha migrado a **S/SMART** la operación de futuros sobre el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores y los contratos de futuros sobre acciones individuales listadas en MexDer.

El SIERNA®Opciones es el prototipo para desarrollar un sistema de alta calidad y bajo costo, que mediante el uso de la metodología y herramientas adecuadas, el cual debe ser analizado, diseñado, codificado y probado en instituciones mexicanas para su uso y exportación.

El SIERNA®Opciones satisface las necesidades académicas ya que el análisis teórico de los métodos de valuación, en los cuales está basado, tiene rigor analítico y metodológico, mientras que el desarrollo me ha permitido conocer y aplicar la metodología del ciclo de vida en la obtención del sistema computacional que permite a los usuarios, con el mínimo de operaciones, conocer el resultado de métodos de uso de memoria de complejidad exponencial en pocos segundos, lo cual, tecnológicamente espero explotar académicamente en los cursos de valuación de opciones.

Las limitantes tienen la finalidad de minimizar el uso de recursos, ya que usuarios diferentes pueden negociar contratos de la misma serie y el SIERNA®Opciones genera un contrato en vez de varios, lo cual evita redundancia en la información. Sin embargo el SIERNA®Opciones puede satisfacer las necesidades de algunas empresas, mediante el análisis, diseño, codificación y pruebas de los módulos correspondientes, para asignar contratos a liquidadores, considerando el pronto ejercicio de las opciones americanas, mediante la emisión e impresión de los contratos.





# GLOSARIO

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Acción.** Título que representa parte del capital social de las empresas el cual es colocado entre el público inversionista a través de la **BMV** para obtener financiamiento. La tenencia de la acción otorga a sus compradores los derechos de socio. Parte en que se divide el capital social de las empresas. Parte o fracción del capital social de las sociedades o empresas constituidas como tales.

**Activo subyacente.** Bien o índice de referencia, objeto de los contrato de futuros o de los contratos de opciones, concertados en la Bolsa de Derivados.

**Agente.** Intermediario autorizado para responsabilizarse de la ejecución de los procedimientos de ejercicio y liquidación de contratos de futuros y opciones; función que en MexDer es efectuada por los socios liquidadores.

**Aleatorio.** Conjunto de sucesos que cumplen cierta condición.

**Apache.** Servidor WEB más utilizado en estos tiempos, el cual ejecuta las aplicaciones PHP y administra las rutinas de control de memoria mediante HTTP, permitiendo conexiones remotas con los usuarios.

**Aportación.** Es el efectivo, valores o cualquier otro bien que aprueben las autoridades, que deba entregarse a los socios liquidadores y en su caso, a los operadores, por cada contrato abierto, para procurar el cumplimiento de las obligaciones derivadas de los contratos de futuros y contratos de opciones.

**Aportación inicial mínima.** Efectivo, valores o cualquier otro bien aprobado por las autoridades financieras, que deberán entregar los socios liquidadores a la Cámara de Compensación por cada contrato abierto.

**Asigna.** Fideicomiso administrado por Bancomer S.A., identificado como Asigna, Compensación y Liquidación, cuyo fin es el de compensar y liquidar contratos de futuros y contratos de opciones, y para actuar como contraparte en cada operación que se celebre en MexDer.

**Autoridades Financieras.** En el Mercado Mexicano de Derivados, conjunta o indistintamente, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la Comisión Nacional Bancaria y de Valores y el Banco de México.

**Banco de México.** Banco central autónomo en el ejercicio de sus funciones y en su administración. Su objetivo prioritario es procurar la estabilidad del poder adquisitivo de la moneda nacional, fortaleciendo con ello la rectoría del desarrollo nacional que corresponde al Estado.

**Bien subyacente.** Bien o índice de referencia, objeto de los contratos de futuros o de los contratos de opciones, concertado en la Bolsa de Derivados.

**BIT.** Dígito binario. Unidad mínima de almacenamiento de la información cuyo valor puede ser cero o la unidad, o bien, verdadero o falso.

**Black & Scholes.** Método analítico para la valoración de opciones publicado por *Fisher Black, Myron Sholes & Robert Merton* en la primavera de 1973, Premio Nobel de Economía 1997.

**Bolsa.** Institución responsable de proporcionar la infraestructura, la supervisión y los servicios necesarios para la realización de los procesos de emisión, colocación e intercambio de valores, títulos y de otros instrumentos financieros. Así mismo, hace pública la información bursátil, realiza el manejo administrativo de las operaciones y transmite la información, supervisa las actividades de las empresas emisoras y casas de bolsa, en cuanto al estricto apego a las disposiciones aplicables y fomenta la expansión y competitividad del mercado de valores.

**Bolsa Mexicana de Valores.** Institución sede del mercado mexicano de valores. Institución responsable de proporcionar la infraestructura, la supervisión y los servicios necesarios para la realización de los procesos de emisión, colocación e intercambio de valores y títulos inscritos en el Registro Nacional de Valores (RNV), y de otros instrumentos financieros. Así mismo, hace pública la información bursátil, realiza el manejo administrativo de las operaciones y transmite la información respectiva a SD Indeval, supervisa las actividades de las empresas emisoras y casas de bolsa, en cuanto al estricto apego a las disposiciones aplicables, y fomenta la expansión y competitividad del mercado de valores mexicanos.

**Cámara de compensación.** Es la entidad financiera que realiza centralizadamente la garantía del cumplimiento de los derechos para cada participante, independientemente de la situación financiera de la contraparte, su tarea principal es llevar el registro de las operaciones efectuadas durante la jornada.

**Capa.** Niveles de estructuras o de paquetes o de enlaces utilizados en los protocolos.

**Capital.** Factor económico constituido por el dinero.

**CDROM.** De Compact Disk Read Only Memory, unidad para lectura de discos compactos que contienen información digital.

**CGI.** De Common Gateway Interfase, interfaz común de transmisión. Interfaz ejecutada o interpretada por el servidor para responder a las aplicaciones clientes por medio de la WWW.



**Clase.** Contratos de opciones que tienen como objeto o referencia el mismo activo subyacente (MexDer). Descripción de los grupos de objetos con propiedades comunes, comportamiento común, relaciones comunes y semántica común. Es la plantilla para la creación de objetos (Ingeniería de Software).

**Cliente.** Es la persona que celebra contratos de futuros y/o contratos de opciones en MexDer, a través de los socios liquidadores o de los operadores que actúen como comisionistas de los socios liquidadores y cuya contraparte es la Cámara de Compensación.

**Cliente/Servidor.** Modelo en que los usuarios trabajan en computadoras denominadas sistemas frontales (*front end*) e interaccionan con sistemas servidores denominados posteriores (*back end*), los cuales proporcionan servicios tales como acceso a bases de datos, gestión de red y almacenamiento centralizado de archivos. El sistema cliente ejecuta aplicaciones que interactúan con otros programas que se ejecutan en el servidor. El modelo usado para en desarrollo de sistemas de información, en el que las transacciones se dividen en procesos independientes que cooperan entre sí para intercambiar información, servicios y recursos. Se denomina cliente al proceso que inicia el dialogo o solicita los recursos y se denomina servidor al proceso que responde a las solicitudes.

**Cobertura.** Protección contra cambios adversos en los precios, en las tasas o el tipo de cambio, es decir, es la protección contra el riesgo de mercado.

**Comisión Nacional Bancaria y de Valores.** Órgano desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público responsable de la supervisión y regulación de las entidades financieras y de las personas físicas, y demás personas morales cuando realicen actividades previstas en las leyes relativas al sistema financiero, cuyo fin es proteger los intereses del público.

**Commodity options.** Palabra inglesa que se utiliza para nombrar al conjunto de mercancías como metales y productos agrícolas, negociados en Bolsa o en el mercado spot.

**Comportamiento.** Agrupa las competencias de los objetos, describe las acciones y reacciones de los objetos.

**Comprador.** Es la parte que tiene el derecho de comprar o vender, según corresponda, ante el vendedor el bien subyacente en la fecha de liquidación.

**Contralor normativo.** Es la persona que ha sido designada en términos de los estatutos sociales de la Bolsa y autorizado por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, responsable de vigilar que se observen las reglas, disposiciones, normas de autorregulación que expidan la Bolsa y la Cámara de Compensación, así como las demás disposiciones que emitan las autoridades aplicables al mercado y de proponer al consejo modificaciones a las normas de autorregulación.

**Contrato abierto.** Operación celebrada en MexDer por los clientes a través de los socios liquidadores, que no haya sido cancelada por los mismos clientes, por la celebración de operaciones de naturaleza contraria de la misma serie, a través de los mismos socios liquidadores.



**Contrato de opción.** Contrato estandarizado, en el cual el comprador, mediante el pago de la prima, adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente al precio pactado en determinada fecha futura, y el vendedor se obliga a vender o comprar, según corresponda, el activo subyacente al precio convenido. El comprador puede ejercer dicho derecho, según se haya acordado en el contrato respectivo. Si en el contrato de opción se pacta el pago por diferencias, no se realizará la entrega del activo subyacente.

**Cotización.** Oferta formulada por los formadores de mercado para comprar o vender una serie de contratos de opciones, indicando exclusivamente el precio o la tasa de oferta.

**Cox, Ross & Rubinstein.** Procedimiento numérico de complejidad exponencial basado en la programación dinámica estocástica publicado en octubre de 1979 por *Cox, Ross & Rubinstein*.

**Cuenta.** Conjunto de registros de las operaciones con base al cual Asigna realiza la compensación y el cálculo de las aportaciones iniciales mínimas, aportaciones al fondo de compensación y demás conceptos objeto de compensación y liquidación que la Cámara de Compensación llevará por cada socio liquidador.

**Cuenta general de operaciones.** Es la cuenta de depósito de dinero a la vista que llevan las instituciones de crédito cuyo titular es la Cámara de Compensación, en la cual se realizan los depósitos y retiros de efectivo de los saldos netos diarios y de los saldos de liquidación al vencimiento.

**Dato.** Representación abstracta de la realidad que describe las características de los objetos.

**Delta.** Cambio proporcional en el valor de las opciones respecto al cambio en el precio del bien subyacente. Parámetro que cuantifica la sensibilidad de cambio del precio de las opciones cuando el precio del bien subyacente cambia.

**Desviación estándar.** Cuantifica la dispersión promedio de las variaciones respecto al valor medio.

**Día hábil.** Cualquier día en que las instituciones de crédito y las casas de bolsa deben mantener abiertas sus oficinas y celebrar operaciones en términos de la regulación vigente.

**Dinero.** Mercancía que se puede intercambiar inmediatamente por cualquier otra, es decir, es la medida del valor de intercambio de todas las mercancías.

**Dividendo.** Pago en efectivo realizado al propietario de las acciones.

**Divisa.** Medio de cambio cifrado en moneda extranjera.

**Ejercicio en efectivo.** Especificación en el contrato de opción, cuya liquidación no requiere la entrega física del valor de referencia. El poseedor del contrato tiene el derecho a recibir el pago, resultado de la diferencia entre el precio pactado y el precio del bien subyacente en el mercado al momento de ejercer su derecho.

**Ejercicio en especie.** Especificación en el contrato de opción, cuya liquidación implica la entrega física del valor de referencia. El poseedor del contrato tiene el derecho de recibir o entregar físicamente, según corresponda, el bien subyacente al ejercer su derecho.

**Emisor.** Inversionista que tiene posición corta y la obligación de comprar o vender, al poseedor de la opción, el bien subyacente al precio establecido y durante la vigencia del contrato.

**Encriptar.** Una manera de codificar la información de manera que no pueda ser leída en caso de ser interceptada por alguna tercera persona mientras viaja por la red. Procedimiento que permite asegurar la transmisión de informaciones privadas por las redes públicas desordenándola matemáticamente de manera que sea ilegible para cualquiera, excepto para la persona que posea la *llave* que puede ordenar la información. Los dos tipos más comunes de criptografía son los de *misma llave* y *llave pública*. En la criptografía con la misma llave, el mensaje es encriptado y descryptado utilizando la misma llave, que se manda en un envío separado. El método de llave pública es más seguro, el cual utiliza un par de llaves diferentes (una pública y una privada) que pueden tener alguna relación particular entre sí, de manera que el mensaje encriptado con una llave, sólo puede ser descryptado con la otra y viceversa.

**Escáner.** Unidad para digitalizar imágenes.

**Espacio muestral.** Conjunto que consiste en todos los resultados de algún experimento aleatorio y cada uno de los resultados se denomina punto muestral. Cada resultado posible del experimento queda completamente descrito por un y solamente un punto muestral.

**Especulación.** Tomar ciertas posiciones con el propósito de obtener utilidades como resultado de movimientos del mercado.

**Especulador.** Institución que realiza operaciones de especulación.

**Evento.** Conjunto de sucesos contenidos en el espacio muestral.

**Evento aleatorio.** Conjunto de sucesos que cumplen cierta condición.

**Eventualidad.** Que puede suceder, sin embargo no se sabe cuando.

**Factor endógeno.** Se refiere a las características específicas de los contratos, esto es, son las características que los contratos aportan.

**Factor exógeno.** Es aquel determinado por el mercado y es ajeno a las características específicas de los contratos.

**Fideicomiso.** Figura jurídica que ampara la entrega de determinados bienes por parte de alguna persona física o moral (el fideicomitente) a alguna institución que garantice su adecuada administración y conservación (el fiduciario) y cuyos beneficios serán recibidos por la persona que se designe (el fideicomisario) en las condiciones y términos establecidos en el contrato de fideicomiso.

**Fideicomitente.** Persona que ordena la creación del fideicomiso.

**Fiduciario.** Banco, casa de bolsa u otra institución bancaria de desarrollo autorizada para realizar operaciones de fideicomiso, en los términos jurídicos correspondientes. Institución encargada de cumplir las instrucciones del mandante o fideicomitente, con respecto a bienes puestos a su nombre y beneficio del mismo o de terceros.



**Fondo de aportaciones.** Fondo constituido en la Cámara de Compensación con las aportaciones iniciales mínimas entregadas por los socios liquidadores, por cada contrato abierto.

**Fondo de compensación.** Fondo constituido en la Cámara de Compensación con, al menos, el porcentaje de la suma de todas las aportaciones iniciales mínimas que fijen las autoridades en las disposiciones legales aplicables y que la Cámara de Compensación solicite a los socios liquidadores, así como por cualquier otra cantidad solicitada por la Cámara de Compensación para este fondo.

**Formador de mercado.** Al operador que obtenga la aprobación por parte de la bolsa para actuar con tal carácter y que deberá mantener en forma permanente y por cuenta propia, posturas de compra y venta de contratos de opciones.

**Forward.** Contrato realizado por dos partes que acuerdan comprar o vender algún artículo específico en alguna fecha futura. Difiere del futuro en que es contratado directamente entre las partes, sin intervención de la cámara de compensación y sólo puede realizarse hasta su vencimiento.

**Función de distribución.** Función no decreciente, que se aproxima a cero cuando  $x \rightarrow -\infty$  y a la unidad cuando  $x \rightarrow \infty$ . Los estadísticos prefieren el término función de distribución acumulada, pero el adjetivo es redundante. Una función de densidad es una función  $f(x)$  no negativa, cuya integral, extendida sobre todo el eje  $x$ , es igual a la unidad. La integral de  $-\infty$  a  $x$  de cualquier función de densidad, es una función de distribución. El término función de frecuencia es sinónimo de función de densidad.

**Futuro.** Contrato estandarizado en plazo, monto, cantidad y calidad, entre otros, para comprar o vender un activo subyacente, a cierto precio, cuya liquidación se realizará en fecha futura. Si en el contrato de futuro se pacta el pago por diferencias, no se realizará la entrega del activo subyacente. De acuerdo con el subyacente es como se determina el tipo de futuro, así se tiene que un futuro sobre divisas se está refiriendo a que el valor subyacente objeto del contrato es una cantidad determinada de cierta moneda extranjera.

**Gamma.** Cambio proporcional en el valor de las opciones respecto al cambio en el precio del bien subyacente. Parámetro que determina la tasa de cambio de la cobertura delta cuando el precio del bien subyacente cambia.

**Grado.** Número de participantes de las relaciones.

**Hipertexto.** Documento que contiene vínculos con otros documentos.

**HTML.** De *HyperText Markup Language*, lenguaje de etiquetas de hipertexto. Lenguaje utilizado para el desarrollo de páginas WEB basado en etiquetas de hipertexto.

**HTTP.** De *HyperText Transfer Protocol*, protocolo de transferencia de hipertextos. Este es el protocolo que el HTML usa en sus documentos en la WEB para transmitir información entre el programa navegador y el servidor.

**HTTPS.** HTTP mejorado mediante funciones de seguridad.



**Índice.** Medida estadística diseñada para mostrar los cambios de una o más variables relacionadas a través del tiempo. Razón matemática producto de una fórmula, que refleja la tendencia de alguna muestra determinada.

**Información.** Conjunto de datos con el objetivo de dar algún significado específico, más elevado del significado individual que cada dato tiene.

**Interés.** Remuneración por uso de capital.

**Interfaz.** Conexión e interacción entre hardware, software y usuarios.

**Internet.** La red de zona ancha (WAN: *Wide Area Network*) más grande del mundo. Sistema que aglutina las redes de datos de todo el mundo, uniéndolas mediante TCP/IP.

**Inversión.** Fondos excedentes que están canalizados, consciente o inconscientemente, con algún fin específico, a corto, mediano o largo plazo.

**Investigación de Operaciones.** Aplicación del método científico a problemas relacionados con el control de sistemas u organizaciones, con la finalidad de encontrar soluciones para optimizar los objetivos.

**IPC.** Es el principal indicador del mercado accionario mexicano, el cual ilustra el comportamiento de cierta muestra de emisoras representativas del universo de empresas que cotizan en Bolsa, con respecto a su valor de capitalización.

**Linux.** Sistema operativo, totalmente gratuito, diseñado por cientos de programadores de todo el planeta. Su objetivo inicial es impulsar el software de distribución libre junto con el código fuente para que éste pueda ser modificado, dando rienda suelta a la creatividad. Versión de distribución libre del sistema operativo UNIX. Incluye multitarea real, memoria virtual y es multiusuario.

**Liquidación.** Cerrar alguna posición cualquiera que ella sea, larga o corta. Para alguna posición larga abierta, se puede liquidar la posición vendiendo el contrato. Para alguna posición corta, se logra mediante compra de contratos de la misma serie.

**Liquidación diaria.** Suma de dinero que deba solicitarse, recibirse y entregarse diariamente, según corresponda, y que resulte de la valuación diaria que realice la Cámara de Compensación por aportaciones iniciales mínimas, fondo de compensación y por variaciones en el precio de cierre de cada contrato abierto, con respecto al precio de cierre del día hábil inmediato anterior o, en su caso, con respecto al precio de concertación.

**Login.** Identificador de usuario requerido al iniciar sesión en los sistemas. Si el identificador es erróneo, el servidor del sistema no permite el acceso a la sesión. También es conocido como nombre o identificador de usuario. Clave de acceso asignada a los usuarios con el propósito de que puedan utilizar los recursos del sistema.

**Márgen.** Es el efectivo, valores o cualquier otro bien que aprueben las autoridades, que deba entregarse a los socios liquidadores y, en su caso, a los operadores, por cada contrato abierto, para procurar el cumplimiento de las obligaciones derivadas de los contratos.

**Mbs.** Unidad digital de transmisión por unidad de tiempo, Mega bit por segundo.

**Media.** Sea  $X$  la variable aleatoria que toma los valores  $x_1, x_2, \dots$  con probabilidades  $f(x_1), f(x_2), \dots$ . La media o valor esperado de  $X$  está definido por:  $E(X) = \sum x_i f(x_i)$ .

**Mercado.** Lugar donde se oferta y demanda una cantidad de bienes y el precio que adquieren estos activos depende de la oferta y la demanda.

**Mercado extrabursátil.** Mercado financiero en el cual los contratos de opción son negociados bilateralmente y el riesgo de crédito es asumido por el comprador de la opción.

**Mercado organizado.** Mercado financiero el cual cuenta con una institución que garantiza el cumplimiento de las obligaciones y derechos, asumiendo el riesgo de crédito.

**Metadato.** Describe el contenido, tipo y otras características de los datos. Permiten a los usuarios ubicar y entender los datos.

**MexDer.** Bolsa de Derivados de México, la cual inició operaciones el 15 de diciembre de 1998 al listar contratos de futuros sobre subyacentes financieros, siendo constituida como una sociedad anónima de capital variable, autorizada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Este hecho, constituye uno de los avances más significativos en el proceso de desarrollo e internacionalización del Sistema Financiero Mexicano.

**Miembro.** Operador autorizado por MexDer para celebrar contratos de futuros y contratos de opciones, ya sea en el carácter de socio liquidador o de operador.

**Misión crítica.** Aplicaciones indispensables para cumplir adecuadamente con las operaciones necesarias.

**Movimiento Geométrico Browniano.** Descrito por el botánico inglés *Robert Brown* en 1828. En 1905 Albert Einstein explica el movimiento calculando la trayectoria promedio de una partícula suspendida.

**Objeto.** Representación de entidades reales o conceptuales, con límites definidos y significado dentro del modelo. Unidad atómica que integra estado y comportamiento.

**Opción.** Contrato estandarizado, en el cual el comprador, mediante el pago de la prima, adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente al precio pactado en la fecha futura y el vendedor se obliga a vender o comprar, según corresponda, el activo subyacente al precio convenido. El comprador puede ejercer dicho derecho, según se haya acordado en el contrato respectivo. Si en el contrato de opción se pacta el ejercicio en efectivo, no se realizará la entrega del activo subyacente.

**Opción americana.** Contrato estandarizado, en el cual el comprador adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente al precio pactado en el periodo hábil comprendido entre el momento de efectuar el contrato y la fecha de vencimiento mientras el vendedor se obliga a vender o comprar, según corresponda, el activo subyacente al precio convenido.

**Opción cubierta.** Los emisores de los contratos de opciones poseen físicamente el bien subyacente para cumplir con sus obligaciones ante los poseedores cuando se ha convenido el ejercicio en especie.



**Opción de compra.** Contrato estandarizado, en el cual el comprador, mediante el pago de la prima, adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar el bien subyacente al precio pactado en la fecha futura y el vendedor se obliga a vender el activo subyacente al precio convenido. El comprador puede ejercer dicho derecho, según se haya acordado en el contrato respectivo. Si en el contrato de opción se pacta el ejercicio en efectivo, no se realizará la entrega del activo subyacente.

**Opción de venta.** Contrato estandarizado, en el cual el comprador, mediante el pago de la prima, adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de vender el bien subyacente al precio pactado en la fecha futura y el vendedor se obliga a comprar el activo subyacente al precio convenido. El comprador puede ejercer dicho derecho, según se haya acordado en el contrato respectivo. Si en el contrato de opción se pacta el ejercicio en efectivo, no se realizará la entrega del activo subyacente.

**Opción descubierta.** Los emisores de los contratos de opciones no poseen físicamente el bien subyacente para cumplir con sus obligaciones ante los poseedores cuando se ha convenido el ejercicio en especie.

**Opción europea.** Contrato estandarizado, en el cual el comprador adquiere del vendedor el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente al precio pactado solo en la fecha de vencimiento y el vendedor se obliga a vender o comprar, según corresponda, el activo subyacente al precio convenido.

**Opción exótica.** Opción no estandarizada.

**Operación.** Acto mediante el cual se celebran indistintamente contratos de futuros o contratos de opciones en MexDer, por virtud del cual, el cliente y la Cámara de Compensación se adhieren a los términos establecidos en las condiciones generales de contratación (MexDer).

**Operaciones.** Manipulan los atributos de los objetos (Pueden tener parámetros de entrada y salida), son consecuencia de estímulos externos representados como mensajes de otros objetos (Ingeniería de Software).

**Operador.** Es el miembro de MexDer, cuya función es actuar como comisionista de uno o más socios liquidadores, en la celebración de contratos de futuros y contratos de opciones y que puede tener acceso a las instalaciones de MexDer, para la celebración de dichos contratos. A las instituciones de crédito, casas de bolsa y demás personas físicas y morales que pueden o no ser socios de la Bolsa, cuya función sea actuar como comisionista de uno o más socios liquidadores, en la celebración de contratos de futuros u opciones y que pueden tener acceso al Sistema Electrónico de Negociación de la Bolsa para la celebración de dichos contratos. Cuando los operadores celebren contratos de futuros y contratos de opciones por cuenta propia, actuarán como clientes.

**Operador de mesa.** A la persona física contratada por algún operador o por algún socio liquidador, para ejecutar órdenes para la celebración de contratos de futuros y contratos de opciones por medio de los sistemas electrónicos de negociación de la Bolsa.

**Operador de piso.** Persona física contratada por algún socio operador o por algún socio liquidador, para ejecutar órdenes contratos de futuros y contratos de opciones, en las instalaciones de MexDer. Derogado (8 de mayo de 2000).



**Orden.** Son las instrucciones de compra o de venta de alguna serie determinada giradas por parte de algún cliente.

**Password.** Palabra clave que por medio del *login* da acceso a los usuarios para iniciar sesión en el sistema.

**Paquete.** Unidad de datos compuesta por un conjunto de bits que viajan juntos a través de la red.

**PERL.** De *Practical Extraction and Report Language*, lenguaje práctico de extracción y reportes. Lenguaje de programación utilizado en el WWW a través de algún CGI, principalmente para realizar consultas a bases de datos.

**PHP.** De *Personal Home Page* y ahora *Professional HyperText Processor*, Procesador de Hipertexto Profesional. Lenguaje de programación con sintaxis de programación similar a los lenguajes C y PERL tipo *script* de distribución libre bajo licencia de fuente abierta, que es interpretado por el servidor WEB Apache, el cual genera código HTML semidinámico.

**Posición corta.** Los inversionistas tienen la obligación de vender o comprar el bien subyacente, según corresponda, si los poseedores de los contratos deciden ejercer su derecho.

**Posición larga.** Los inversionistas tienen el derecho ante los emisores, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente, según corresponda.

**PostgreSQL.** Sistema gestor de bases de datos relacionales orientadas a objetos (Objeto Relacional), con cerca de diez años de desarrollo. PostgreSQL es el sistema gestor de bases de datos de código abierto más avanzado hoy en día, ofreciendo control de concurrencia multiversión, soportando casi toda la sintaxis SQL (Incluyendo subconsultas, transacciones, tipos y funciones definidas por los usuarios), cuenta con amplio conjunto de enlaces a lenguajes de programación (Incluyendo C, C++, Java, PERL, TCL, PYTHON y PHP).

**Postura.** Oferta para comprar o vender cierto número de contratos de alguna serie a un precio determinado, realizada por algún socio liquidador u operador a través del Sistema Electrónico de Negociación (SENTRA Derivados).

**Precio de liquidación al vencimiento.** Precio de referencia que da a conocer MexDer y con base al cual Asigna realiza la liquidación de los contratos de futuros y/o contratos de opciones en la fecha de liquidación. El precio de liquidación al vencimiento se determina por unidad de activo subyacente.

**Precio spot.** Precio de contado de la entrega y pago en la negociación de bienes.

**Prima.** Precio equivalente al riesgo que adquieren los emisores de los contratos y que otorga a los compradores, mediante el pago correspondiente, el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender el bien subyacente de acuerdo a lo estipulado en los contratos.

**Principio de Bellman.** Principio de optimización enunciado por *Bellman* en 1957. En la secuencia de decisiones óptimas, todas las subsecuencias también son óptimas con respecto a los problemas que resuelven. La decisión es óptima si las decisiones del futuro constituyen la decisión óptima basándose en las decisiones precedentes. Este principio se puede utilizar cuando la función objetivo es separable en fases con esquema aditivo o multiplicativo.

**Probabilidad.** Rama de las Matemáticas que cuantifica el grado de confianza sobre la ocurrencia de algún evento.

**Procedimientos.** Pasos que definen el uso específico de los elementos del sistema.

**Productos derivados.** Familia o conjunto de instrumentos financieros, cuya principal característica es que están vinculados al valor subyacente o de referencia. Los principales productos derivados son los futuros, las opciones, los *warrants*, las opciones sobre futuros y los *swaps*.

**Programación dinámica.** Técnica matemática basada en la secuencia de decisiones que cumple el principio de *Bellman* y tiene una definición recursiva de la solución. Es utilizada para resolver problemas de optimización.

**Promotor.** Es aquella persona facultada por algún socio liquidador u operador para atender las instrucciones que reciba de parte de sus clientes para la celebración de operaciones en Bolsa.

**PS/2.** De *Personal System*, puerto que permite la conexión de periféricos como teclado y ratón.

**RAM.** De *Random Acces Memory*, memoria de acceso aleatorio donde la computadora almacena los datos que está utilizando.

**Red Hat.** Empresa dedicada a la distribución del sistema operativo *Linux* en caja.

**Rendimiento.** Beneficio que produce alguna inversión. El rendimiento anual y expresado porcentualmente respecto a la inversión se denomina tasa de rendimiento.

**Rho.** Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto al cambio en la tasa de interés libre de riesgo nacional o extranjera. Parámetro que cuantifica el cambio en el valor de las opciones debido a cambios en la tasa de interés libre de riesgo nacional o extranjera. Es la tasa de cambio media del valor de las opciones con respecto a la tasa de interés libre de riesgo nacional o extranjera.

**Riesgo.** Exposición a determinada eventualidad económicamente desfavorable.

**ROM.** De *Random Only Memory*, memoria de solo lectura que almacena información vital para el funcionamiento del sistema.

**Script.** Programa o secuencia de instrucciones que se ejecutan o interpretan por otros programas en vez de ser ejecutados por el procesador.



**SENTRA Derivados.** El 30 de septiembre de 1999, el Consejo de Administración de MexDer aprobó el proyecto para crear un sistema de negociación electrónico. La decisión estuvo orientada a reducir los costos de operación, a facilitar las actividades de vigilancia del mercado, propiciar la transparencia en el proceso de formación de precios, garantizar la equidad en la celebración de contratos, fortalecer los mecanismos de seguridad operativa y fundamentalmente crear las condiciones tecnológicas para el desarrollo ulterior del Mercado. El Sistema Electrónico de Negociación, Transacción, Registro y Asignación (SENTRA®DERIVADOS) es un mecanismo que sustituyó la operación a viva voz, por otra remota, totalmente automatizada y a tiempo real. A través de SENTRA®DERIVADOS es posible registrar posturas de venta y compra, realizar operaciones de cruce, operaciones de autoentrada y operaciones al precio de liquidación, así como, realizar el monitoreo de las posturas introducidas al sistema, dimensionar la profundidad del mercado e identificar operaciones de cruce y autoentrada. Así mismo, el SENTRA®DERIVADOS permite obtener información en línea y transmitirla de la misma forma hacia el Sistema Integral de Valores Automatizado (SIVA) desde donde se difunde hacia todo el sistema financiero. El SENTRA®DERIVADOS fue desarrollado bajo la arquitectura cliente/servidor. El servidor central del sistema es equipo TANDEM, con arquitectura para soportar aplicaciones de misión crítica y tolerante a fallas. El servidor central se enlaza a las estaciones de trabajo mediante el protocolo de comunicaciones TCP/IP, a la vez que mantiene interfaces en tiempo real con las demás aplicaciones de cómputo y disseminación de datos del MexDer y de otras instituciones del mercado de valores.

**Serie.** Opciones de la misma clase, con igual precio y fecha de vencimiento.

**Sistema.** Conjunto de elementos relacionados.

**Sistema operativo.** Programas cuya función es gestionar las aplicaciones. Establece la comunicación lógica entre los diferentes elementos de la computadora para que funcionen las aplicaciones, mejorando la relación entre el usuario y la máquina además de optimizar los recursos de todo el sistema. Sus funciones son: Planificación, iniciación y supervisión de los programas, asignación de memoria y gestión de los dispositivos del sistema, inicialización y control de las operaciones de entrada y salida, control de errores del sistema, coordinar la comunicación entre todos los elementos del sistema, así como entre el usuario y el sistema, si soporta multiproceso y tiempo compartido, gestionar estas operaciones.

**Socio liquidador.** Fideicomiso y miembro participante en el patrimonio de la Cámara de Compensación que tiene como finalidad celebrar y liquidar, por cuenta propia o de clientes, contratos de futuros y contratos de opciones operados en MexDer.

**Socio liquidador de posición propia.** Es el fideicomiso que tiene como fin compensar y liquidar exclusivamente operaciones por cuenta de sus fideicomitentes, institución de banca múltiple, casa de bolsa y demás entidades del grupo financiero al que éstas pertenezcan, así como del operador en cuyo capital participen cualquiera de las instituciones antes señaladas.

**SQL.** Estándar internacional del lenguaje de bases de datos. Lenguaje de consulta relacional más popular. El nombre "SQL" es una abreviatura de *Structured Query Language* (Lenguaje de consulta estructurado).

**SSL.** De *Secure Socket Layer*, capa de conexiones seguras. Protocolo creado por Netscape para hacer posible la transmisión cifrada y segura de la información a través de la red, debido a que hace que solo el cliente y el servidor entiendan la información.



**Submitir.** Enviar el contenido.

**SVGA.** De Super Video Graphic Array, super serie gráfica de súper video que soporta paletas hasta 16 millones de colores.

**Swap.** Acuerdo para intercambiar flujos de caja en el futuro conforme a cierta fórmula fijada.

**Tasa.** Relación en que varía una magnitud económica con respecto a otra con que está relacionada.

**Tasa de interés.** Cantidad que debe retribuirse por el uso de una unidad de capital durante cierto intervalo de tiempo unitario.

**TCP/IP.** De *Transfer Control Protocol e Internet Protocol*, protocolo de control de transmisión y protocolo de Internet. Protocolo estándar de Internet.

**Theta.** Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto al tiempo. Parámetro que cuantifica la sensibilidad del valor de las opciones con respecto al paso del tiempo.

**Tiempo de ejecución.** Periodo que transcurre desde la petición hasta que la información es recibida.

**Tiempo remanente.** Diferencia entre los días de cobertura del contrato y los días transcurridos desde la fecha de emisión.

**Tipo de cambio.** Precio relativo que posee una moneda al ser expresado en términos unitarios de otra.

**Títulos opcionales.** Valor corporativo parecido a las opciones de compra. Otorga a los tenedores el derecho, más no la obligación, de comprar directamente a la compañía emisora, acciones al precio de compra o precio de ejercicio durante un periodo determinado. Cada título opcional especifica el número de acciones que los tenedores tienen derecho a comprar, el precio de ejercicio y la fecha de expiración. También son llamados Warrants.

**UNIX.** Sistema operativo especializado en capacidades multiusuario y multitarea, el cual es la base inicial de Internet. Está escrito en lenguaje C.

**Valor extrínseco.** Diferencia entre el valor de las opciones y el valor intrínseco, también conocido como valor en el tiempo.

**Valor intrínseco.** Relación entre el precio del bien subyacente en el mercado y el precio de liquidación al vencimiento. Es el máximo entre cero y el valor de las opciones si éstas fueran ejercidas inmediatamente.

**Valuación diaria a precio de mercado.** Práctica de acreditar o disminuir la cuenta de margen de los agentes, debido a los movimientos diarios en el precio de cierre del subyacente.

**Variable aleatoria.** Relación donde a cada punto en el espacio muestral le corresponde un resultado numérico, se define esta relación como una función en el espacio muestral.

**Varianza.** Sea  $X$  una variable aleatoria con segundo momento  $E(X^2)$  y media  $E(X)$ . La variancia de  $X$  se define como:  $Var(X) = E(X^2) - E^2(X)$ .

**Vega.** Cambio proporcional en el valor de las opciones con respecto a la volatilidad del precio subyacente. Parámetro que cuantifica el cambio en el valor de las opciones debido a cambios en la volatilidad del precio subyacente. Se expresa en términos monetarios.

**Vendedor.** Es la parte que se obliga a vender o comprar, según corresponda, a la contraparte el bien subyacente en la fecha de liquidación.

**Warrants.** Valor corporativo parecido a las opciones de compra. Otorga al tenedor el derecho, más no la obligación, de comprar directamente a la compañía emisora, acciones al precio de compra o precio de ejercicio durante un periodo determinado. Cada *Warrant* especifica el número de acciones que el tenedor tiene derecho a comprar, el precio de ejercicio y la fecha de expiración. También son llamados títulos opcionales.

**WWW.** De las siglas *World Wide Web*. Sistema de transferencia de hipertextos de Internet que utiliza el protocolo HTTP. Sistema de información distribuido, basado en hipertexto, cuya función es buscar y tener acceso a documentos a través de la red (Web). Fue creada en los noventas por *Tim Berners Lee*.

# BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRFÍA

*Abraham Silberschatz.*

**Database system concepts.**

Cuarta Edición 2002. ISBN 0-07228363-7. McGraw Hill.

*Barenblat Scot G.*

**Stock index options.**

Primera Edición 1992. ISBN 1-55862-181-x. Probus Publishing Company.

*Date C. J.*

**Introducción a las bases de datos.**

Séptima Edición 2001. ISBN 968-4444-419-2. Prentice Hall.

*Canavos Jorge C.*

**Probabilidad y Estadística: Aplicaciones y métodos.**

Segunda Edición 1988. ISBN 968-451-856-0. McGraw Hill.

*Climent Hernández José Antonio.*

**Análisis teórico práctico para la valuación de opciones.**

UNAM 2001.

*Devore Jay L.*

**Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias.**

Primera Edición 1998. ISBN 968-7529-48-2. International Thomson Editores.

*Díaz Mata Alfredo.*

**Matemáticas financieras.**

Segunda Edición 1991. ISBN 968-422-768-8. Interamericana McGraw Hill.

*Díaz Tinoco Jaime.*

**Futuros y opciones financieras: Una introducción.**

Segunda Edición 1998. ISBN 968-18-5568-X. Editorial Limusa.



*Dothan Michael U.*

**Prices in financial markets.**

Primera Edición 1990. ISBN 0195053125. Oxford University Press.

*Fábrega Pedro Pablo.*

**PHP4.**

Primera Edición 2000. ISBN 84-2005-3112-X. Prentice Hall.

*Facundo Arena Héctor.*

**Linux avanzado: Guía del administrador.**

MP Ediciones S.A. 2000.

*Feller William.*

**Introducción a la teoría de probabilidades y sus aplicaciones. Volumen I.**

Primera Edición, tercera reimpression 1983. ISBN 968-18-0721-9. Editorial Limusa.

*Hull John C.*

**Introducción a los mercados de opciones y futuros.**

Cuarta Edición 2002. ISBN 84-205-3386-6. Prentice Hall.

*Hull John C.*

**Introduction to futures and options markets.**

Tercera Edición 1998. ISBN 0-13-889148-6. Prentice Hall.

*Hull John C.*

**Options, futures and other derivatives.**

Cuarta Edición 2000. ISBN 0-13-022444-8. Prentice Hall.

*Kolb Robert.*

**Understanding futures markets.**

Quinta Edición 1997. ISBN 1577180658. Cambridge Massachusetts: Blackwell.

*Marmolejo González Martín.*

**Inversiones. Práctica, metodología, estrategia y filosofía.**

Sexta Edición 1989. ISBN 968-7144-13-0, Instituto Mexicano de Ejecutivos de finanzas A.C.

MexDer.

**Reglamento interno.**

Acervo Documental del Centro de Información. Bolsa Mexicana de Valores 1999.

*Rodríguez de Castro.*

**Introducción al análisis de productos financieros derivados.**

**Futuros, opciones, forwards y swaps.**

Segunda Edición 1997. ISBN 968-18-5418-7. Limusa.

*Rosenberg González Roberto.*

**Desarrollo del sistema automatizado de formas únicas para la contratación del personal académico.**

UNAM 2002.

*Schuss Zeev.*

**Theory and applications of stochastic differential equations.**

Primera Edición 1980. ISBN 0-471-04394-x.

Weley Series in Probability and Mathematical Statistics.

*Vargas Aguilar Juan Carlos.*

**Fundamentos para el desarrollo en productos de daños.**

UNAM 2003.

*Zill Dennis G.*

**Ecuaciones Diferenciales con aplicaciones al modelado.**

Primera Edición 1997. ISBN 968-7519-21-0. International Thomson Editores.

**Curso de análisis y diseño con UML y Rational Rose.** 5 de mayo de 2004.

<http://www.dsic.upv.es/~uml>

**Diagramas UML.** 5 de mayo de 2004.

<http://www-gris.det.uvigo.es/~avilas/UML/UML.html>

**Banco de México.** 24 de septiembre de 2003.

<http://www.banxico.org.mx/aAcercaBanxico/FSacercaBanxico.html>

**Definición de Sistema Operativo.** 10 de abril de 2003.

[http://www.xsii.com/tutorials/internet/6\\_2.html](http://www.xsii.com/tutorials/internet/6_2.html)

**Glosario.** 25 de septiembre de 2003.

<http://www.learnthenet.com/spanish/glossary/encrypt.htm>

**Grupo de usuarios de PHP México.** 8 de abril de 2003.

<http://www.php.org.mx/>

**Manual de PHP.** 8 de abril de 2003.

<http://www.php.net/manual/es/>

**Manual de PHP.** Grupo de usuarios de PHP México. 8 de abril de 2003.

<http://www.webestilo.com/php/>

**Margins**

<http://www.cbo.com/LearnCenter/pdf/margin2-00.pdf>

**MexDer.**

<http://www.mexder.com.mx/>

**Protejer Sitio Web.** 8 de abril de 2003.

[http://www.pageimpact.com/soporte\\_online/proteger\\_sitio.html](http://www.pageimpact.com/soporte_online/proteger_sitio.html)

**Red Hat Linux 7.2.** 8 de abril de 2003.

<http://www.europe.redhat.com/documentation/rhl7.2/rhl-rg-es-7.2/>

**Reglamento interior.** 24 de septiembre de 2003.

<http://www.shcp.gob.mx/index01.html>

**Tales de Mileto.** 22 de agosto de 2003.

<http://centros5.pntic.mec.es/cpr.de.aranjuez/foro/circo/tales.htm>

**Tutorial de PostgreSQL.** 8 de abril de 2003.

<http://lucas.hispalinux.es/Postgresql-es/web/navegable/tutorial/tutorial.html>

## COMENTARIOS SOBRE LA BIBLIOGRAFÍA

El MexDer y las características son parte de la recopilación del *Options, futures and other derivatives*, la página del MexDer <http://www.mexder.com.mx/>, *Futuros y opciones financieras: Una introducción* y la página del CBOE <http://www.cbo.com/LearnCenter/pdf/margin2-00.pdf>.

Los métodos de valuación son parte de la recopilación del *Introducción a los mercados de opciones y futuros*, *Introduction to futures and options markets*, *Options, futures and other derivatives*, en los cuales se presentan los resultados de los métodos de valuación, especialmente en el *Options, futures and other derivatives*, sin embargo el *Prices in financial markets*, cuenta con excelente rigor metodológico y analítico, por lo que fue necesario recurrir al *Theory and applications of stochastic differential equations*.

La Ingeniería de *software* es parte de la recopilación del *Desarrollo del sistema automatizado de formas únicas para la contratación del personal académico*, *Introducción a las bases de datos*, temas que no había desarrollado con rigor metodológico.

El desarrollo del sistema es parte de la recopilación de las páginas de Diagramas UML <http://www-gris.det.uvigo.es/~avilas/UML/UML.html>, Curso de análisis y diseño con UML y Rational Rose <http://www.dsic.upv.es/~uml>, Manual de PHP <http://www.php.net/manual/es/>, *Red Hat Linux* <http://www.europe.redhat.com/documentation/rhl7.2/rhl-rg-es-7.2/>, Tutorial de PostgreSQL. <http://lucas.hispalinux.es/Postgresql-es/web/navegable/tutorial/tutorial.html>, del *Linux avanzado: Guía del administrador*, del *Introducción a las bases de datos* y del PHP4. El concepto está basado en las características, métodos de valuación y el código es obra intelectual de este proyecto.

*José Antonio Climent Hernández.  
Julio de 2004.*