



00667^A
10

Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

T e s i s

Coefficientes de sensibilidad modificados propuestos para el modelo Black y Scholes: El caso del coeficiente de sensibilidad Delta

Que para obtener el grado de:

Maestro en Finanzas

Presenta: Alberto de la Rosa Elizalde

Tutor : M.F. Francisco López Herrera

México, D.F.

2003



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

B

Dedico ese trabajo de investigación con todo mi afecto:

A mis padre y madre.

Por haberme dado la vida, encaminado y apoyado.

A mis hermanos.

Por haberme apoyado en todas las situaciones buenas o malas.

A mis maestros.

Por haberme apoyado y asesorado en la elaboración del presente trabajo de investigación.

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

NOMBRE: Alberto de la Rosa

Elizalde

FECHA: 14-NOV-2003

FIRMA: [Signature]

C

Pág.

Índice

Introducción	I
Capitulo 1	
Antecedentes y conceptos importantes en el Modelo de Black y Scholes	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Conceptos	4
1.3 Términos	6
1.4 Determinación del precio de las opciones	10
1.4.1 Tiempo hasta el vencimiento	11
1.4.2 Volatilidad	12
1.5 Dividendo	12
1.6 Tasa de interés	13
1.7 Efecto en los movimientos de las variables	13
1.8 Derivación del modelo de Black y Scholes	15
1.9 Conclusión Capitular	23
Capitulo 2	
Coefficientes de sensibilidad del Modelo de Black y Scholes	
2.1 Generalidades	25
2.2 Definición y fórmula del coeficiente de sensibilidad Delta	26
2.3 Definición y fórmula del coeficiente de sensibilidad Gamma	27
2.4 Definición y fórmula del coeficiente de sensibilidad Theta	28

E

2.5 Definición y fórmula del coeficiente de sensibilidad Vega	29
2.6 Definición y fórmula del coeficiente de sensibilidad Rho	30
2.7 Conclusión Capitular	31

Capitulo 3

Determinación de los nuevos coeficientes de sensibilidad propuestos para el Modelo de Black y Scholes

3.1 Generalidades	32
3.2 Modelo propuesto para calcular el coeficiente Delta	33
3.3 Modelo propuesto para calcular el coeficiente Gamma	36
3.4 Modelo propuesto para calcular el coeficiente Theta	36
3.5 Modelo propuesto para calcular el coeficiente Vega	39
3.6 Modelo propuesto para calcular el coeficiente Rho	41
3.7 Análisis del coeficientes de sensibilidad propuestos	43
3.8 Conclusión Capitular	47

Capitulo 4

Análisis de los coeficientes modificados

4.1 Generalidades	48
4.2 Tamaño de muestra	50

F

4.3 Gráficas de los coeficientes de sensibilidad actual y modificado	56
4.4 Conclusión capitular	67

Capitulo 5

Evaluación y análisis de las Pruebas de hipótesis con datos simulados e históricos para los coeficientes de sensibilidad actuales versus nuevos para el Modelo de Black y Scholes

5.1 Generalidades	69
5.2 Prueba de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad delta	75
5.3 Prueba de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad gamma	79
5.4 Prueba de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad vega	82
5.5 Prueba de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad rho	84
5.6 Prueba de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad theta	88
5.7 Conclusión capitular	92
Conclusión Final	94
Bibliografía	96

Introducción

I. Generalidades

El propósito de esta investigación, tiene como objetivo principal el de obtener nuevas formulas para el calculo de los coeficientes de sensibilidad (Delta, Gamma, Vega, Rho y Theta) y así de esta manera tener un valor exacto que nos permita satisfacer las necesidades financieras.

Dado que el coeficiente de sensibilidad Delta actual no proporciona valores adecuados (bajo ciertas circunstancias) a las necesidades requeridas, se hace un especial hincapié en la creación de una formula para este coeficiente que proporcione valores adecuados en todo momento y al cual llamaremos coeficiente de sensibilidad Delta modificado.

El problema por el cual el coeficiente de sensibilidad actual no aporta un valor seguro, consiste en la utilización de la primera derivada, debido a que esta ultima en su proceso de obtención de la formula se ignoran algunos valores que se menosprecian por ser muy pequeños, pero que sin embargo influyen finalmente en su valor final.

¿ Cual es la formula que nos puede permitir realizar el calculo adecuado para la delta dentro del modelo de Black y Scholes ?

La formula que nos permite realizar dicho calculo, es la formula que se obtiene sin utilizar la derivada, y se obtiene por medio de una resta para los calls y puts cuando el subyacente se incrementa en una unidad monetaria y cuando permanece constante.

Junto con el objetivo principal se planteo otro objetivo secundario, el cual consiste en comparar las formulas la actual y la propuesta, y de esta forma evaluar el

comportamiento de los valores de dichos coeficientes para determinar si se puede considerar que el coeficiente propuesto es eficiente en términos del planteamiento del problema.

La hipótesis rectora de la presente investigación es que: Para la construcción de la prueba de Hipótesis en cada una de las Sensibilidades, consideraremos la diferencia de medias de los valores observados en ellas por fórmula, menos los valores esperados por el método propuesto, y éste se comparará con el valor de cero.

La hipótesis nula es la suposición de que la diferencia entre ambas mediciones es igual a cero, y usamos la evidencia muestral para confrontar esta propuesta, es decir, obtener evidencia que establezca si existe una diferencia notoria entre un estadístico muestral y el parámetro poblacional hipotético (cero), esto debido a la variación aleatoria de la muestra. Por otro lado, si el valor es igual a cero, entonces no hay diferencia entre ambas fórmulas, y por lo tanto la ecuación original es en realidad adecuada para medir al coeficiente en cuestión.

II. Planteamiento del problema

Los mercados financieros juegan un papel importante en el desarrollo de los países. Esto provoca que los mercados de valores hayan cobrado una creciente relevancia en los sistemas financieros internacionales y presenta interesantes perspectivas de crecimiento a mediano y largo plazo, sin embargo se encuentra amenazado por infinidad de factores (Económico, Político, Social, etc.) que los impactan provocando un gran riesgo financiero que debe ser cubierto

minimizando las posibles pérdidas, utilizando instrumentos del mercado de derivados como por ejemplo las opciones.

La creciente importancia que ha tomado el mercado de capitales y sociedades de inversión en sus diferentes tipos, ha sido un claro signo de necesidad que se tiene en dicho mercado de contar con instrumentos y mecanismos que permitan proteger al máximo todos los valores bursátiles que participan en los diferentes mercados.

Esto quiere decir, que en los inversionistas, uno de los elementos a considerar para participar en los diferentes mercados es la consideración del riesgo financiero que esto implica. Y esto permite pensar que los inversionistas, deben utilizar elementos financieros que permitan controlar el riesgo financiero de dichos instrumentos, a través de una pregunta que resulta de este aspecto:

¿Los coeficientes de sensibilidad Delta, Gamma, Vega, Rho y Theta actuales son eficientes en su calculo?

Esta pregunta muestra una guía para poder reflejar la existencia del problema, que existe al evaluar y controlar el riesgo con el uso de instrumentos de cobertura.

III. Objetivo General

Analizar y determinar el comportamiento de las variables que permitan cuantificar y desarrollar los modelos multifactorial, que explique el calculo de los coeficientes de sensibilidad delta, gamma, vega, rho y theta en el mercado

mexicano e internacional, cuyo resultado pueda aplicarse manejando datos históricos que sirvan como referencia, para calcular su valor, con la finalidad de tomar mejores decisiones en las operaciones de coberturas en opciones en los mercados nacionales e internacionales.

IV. Hipótesis

- El coeficiente de sensibilidad delta no es eficiente.
- El coeficiente de sensibilidad gamma no es eficiente.
- El coeficiente de sensibilidad vega no es eficiente.
- El coeficiente de sensibilidad rho no es eficiente.
- El coeficiente de sensibilidad theta no es eficiente.

V. Justificación

Para la justificación del problema, resulta evidente como esta relación de integración y evaluación permite preparar adecuadamente escenarios para situaciones futuras de incertidumbre.

Esta situación gira sobre los siguientes aspectos:

- Por lo importante que son los conceptos económicos-financieros en todos los mercados financieros. Esto se debe a que el inversionista debe conocer los distintos factores de carácter económico, financiero, político y social que forman parte del enfoque fundamental de una cartera de inversión (hechos con efectos positivos y

negativos) del país; para poder de esta manera controlar el riesgo involucrado y de esta manera poder cubrir la cartera de inversión.

- Por la importancia que tiene el mercado de capitales en la toma de decisiones, en las diversas situaciones de ambiente que pueden presentar los instrumentos que lo componen.
- Debido a la relevancia que implica saber determinar indicadores como lo es: el riesgo; y saber su significancia. El riesgo es importante porque define el grado de tendencia que presenta un instrumento, debido a que la actividad de cada negocio tiene que ser claramente establecida.
- Por la capacidad de manejar y desarrollar un portafolio eficiente con conocimiento para esto, primero la gerencia local de un negocio debe tener la responsabilidad de la efectividad de los controles sobre las operaciones financieras, y la autoridad de actuación por el bien de sus inversionistas para asegurar la integridad de los controles de flujos de efectivo. Segundo que las actividades que estén fuera de flujo o ciclo del negocio pueden o encontrar una buena estructura económico financiera.

- Por la capacidad para comprender los nuevos valores y los mercados que estén por venir. Uno de los objetivos más apremiantes para las empresas y los inversionistas en México es programar inversiones, flujos de efectivo en una tesorería con mayor certeza.
- Para que los cálculos reflejen las cantidades que se deben pagar o cobrar con exactitud al realizar una cobertura.

VI. Metodología

La metodología empleada para la realización del presente trabajo de investigación será la siguiente:

- **Recopilación de la literatura:** Esta etapa se dedica a la búsqueda, sobre la revisión de la literatura sobre el tema de los coeficientes de sensibilidad para el modelo de Black y Scholes.
- **Recopilación de la información:** Esta etapa se dedica a la búsqueda, recopilación y procesamiento de datos sobre precios de acciones que operan en la bolsa mexicana de valores.
- **Planteamiento del Problema:** Se definió el planteamiento del problema que deberá enfocar el presente trabajo de investigación.

- Objetivo General: Se definió el objetivo general que deberá cubrir este trabajo de investigación.

- Hipótesis: Se definió la hipótesis que deberá cumplir este trabajo de investigación.

- Captura del texto: Se capturo el texto para la elaboración de este trabajo de investigación.

- Instrumentación: Se estableció, los requerimientos físicos de una computadora para poder generar las simulaciones que permiten visualizar el funcionamiento de las opciones y sus sensibilidades, en el paquete Excell.

- ◆ Creación de las formulas necesarias para la simulación de los coeficientes de sensibilidad.

- ◆ Creación de las pruebas de Hipótesis, cuadros de análisis y gráficos.

- ◆ Formulación de los análisis y de las conclusiones de la investigación.

VII. Resúmenes capitulares

Con base en todos los anteriores elementos, en los capítulos que siguen se presenta, para empezar, en él capitulo I, un panorama general de los mercados de derivados mundiales, así como la terminología del modelo de Black y

Scholes y se revisa con detalle la metodología para la obtención de dicho modelo.

En él capítulo II se mencionan los diferentes coeficientes de sensibilidad (*Delta, Gamma, Theta, Vega y Rho*) existentes para el Modelo de Black y Scholes.

En él capítulo III se muestran las nuevas formulas para calcular cada uno de los coeficientes de sensibilidad, así como su metodología para obtenerlos.

En el capítulo IV se realizan las simulaciones de los parámetros del modelo de Black y Scholes y de esta manera obtener 140 corridas tanto para el call y put. Los valores que se obtienen de la simulación nos permiten evaluar la conveniencia o inconveniencia de utilizar las diferentes formulas como generadoras de valores de valores de cobertura financiera.

En el capítulo V se llevan a cabo las pruebas de hipótesis y análisis a partir de las comparaciones de la formula actual y modificada, de estas comparaciones se deriva que la formula modificada puede ser utilizada como sustituto de la actual.

VIII. Conclusiones

Considerando la metodología propuesta, llegamos finalmente a que los coeficientes de sensibilidad (*Delta, Gamma, Vega, Rho y Theta*) para el Modelo de Black y Scholes se pueden mejorar en cuanto a su calculo. Y considerando todas las pruebas y análisis en este trabajo de investigación los coeficientes de sensibilidad propuestos son dignos representas de los actuales.

Podemos resumir que las conclusiones alcanzadas por este trabajo de investigación nos indican que los coeficientes de sensibilidad propuestos tienen los méritos suficientes para ser dignos representantes y ser tomados en cuenta para los cálculos financieros en los cuales se les requieran, aportando de esta manera valores sumamente confiables.

CAPITULO 1

Antecedentes y conceptos importantes en el Modelo de Black y Scholes.

1.1 Antecedentes.

El origen de las opciones se remonta a los tiempos de la antigua Grecia, donde existen registros de que se hizo una operación de este tipo sobre prensas de aceite; se han encontrado también algunas referencias en documentos romanos referentes al comercio de metales españoles y, en épocas más recientes, en el siglo XVII, encontramos un mercado de opciones sobre tulipanes en Holanda¹.

En 1973, en el Mercado de Opciones de Chicago², se dio un avance significativo con la creación de modelos de contrato y de una cámara de compensación, la cual constituye la última parte, contraria de todas las transacciones y permite abrir y cerrar contratos con las diferentes partes.

En 1978, la Bolsa de Londres creó el Mercado de Opciones de Londres³ para la compra-venta de opciones sobre acciones del Reino Unido. De esta manera el LTOM se convirtió en ese año en uno de los dos únicos mercados de este tipo fuera de los Estados Unidos aunque cabe señalar que en la actualidad todos los países europeos tienen ya sus propios mercados de futuros y opciones. Al principio, el LTOM sólo ofrecía opciones de compra sobre diez valores, y su salida al mercado fue relativamente lenta, a causa de la oferta de un nuevo producto y de la baja cantidad de valores que contaban con

¹ Información del libro FORD, David, *Invertir en el Mercado de Opciones*, España Folio, 1ª ed., 1994.

² Chicago Board Options Exchange, CBOE

³ London Traded Options Market, a partir de este momento se le mencionará siempre por sus siglas en inglés: LTOM.

PAGINACION DISCONTINUA

este instrumento. Las opciones de venta surgieron en 1981, y no en todos los subyacentes, pero el mercado creció de manera persistente a medida que la experiencia y el conocimiento se fueron extendiendo, de manera tal que en marzo de 1982 cambiaron de manos más de un millón de contratos, lo que en términos de dinero significó un total de más de doscientos millones de libras. En 1983 salieron al mercado las opciones de venta en todas las acciones y 1984 vio la introducción del índice bursátil FT-SE 100, lo que permitió a los inversionistas beneficiarse de los movimientos de la totalidad del medio, de manera tal que en el año de 1987 se realizaron más contratos que en los nueve años anteriores juntos.

Desgraciadamente, la crisis de ese mismo año minó la confianza de los inversionistas, no sólo en las opciones, sino en el mercado de valores en general, lo que tuvo como consecuencia inmediata una inevitable disminución de los volúmenes de transacciones.

En 1990 se anunció que el LTOM y la Bolsa de Futuros Financieros Internacionales de Londres⁴ se unirían en un solo mercado. Después de una gran preparación, en la que se incluyó la construcción de un nuevo mercado sobre la estación ferroviaria de Cannon Street, la fusión tuvo lugar en 1992. El nuevo mercado, el mayor de derivados simples fuera de los Estados Unidos, y el tercero más grande del mundo, se conoce como Mercado de Opciones y Futuros Financieros Internacionales de Londres⁵. En él se opera actualmente con 70 tipos de opciones sobre acciones, dos opciones sobre índices y también futuros y opciones financieras.

⁴ London International Financial Futures Exchange, LIFFE

⁵ London International Financial Futures and Options Exchange, a partir de este momento por sus siglas LIFFE

Dejando de lado su implicación en otras formas de inversión, estos instrumentos tienen algo que ofrecer a todos los usuarios, desde el inexperto que apenas inicia su cartera hasta el sofisticado conocedor que posee un buen portafolio de valores. Sabemos que normalmente se compran opciones de compra para especular, debido a su bajo costo inicial y a su elevado efecto de apalancamiento, mismo que permite conseguir beneficios potenciales muy elevados, donde no es raro obtener ganancias de entre doscientos y trescientos por ciento en cuestión de semanas, por medio de una inversión inicial de unos pocos cientos de pesos.

Algunos de los beneficios de las opciones son:

- Riesgo limitado al comprarlas
- Probabilidad de beneficios en un mercado de alza o a la baja.
- Posibilidad de asegurar tanto cartera de valores como acciones.
- Un desembolso relativamente pequeño, en comparación con la cantidad de activo invertido.

Los inversionistas particulares llevan a cabo, actualmente, el 20 por ciento de las transacciones en opciones sobre acciones en el LIFFE. Es poco favorable la comparación con Estados Unidos y Europa, donde el mismo tipo de inversionista lleva a cabo entre un 70 u 80 por ciento de las operaciones de este tipo. Esta diferencia debe atribuirse a la escasez de estudios y preparación sobre el tema que hay a disposición de los usuarios, y también a la resistencia de algunos agentes a participar en este mercado.

Los cambios -introducidos a partir de 1991- en los impuestos de las opciones para los fondos de pensiones y los fondos de inversión supusieron un aumento de su uso; no obstante, los administradores de fondos aún necesitan convencerse de sus beneficios. Las dos mayores empresas administradoras de fondos actualmente utilizan este tipo instrumentos en el 75 por ciento de sus carteras. Asimismo, estas herramientas han demostrado ser una excelente fuente de ingresos adicionales para los administradores de fondos, y un medio que permite asegurar una posición y limitar cualquier pérdida potencial. Para los agentes de Bolsa, por su parte, representan una excelente oportunidad para generar ingresos adicionales a partir de una clientela básica ya existente.

1.2 CONCEPTOS

Las opciones, al igual que la mayoría de las formas de inversión, están rodeadas de misterio y de una terminología particular, pero es importante romper con esto para obtener una idea concisa de lo que significan y su valor. Además del concepto de opción, este capítulo explica su terminología en términos claros y cómo puede utilizarse dentro del mercado.

Para comprender la idea básica, nos apartaremos de los valores y las acciones por un momento para acercarnos a algo con lo que todos estamos relacionados hoy en día: la compra de un coche:

Una persona decide comprar un coche nuevo. Acude a una agencia y, después de considerarlo minuciosamente, entrega un depósito sobre el valor del mismo. Éste permite amparar en un contrato la intención de compra, además de señalar la marca y modelo del auto, el precio, el monto del depósito y por cuánto tiempo es válido. Una vez que ha pagado el depósito,

el cliente ha asegurado el precio de compra del coche, independientemente de lo que pueda pasar a partir de entonces en el mercado o en la economía. Posteriormente pueden ocurrir dos cosas:

- El cliente puede hacer uso del depósito y comprar el coche.
- No hacer nada y perder su inversión.

El depósito que le da derecho a la compra del coche es una analogía de lo que ocurre con una opción sobre las acciones de una empresa. Así tenemos que una opción es simplemente un método para asegurarse un precio de compra o venta de determinadas acciones.

Un inversionista decide que quiere comprar una opción y acude con su agente para realizar la operación. El precio de ésta dependerá del tipo de que se trate y del precio de compra o venta que con ella se asegure.

En cada transacción se especifica el tipo de opción utilizada (es decir, para comprar o vender acciones), sobre qué cantidad de acciones se verificará (las especificaciones del contrato); el nombre y tipo de acciones (precio del subyacente), el precio de compra o de venta (es decir, el precio de ejercicio); el monto del depósito (costo o prima de la opción) y, finalmente, por cuánto tiempo es válida (su fecha de vencimiento).

Una vez comprada, el propietario de la opción puede hacer con ella lo mismo que podría hacer el cliente con el depósito sobre el coche:

- hacer uso del mismo y comprar las acciones (lo que se conoce como ejercer la opción) o
- no hacer nada y perder su depósito (lo que se conoce como abandonar la opción), o
- decidirse por una tercera posibilidad: vender la opción en el mercado para obtener algunos beneficios.

Esto es porque una opción es un activo en sí misma, y puede comprarse y venderse en el mercado en cualquier momento. Su costo fluctuará según suba o baje el precio del subyacente (las acciones sobre las que se basa la opción). Así, la mayoría de los inversionistas compran y venden sus opciones en el mercado en vez de ejercerlas o abandonarlas.

La compraventa de opciones es una transacción sin certificados, es decir, los registros de las empresas no extienden ningún papel; en su lugar, la prueba de propiedad es a través de un contrato emitido por los agentes, con registro en la cámara de compensación.

1.3 Términos

Primero necesitamos revisar la definición formal de una opción y los términos que se utilizan. Aquí se establece que:

"La opción es un acuerdo entre un comprador (propietario o tenedor) y un vendedor (emisor) que, tras el pago de una retribución, da al comprador el derecho, pero no la obligación, de comprar (*call*) o vender (*put*) un activo en una fecha determinada o antes de ella".

La manera más fácil de entender esta definición es desglosar en sus componentes y observar cada uno de ellos por separado:

- El propietario o tenedor de una opción ha comprado el derecho de comprar o vender acciones del subyacente.

El emisor de la opción, la parte contraria de Esta transacción, es quien ha vendido este derecho, y a partir de ese momento está obligado a satisfacer al propietario y debe, por tanto, comprar o vender el subyacente si aquél decide ejercer la opción.

- El propietario es libre para elegir lo que quiere hacer con la opción, igual a la persona de nuestro ejemplo con el depósito del coche, porque precisamente ha comprado el derecho, no la obligación, de comprar o vender. Así, el inversionista puede ejercerla, venderla de nuevo en el mercado o abandonarla. Por su parte, el vendedor debe esperar a ver qué quiere hacer el tenedor con su opción. Si éste ejerce el derecho de compra o venta de las acciones, el emisor tiene que cumplir y vendérselas o comprárselas.

Aquí debemos añadir otra explicación sobre los tipos opciones: de compra (*call*) y de venta (*put*):

Una opción de compra (*call*) da a su propietario el derecho de comprar acciones del subyacente en el caso de que la opción se ejerza. Por el contrario, la opción de venta (*put*) otorga al poseedor el derecho de vender acciones del subyacente si decide hacer uso de la misma. El emisor de una opción *call* está obligado a vender (es decir, entregar) las acciones si el propietario ejerce su opción, mientras el emisor de una opción *put* se compromete a comprar (tomar)

las acciones del propietario en el momento en que éste decida ejercer su derecho de venta.

Una acción es el valor en el que se basa la opción. Normalmente se le llama el subyacente.

Debe destacarse que las opciones tienen una vida limitada, caducan en una fecha determinada o antes de ella. La vida máxima de una opción sobre un subyacente es de nueve meses a partir de la fecha de su introducción. Cuando las opciones se introducen por primera vez, se les coloca en uno de los tres ciclos de vencimiento existentes. Cada uno de éstos dependerá del momento en que los resultados de la empresa que utiliza este instrumento deban anunciarse.

Ciclos de vencimiento:

Enero	Abril	Julio	Octubre
Febrero	Mayo	Agosto	Noviembre
Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre

Tabla 1.1 de los ciclos de vencimiento.

Los tres meses de vencimiento más cercanos, dentro de cada ciclo, están siempre vigentes, y una vez que se ha cumplido la fecha de vencimiento más cercana se introduce la siguiente en la secuencia para mantener las tres fechas de vencimiento con intervalos de tres meses.

La fecha de vencimiento de una opción es el último miércoles del último periodo completo de cierre de cuentas de la Bolsa del mes en que concluye el ciclo

El precio específico o precio de ejercicio es el valor al que el propietario puede comprar o vender las acciones en que se basa la opción en caso de que decida ejercerla, La cantidad la establece el mercado según el precio del subyacente. Cuando una opción aparece en el mercado, tanto si

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

es porque ha vencido una emisión anterior como si se introduce por primera vez, siempre habrá dos valores específicos, uno encima del precio de mercado de las acciones y otro debajo de él. Además, si por alguna razón el valor del subyacente es el mismo, o muy cercano a un precio de ejercicio, éste último se introducirá con los dos siguientes específicos en la secuencia superior e inferior. Si el valor del subyacente sube o baja durante la vigencia de una opción puede ser necesario introducir nuevos precios de ejercicio, pero si por alguna razón el valor de mercado del subyacente cae por debajo del segundo precio específico más alto, se introducirá el siguiente valor de ejercicio. Así ocurre que se utilizan nuevos valores de ejercicio a discreción de los funcionarios de la Bolsa, si los agentes y operadores piden que así ocurra para ayudar de alguna manera a las transacciones.

La retribución es el costo de la opción y se conoce como la prima. Ésta se define como la cantidad que paga el comprador (propietario) al vendedor (emisor). Representa la máxima pérdida para el primero y el máximo beneficio para el segundo.

La compraventa de opciones se realiza mediante contratos, y cada uno de ellos se hace normalmente sobre mil acciones. Para determinar el costo de un contrato, la prima se multiplica por el volumen del contrato, por ejemplo $\$25 \times 1,000 = \$25,000$.

La negociación solamente se permite en contratos completos, en otras palabras, no se permiten las fracciones de contratos, aunque a veces se introducen cambios en las especificaciones de los mismos para reflejar los cambios en el subyacente, por ejemplo, una emisión de derechos de suscripción o una emisión gratuita de acciones.

Al describir las opciones, normalmente se incluyen cuatro tipos de datos:

- El precio del subyacente.
- La fecha de vencimiento.
- El precio de ejercicio.
- El tipo de acción (*call* o *put*).

1.4 Determinación del precio de las opciones

Para comprender cómo y por qué diferentes sucesos tienen diferentes efectos en las primas de las opciones y las distintas estrategias que funcionan en cada caso, es necesario comprender los principios básicos para determinar el precio de estos instrumentos. Para calcular de manera fehaciente el monto de la prima de una opción y así determinar su precio se utilizan seis variables principales:

- Precio de las acciones.
- Precio de ejercicio.
- Tiempo hasta el vencimiento.
- Volatilidad.
- Dividendo.
- Tasa de interés.

Las dos primeras variables determinan el valor intrínseco y el valor temporal. Tenemos entonces que la prima de una opción viene determinada a partir de estos componentes:

$$\text{PRIMA} = \text{VALOR INTRINSECO} + \text{VALOR TEMPORAL}$$

1.4.1 Tiempo hasta el vencimiento

Como se señaló arriba, a medida que se acerca la fecha de vencimiento, el valor temporal de una opción disminuye. Al principio esta desvalorización es lenta y, a causa de la larga vida de la opción, prácticamente no puede detectarse; pero a medida que se acerca la fecha de vencimiento, la pérdida aumenta. Esta disminución del valor temporal continúa a un ritmo cada vez mayor hasta que, al vencer, éste ha desaparecido y la prima de la opción esta constituida en su totalidad por el valor intrínseco.

La erosión del valor temporal actúa contra los propietarios de opciones y a favor de los emisores, su disminución no puede apurarse demasiado, por lo que este factor deben tenerlo en cuenta todos los tenedores de este tipo de instrumentos.

Debe destacarse también que, a lo largo de la vida de una opción, la prima que sea *dentro de dinero* está compuesta por valor intrínseco y valor temporal, y la de una *fuera de dinero* está compuesta sólo por el temporal. Al vencer, la prima de una opción *dentro de dinero* consistirá en su valor intrínseco total, mientras la de *fuera de dinero* será cero. El motivo es que, al vencer, no queda tiempo para que gane en su cotización intrínseca o tangible, por lo que una opción *fuera de dinero* no cuenta con ningún valor.

1.4.2 Volatilidad

La volatilidad es una medida del movimiento del precio de una acción durante un tiempo dado. Cuanto mayor sea el movimiento del precio del subyacente, mayor es la posibilidad de que una opción termine como *fuera de dinero*. Si un subyacente tiene una gran volatilidad, posiblemente el comprador tendrá que pagar más por ella que por una opción sobre acciones con baja volatilidad.

1.5 Dividendo

Los propietarios de las opciones no tienen derecho a el dividendo que paga el subyacente, por lo cual no tienen ningún efecto directo en las primas. No obstante, el dividendo a pagar se añade gradualmente al precio del subyacente. En el *exdate* (el último día en que los propietarios del subyacente aparecerán en el registro de la Bolsa para recibir el dividendo) el precio del subyacente va a reducirse, y con él el monto del pago del dividendo. Esta baja afectará a las primas de las opciones y supone una rebaja de los precios de las *call* y un aumento del valor de las *put*. Normalmente, el subyacente se fija *exdividendo* durante el primer día de operaciones de un nuevo periodo contable de la bolsa. Las opciones, no obstante, no puede ejercerse el último día de un periodo contable y por lo tanto se les trata como si fueran fijadas *exdividendo* en el penúltimo día de operaciones del periodo contable previo (normalmente un jueves). Las fechas del dividendo y de los supuestos pagos normalmente se conocen con bastante anticipación y deben por lo tanto introducirse en todos los

precios y tenerse en cuenta en las estrategias que se utilicen.

1.6 Tasa de interés

La teoría de valuación de estos instrumentos asegura que las tasas de interés afectan a las primas de las opciones, aunque de manera secundaria. Existe entonces una relación entre ambas: si las tasas de interés suben, las primas de las *call* también deberán subir, y las de las *put*, bajar. La opción *call* se considera como una compra aplazada de acciones, por lo que el ahorro obtenido comprando valores de este tipo se puede colocar en una cuenta para obtener intereses. En sentido opuesto, las *put* se consideran como una venta de acciones aplazada, lo que priva al inversionista de cualquier interés que hubiera podido obtener a partir de la misma.

No obstante, en la realidad un aumento de las tasas de interés afectará en mucho mayor grado la cotización del activo subyacente, lo que hará bajar su precio en el mercado, y el resultado será una baja del precio de las opciones de compra y un aumento del precio de las de venta.

1.7 Efecto en los movimientos de las variables

Con lo anterior podemos describir el siguiente panorama:

- Si se da un ascenso del precio de la acción, las primas de las opciones de compra subirán y las de las opciones de venta bajarán.
- El acrecentamiento del precio de ejercicio provocará un aumento de precio de las opciones de compra y un descenso del precio de las de venta.
- Si aumenta la volatilidad, subirá el precio de las call y de las put., pero cuanto más lejos esté el vencimiento, más alto será el valor de ambas opciones.
- Cuando se registra una alza en las tasas de interés los precios de las call se reducirán y los de las put ascenderán a causa del efecto en el mercado del subyacente.

Modelos de determinación de precios de opciones.

Las seis variables que acabamos de revisar se utilizan junto con un modelo de valuación del precio de las opciones. Los dos más conocidos son el de Black y Scholes y el de Cox-Ross-Rubenstein. Los precios generados a partir de ellos se conocen como valores justos, pero no son necesariamente los que se negocian en el mercado de opciones. El precio de mercado deriva de este resultado más la oferta y la demanda, la anticipación y el manual de los operadores. No obstante, a partir del valor justo un inversionista puede decidir si una opción está sobrevalorada o infravaluada y en consecuencia comprar o vender.

1.8 Derivación del modelo de Black y Scholes⁶

En el presente trabajó únicamente utilizaremos el modelo de valuación de Black y Scholes pero antes de describir cómo funciona dentro del mercado de opciones es importante tomar en cuenta que generalmente en un solo día se llevan a cabo un gran número de operaciones con opciones en el mercado, además de que los precios no se limitan a dos, sino que existe un número infinito de precios que podría alcanzar una opción en un lapso relativamente corto de tiempo. Éste es el primer problema al que tendremos que enfrentarnos.

El modelo Black y Scholes fue publicado en 1973⁷, estaba pensado para obtener la evaluación de opciones de compra y de venta. Su objetivo primordial es derivar una ecuación que exprese el valor de una opción en función del precio de ejercicio, fecha de vencimiento y las características que se han supuesto en cierto mercado y por el comportamiento del bien subyacente. Además está diseñado para calcular el precio de opciones europeas sin pago de dividendo.

Los principales supuestos de este modelo son los siguientes:

- El mercado funciona sin restricciones; es decir, no existen costos de transacción, información, requerimientos de margen ni impuestos, y los activos son perfectamente divisibles.

⁶ Para mayor información consultar HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey: Prenti Hall, 3ª ed., 1996. Y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros Derivados*, México: Limusa, 1ª ed., 1995.

⁷ BLACK, Fisher, y Scholes, Myron, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *Journal of Political Economy*, num. 81, Mayo-junio 1973, Pp 637-659 Y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México: Limusa, 1ª ed., 1995.

- Las transacciones tienen lugar de forma constante y existe plena capacidad para realizar compras y ventas sin restricciones ni costos especiales.
- Los agentes pueden prestar y endeudarse a una misma tasa r , que es la tasa de interés a corto plazo expresada en forma continua.
- Las opciones son europeas y el subyacente no paga dividendo durante el tiempo que permanece el instrumento derivado en el mercado.

El precio del valor subyacente sigue un proceso de evolución constante pero estocástico⁸ definido por Gauss-Wiener con la siguiente fórmula⁹:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

dS : Representa un cambio en el precio del subyacente.

dt : Representa un cambio en el periodo de tiempo.

μ : Representa la medida de los rendimientos por periodo.

σ : Representa la volatilidad del bien subyacente.

dz : Es una variable aleatoria con $(0,1)$.

⁸ El cálculo estocástico es el conjunto de formulas que se utilizan en los calculos de los procesos estocásticos. El cálculo diferencial es aquel que trate de los cambios en la variable independiente cuando la dependiente cambio en una unidad.

⁹ HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey Prentice Hall, 3ª ed., 1996 y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México: Limusa, 1ª ed., 1995.

Si se tiene un instrumento derivado de S , su precio $C(S,t)$ se satisface con la ecuación¹⁰:

$$dC = \left[\frac{\partial C}{\partial S} \mu S + \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right] dt + \frac{\partial C}{\partial S} \sigma S dz \dots \dots \dots (2)$$

de acuerdo con el lema de Ito.

Ahora, bajo el supuesto de que el mercado sigue un movimiento continuo se podría construir una cartera X de valores que contenga lo siguiente:

1 instrumento derivado de C .

$$-\frac{\partial C}{\partial S} \text{ activos financieros de } S.$$

Entonces el valor de la cartera es¹¹:

$$X = C - \frac{\partial C}{\partial S} \cdot S \dots \dots \dots (3)$$

Si se supone ahora que en un pequeño intervalo de tiempo Δt el precio se mueve por una cantidad pequeña ΔS , esto implica que la variación en la cartera X del valor será¹²:

$$\Delta X = \Delta C - \frac{\partial C}{\partial S} \Delta S \dots \dots \dots (4)$$

Sustituyendo la ecuación (1) y la ecuación (2) en la ecuación (4) se obtiene que¹³:

¹⁰ HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 3ª ed., 1996
y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México:
Limusa, 1ª ed., 1995.

¹¹ Idem

¹² Idem

¹³ Idem

$$\Delta X = \left[\frac{\partial C}{\partial S} \mu S + \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right] \Delta t + \frac{\partial C}{\partial S} \sigma S \Delta z - \frac{\partial C}{\partial S} [\mu S \Delta t + \sigma S \Delta z]$$

$$\Delta X = \left[\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right] \Delta t \dots \dots \dots (5)$$

Como puede observarse, la ecuación (5) no contiene ningún término Δz , lo cual implica que el valor de la cartera X es independiente del riesgo de movimientos aleatorios en el valor de S ; es decir, durante un pequeño instante Δt la cartera X no tiene el menor riesgo, por lo que su rendimiento debe ser r , la tasa de interés libre de riesgo del mercado¹⁴.

$$\Delta X = rX \Delta t \dots \dots \dots (6)$$

Por lo tanto¹⁵

$$\left[\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right] \Delta t = r \left[C - \frac{\partial C}{\partial S} S \right] \Delta t$$

Simplificando el proceso se obtiene la ecuación diferencial de Black y Scholes¹⁶.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + rS \frac{\partial C}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} - rC = 0 \dots \dots \dots (7)$$

Esta secuencia, en este trabajo analizada en ecuaciones derivadas parciales, constituye la relación fundamental que sigue una opción *call*. Además, la fórmula de Black y Scholes, como otras ecuaciones diferenciales, tiene muchas soluciones que corresponden a la multitud de posibles instrumentos

¹⁴ HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 3ª ed., 1996
y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México:
Limusa, 1ª ed., 1995.

¹⁵ Idem

¹⁶ Idem

derivados. La elegida en cada caso dependerá de las condiciones límite que se establezcan para cada una de ellas. Continuando con nuestro análisis, una opción call europea tienen un precio límite al vencimiento dado por¹⁷:

$$C = \text{Max}(S_t - K, 0)$$

Para obtener el valor presente de la opción es necesario tomar el valor esperado de la ecuación anterior y descontarlo a la tasa de interés libre de riesgo del mercado¹⁸.

$$C = e^{-rt} E[\text{Max}(S_t - K, 0)]$$

$$C = e^{-rt} \int_K^{\infty} (S_t - K) \phi(S_t) dS_t, \dots \dots \dots (8)$$

donde $\phi(S_t)$ es la función de densidad lognormal¹⁹.

$$\phi(x) = \frac{1}{x} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x) - E[\ln(x)])^2}{2\sigma^2}\right)$$

Antes de resolver la integral se debe tener en cuenta que la ecuación (2) implica que el logaritmo de S_t tiene una distribución normal con²⁰:

$$E[\ln(S_t)] = \ln(S) + \mu \cdot t \quad , \quad \text{Var}[\ln(S_t)] = \sigma^2 t \quad \text{donde:}$$

$$\mu = r - \frac{\sigma^2}{2}$$

¹⁷ HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 3ª ed., 1996 y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México: 1997 Limusa, 1ª ed., 1995.

¹⁸ Idem

¹⁹ Idem

²⁰ Idem

Para encontrar la solución a ésta, primero obtendremos el término que contiene el precio de ejercicio K . Sea²¹:

$$L = \ln(S_t) \quad , \quad M = E[\ln(S_t)] \quad y \quad v = \sigma\sqrt{t}$$

Entonces

$$C_2 = Ke^{-rt} \int_K^{\infty} \phi(S_t) dS_t = Ke^{-rt} \int_K^{\infty} \frac{1}{S_t} \frac{1}{v\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2v^2}(L-M)^2\right) dS_t$$

Sea²²

$$y = \frac{(L-M)}{v} \quad , \quad \frac{dy}{dS_t} = \frac{1}{vS_t} \quad y \quad y = \frac{(\ln(K)-M)}{v} \quad \text{cuando}$$

$S_t = K$

$$C_2 = Ke^{-rt} \int_{\frac{\ln(K)-M}{v}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy$$

En la nueva integral es posible observar que ahora tiene la forma de una función de densidad normal. Por tanto:

$$C_2 = Ke^{-rt} \left[1 - N(y)\right]_{\frac{\ln(K)-M}{v}}^{\infty} = Ke^{-rt} \left(1 - N\left(\frac{\ln(K)-M}{v}\right)\right)$$

Pero

como

$$1 - N(x) = N(-x)$$

$$C_2 = Ke^{-rt} N\left(\frac{M - \ln(K)}{v}\right) = Ke^{-rt} N\left(\frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}\right)$$

entonces:

²¹ HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 3ª ed., 1996
y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México:
Limusa, 1ª ed., 1995.

²² Idem

Revisaremos ahora el primer término de la ecuación (8), donde:

C = Precio de la opción de compra.

S = Precio de mercado de la acción.

K = Precio de ejercicio.

t = Plazo al vencimiento.

r = Tasa libre de riesgo.

σ = Volatilidad del subyacente.

$N\{x\}$ = Función de distribución normal.

$$d_1 = \left(\frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \right) ; \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Así tenemos que²³:

$$S_t = \exp(\ln(S_t)) \quad \text{entonces}$$

$$C_1 = e^{-rt} \int_K^{\infty} S_t \phi(S_t) dS_t = e^{-rt} \int_K^{\infty} \exp(\ln(S_t)) \phi(S_t) dS_t$$

$$C_1 = S \int_K^{\infty} \frac{1}{S_t} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp(\ln(S_t) - \ln(S) - rt) \exp\left(-\frac{(L-M)^2}{2v^2}\right) dS_t$$

²³ HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 3ª ed., 1996 y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México: Limusa, 1ª ed., 1995.

$$C_1 = S \int_K^{\infty} \frac{1}{S_i} \frac{1}{v\sqrt{2\pi}} \exp\left(L - \left(M + \frac{v^2}{2}\right)\right) \exp\left(-\frac{(L-M)^2}{2v^2}\right) dS_i$$

$$C_1 = S \int_K^{\infty} \frac{1}{S_i} \frac{1}{v\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\left(L - \left(M + v^2\right)\right)^2}{2v^2}\right) dS_i$$

Y sea²⁴:

$$w = \frac{L - (M + v^2)}{v}, \quad \frac{dw}{dS_i} = \frac{1}{vS_i} \quad \Rightarrow \quad dw = \frac{dS_i}{vS_i}$$

$$C_1 = S \int_{\frac{\ln(K) - (M + v^2)}{v}}^{\infty} \exp\left(-\frac{w^2}{2}\right) dw = S \left[1 - N(w)\right]_{\frac{\ln(K) - (M + v^2)}{v}}^{\infty}$$

$$C_1 = S \left(1 - N\left(\frac{\ln(K) - (M + v^2)}{v}\right)\right) = S \cdot N\left(\frac{M + v^2 - \ln(K)}{v}\right)$$

$$C_1 = S \cdot N\left(\frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot t}{\sigma\sqrt{t}}\right)$$

Por lo tanto²⁵: $C = S \cdot N(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2)$

Con base en la prioridad de *Put* sobre *Call*, y la fórmula Black y Scholes para calcular el precio de una opción de compra, la prima de una opción de venta será²⁶:

$$P = Ke^{-rt} N(-d_2) - S \cdot N(-d_1)$$

²⁴ HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 3ª ed., 1996
y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México:
Linusa, 1ª ed., 1995.

²⁵ Idem

²⁶ Idem

Con lo cual se presenta a continuación la ecuación para la opción de compra²⁷:

$$C = Se^{-qT} N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2)$$

y el formulario para una opción de venta²⁸:

$$P = Ke^{-rT} N(-d_2) - Se^{-qT} \cdot N(-d_1)$$

1.9 Conclusión capitular

El presente capítulo nos presenta algunos antecedentes del mercado de opciones, desde sus inicios hasta los mercados financieros internacionales en los cuales se cotizan las opciones.

Se mencionaron algunas de sus características, así como las variables involucradas para su cálculo.

También se realizó la derivación del modelo de Black y Scholes, considerando todas sus variables.

El Modelo de Black y Scholes es una fórmula matemática que nos permite valorar el precio de una opción tanto de compra y/o de venta tanto con y sin dividendo, considerando

²⁷ HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 3ª ed., 1996
y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México:
Limusa, 1ª ed., 1995.

²⁸ Idem

necesarias seis variables para su calculo, las cuales son:

- Valor del Subyacente.
- Precio de ejercicio.
- Tiempo.
- Volatilidad.
- Tasa de interés y de Dividendo.

CAPITULO 2

Coefficientes de sensibilidad del Modelo de Black y Scholes.

2.1 Generalidades

Los coeficientes de sensibilidad (denominados *Delta*, *Gamma*, *Theta*, *Vega* y *Rho*), permiten obtener valores a partir de los cuales los inversionistas, corredores de bolsa y demás usuarios pueden tomar decisiones para protegerse de los movimientos de los precios de las opciones en el momento en que cambie cualquiera de las variables que se consideran para obtener su valor. Los coeficientes de sensibilidad se obtienen a partir del modelo de Black y Scholes tanto para un *call* como para un *put*, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

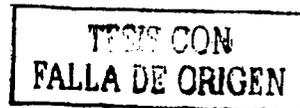
Dividendo	Call	Put
Sin	$C = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)$ (1.1)	$P = Ke^{-rt}N(-d_2) - SN(-d_1)$ (1.2)
Con	$C = Se^{-qt}N(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)$ (1.3)	$P = Ke^{-rt}N(-d_2) - Se^{-qt}N(-d_1)$ (1.4)

Tabla 2.1 de las diferentes variaciones del modelo de Black y Scholes.

Donde:

$$d_1 = \frac{\left(\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2} \right) t \right)}{\sigma \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot t$$



Y las variables son²⁹:

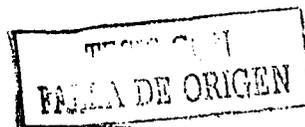
Variable	Concepto
S	es el precio del subyacente
K	es el precio de ejercicio
σ	es la volatilidad del precio del subyacente
r	es la tasa de rendimiento libre de riesgo
t	es el plazo de la opción
q	es la tasa del dividendo
d1	es el valor que toma la variable aleatoria, cuando se le suma la volatilidad
d2	es el valor que toma la variable aleatoria, cuando se le resta la volatilidad
N(d1)	valor que corresponde a la curva de distribución normal acumulada en d1
N(d2)	valor que corresponde a la curva de distribución normal acumulada en d2
C	es el precio de una opción para una compra
P	es el precio de una opción para una venta

Tabla 2.2 de variables y conceptos.

2.2 Definición y fórmula para el coeficiente de sensibilidad Delta.

Este coeficiente de sensibilidad se explica como la variación producida en el precio de la opción por una unidad

²⁹ Todas (excepto las propuestas) las fórmulas, variables y sus conceptos, de aquí en adelante se tomaron de los libros DIEZ DE CASTRO, Luis y Mascareñas Pérez-Iñigo, Juan, *Ingeniería Financiera*, España: McGraw-Hill, 2ª ed., 1994. Y HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 3ª ed., 1996. y RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México: Limusa, 1ª ed., 1995.



de cambio en el precio de la acción subyacente. También se le conoce como ratio de cobertura, e indica el número de acciones necesarias para cubrir una posición en opciones. Matemáticamente se puede definir como la primera derivada del precio de la opción con respecto al precio del subyacente.

La forma de calcular el coeficiente *Delta* consiste en derivar la ecuación del Modelo de Black y Scholes para los términos C (call) y P (put), considerando que d_1 y d_2 son las variables por lo tanto, es en función de éstas respecto de las cuales se genera la derivación del modelo. Es importante señalar también que cada una de las sensibilidades contiene términos adicionales que modifican cada uno de los coeficientes.

Dividendo	Call	Put
Sin	$\delta = N(d_1)$ (2.1)	$\delta = N(d_1) - 1$ (2.2)
Con	$\delta = N(d_1)e^{-qT}$ (2.3)	$\delta = (N(d_1) - 1)e^{-qT}$ (2.4)

Tabla 2.3 coeficiente de sensibilidad delta, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2, excepto δ que simboliza al coeficiente de sensibilidad Delta.

2.3 Definición y fórmula para el coeficiente de sensibilidad Gamma.

La *Gamma* (algunas veces señalada como la delta de la Delta) mide la sensibilidad de la Delta a los cambios en los precios de los activos subyacentes, es decir, que el coeficiente *Gamma* de una opción mide el cambio de la Delta cuando el precio subyacente de la acción varía una unidad. Matemáticamente es explicada como la segunda derivada del precio de la opción con respecto al precio del subyacente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La fórmula para calcular el coeficiente *Gamma* es la segunda derivada del modelo de Black y Scholes con respecto al subyacente (s), considerando que las demás variables se mantienen constantes para ambos casos (*call* y *put*).

	Sin y con dividendo	
Call	$\gamma = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{t}}$	(2.5)
Put	$\gamma = \frac{N'(d_1)e^{-rt}}{S\sigma\sqrt{t}}$	(2.6)

Tabla 2.4 coeficiente de sensibilidad gamma, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2, excepto γ que simboliza al coeficiente de sensibilidad Gamma.

2.4 Definición y fórmula para el coeficiente de sensibilidad *Theta*.

El deterioro del tiempo sobre una opción es conocido como *Theta*. En otras palabras, este coeficiente muestra la variación en el precio de una opción como consecuencia de una variación en el tiempo que resta para su vencimiento. Matemáticamente es definida como la primera derivada parcial del precio de la opción con respecto al tiempo hasta el vencimiento.

La fórmula para calcular el coeficiente *Theta* consiste en la primera derivada del modelo de Black y Scholes con respecto al tiempo (t), sin olvidar que las demás variables se mantienen constantes para ambos casos (*call* y *put*).



	Sin dividendo	Con dividendo
Call	$\theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}} - rKe^{-rt}N(d_2)$ <p style="text-align: center;">(2.7)</p>	$\theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma e^{-qt}}{2\sqrt{t}} + qSe^{-qt}N(d_1) - rKe^{-rt}N(d_2)$ <p style="text-align: center;">(2.9)</p>
Put	$\theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}} + rKe^{-rt}N(-d_2)$ <p style="text-align: center;">(2.8)</p>	$\theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma e^{-qt}}{2\sqrt{t}} - qSe^{-qt}N(-d_1) + rKe^{-rt}N(-d_2)$ <p style="text-align: center;">(2.10)</p>

Tabla 2.4 coeficiente de sensibilidad theta, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2, excepto θ que simboliza al coeficiente de sensibilidad Theta.

2.5 Definición y fórmula para el coeficiente de sensibilidad Vega

La sensibilidad de una opción a la volatilidad se conoce como la Vega de la opción (algunas veces también llamada *Lambda*).

Como ya hemos mencionado, la volatilidad es el único determinante del precio de una opción que no es directamente observable cuando tratamos de utilizar los métodos de valuación. Sin embargo, el mercado usa valores estimados o calculados a partir de la información histórica como sustitutos de la volatilidad futura. Por consiguiente, los cambios en la volatilidad implícita tienen un efecto considerable sobre el precio de una opción.

La fórmula para calcular a Vega, consiste en utilizar la primera ecuación derivada del modelo de Black y Scholes con respecto a la Volatilidad (σ), de nuevo, las demás variables se mantienen constantes para ambos casos (call y put).

	Sin y con dividendo	
Call	$v = StN'(d_1)$	(2.11)
Put	$v = StN'(d_1)e^{-rt}$	(2.12)

Tabla 2.5 coeficiente de sensibilidad vega, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2, excepto v que simboliza al coeficiente de sensibilidad Vega.

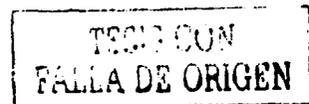
2.6 Definición y fórmula para el coeficiente de sensibilidad Rho.

Las opciones son sensibles también, aunque en menor escala, a los movimientos en las tasas de interés libres de riesgo. *Rho* mide precisamente el cambio del precio de la opción ante una modificación en la tasa libre de riesgo. En términos matemáticos se puede definir como la derivada parcial del precio de la opción con respecto a la tasa de interés libre de riesgo.

La fórmula para calcular esta variable consiste en la primera derivada del modelo de Black y Scholes con relación a la tasa de rendimiento (r), mientras las demás variables se mantienen constantes.

Dividendo	Call	Put
Sin	$\rho = Kte^{-rt}N(d_2)$ (2.13)	$\rho = -Kte^{-rt}N(-d_2)$ (2.14)
Con	$\rho = -te^{-rt}SN(d_1)$ (2.15)	$\rho = te^{-rt}SN(-d_1)$ (2.16)

Tabla 2.6 coeficiente de sensibilidad rho, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2, excepto ρ que simboliza al coeficiente de sensibilidad Rho.



2.7 Conclusión capitular³⁰

Las opciones no son tan sencillas para su manejo, por dos motivos. En primer lugar, las opciones responden no solamente a los cambios en los activos subyacentes, sino también a la volatilidad, el paso del tiempo y los cambios en las tasas de interés. En segundo lugar, esta respuesta no siempre es lineal. A primera vista podría parecer una tarea difícil seguir el comportamiento de solamente una opción en un mercado cambiante, y no digamos nada de toda una cartera de opciones. Afortunadamente, hay una solución para este problema aparentemente insoluble.

En lugar de intentar comprender como se comportara una opción cuando todo cambie al mismo tiempo, es mejor examinar como se comportan el precio y el valor de la opción cuando cambia una cosa cada vez. Estos efectos separados pueden acabar por agruparse.

³⁰ Se retoman algunos aspectos del libro FORD, David, *Invertir en el Mercado de Opciones*, España: Folio, 1ª ed., 1994.

CAPITULO 3

Determinación de los nuevos coeficientes de sensibilidad propuestos para el Modelo de Black y Scholes³¹.

3.1 Generalidades

Los coeficientes de sensibilidad muestran una diferencia evidente al calcularlos; esto se debe a que la fórmula no considera todas las variables cuando se aplica la primera derivada al modelo.

En esta investigación el coeficiente de sensibilidad *Delta*, muestra una diferencia en su fórmula respecto a la original, esto se debe a que al momento de derivar los términos $N(d_1)$ y $N(d_2)$, se consideran a d_1 y d_2 como variables independientes, cuando éstas están en función de las variables respecto de las cuales se deriva el modelo de Black y Scholes para un *call* y un *put* sin y con dividendo³².

Otra posibilidad que suponemos es que existen términos sumamente pequeños que en realidad sí generan alteraciones importantes en el resultado final, pero que los autores consideraron que podrían ser despreciados dentro de su ecuación total, y por lo tanto no se agregaron a sus respectivas fórmulas.

³¹ Las formulas ya conocidas del modelo de Black y Scholes del libro DIEZ DE CASTRO, Luis y Mascareñas Perez-Iñigo, Juan, *Ingeniería Financiera*, España: McGraw-Hill, 2ª ed., 1994.

³² A partir de este momento las opciones y las sensibilidades se consideraran tanto para el *call* y *put* con y sin dividendo.

3.2 Modelo propuesto para obtener el coeficiente de sensibilidad *Delta*.

Para obtener esta ecuación es necesario realizar la distinción entre las primas de la opción cuando el valor del subyacente se incrementa en una unidad monetaria (s+1) y cuando se mantiene en su precio original (s), dicha diferencia da como resultado el incremento de la opción cuando el precio del subyacente se incrementa en una unidad monetaria, de donde se desprende la fórmula para obtener el coeficiente *Delta* modificado.

Si utilizamos las fórmulas para la opción y les añadimos que el precio del subyacente es de s+1, tenemos las siguientes ecuaciones:

<i>Dividendo</i>	<i>Call</i>	<i>Put</i>
Sin	$C'' = (S+1)N(d_1'') - Ke^{-rt}N(d_2'')$ (3.1)	$P' = C' - (S+1) + Ke^{-rt}$ (3.2)
Con	$C''' = (S+1)e^{-qt}N(d_1''') - Ke^{-rt}N(d_2''')$ (3.3)	$P'' = C' - (S+1)e^{-qt} + Ke^{-rt}$ (3.4)

Tabla 3.1 Fórmulas para la prima de una opción tomando en consideración un precio de s+1 para el valor subyacente, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Donde:

C' = es el precio de una opción para un *call* con un precio de s+1 para el valor subyacente.

P = es el precio de una opción para un *put* con un precio de s+1 para el valor subyacente.

S = es el precio del valor subyacente.

K = es el precio de ejercicio.

r = es la tasa de rendimiento libre de riesgo.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

$q =$ es la tasa de dividendo.

$\sigma =$ es la volatilidad del precio del subyacente.

$t =$ es el plazo de la opción.

A las formulas anteriores debe restárseles las ecuaciones ya conocidas para el cálculo de las primas del formulario original. Ahora bien, si recordamos que el valor subyacente toma un precio de s , tenemos las siguientes modificaciones:

<i>Dividendo</i>	<i>Call</i>	<i>Put</i>
Sin	$C = SN(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2) \quad (3.5)$	$P = Ke^{-rt} N(-d_2) - SN(-d_1) \quad (3.6)$
Con	$C = Se^{-qt} N(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2) \quad (3.7)$	$P = Ke^{-rt} N(-d_2) - Se^{-qt} N(-d_1) \quad (3.8)$

Tabla 3.2 Fórmulas para la prima de una opción. Añadiendo la valoración de un precio de s para el valor subyacente, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Donde:

$C =$ es el precio de una opción para un *call*.

$P =$ es el precio de una opción para un *put*.

$S, K, r, q, \sigma, t =$ son los mismos conceptos descritos anteriormente de la tabla 2.1.

El resultado de realizar la sustracción entre las primas de las opciones de la tabla 3.1 y las primas de las opciones de la tabla 3.2 respectivamente nos ofrece el coeficiente de sensibilidad *Delta* modificado, mismo que a continuación presentamos:

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Dividendo	Call	
Sin	$\delta'' = [(S+1)N(d_1'') - Ke^{-rt}N(d_2'')] - [SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)]$	(3.9)
Con	$\delta'' = [(S+1)e^{-qt}N(d_1'') - Ke^{-rt}N(d_2'')] - [Se^{-qt}N(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)]$	(3.10)

Tabla 3.3 Fórmulas para el cálculo del coeficiente Delta modificado para un call sin y con dividendo, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Y para un put sin y con dividendo ofrecemos los siguientes resultados:

Dividendo	Put	
Sin	$\delta'' = [C' - (S+1) + Ke^{-rt}] - [C - S + Ke^{-rt}]$	(3.11)
Con	$\delta'' = [C' - (S+1)e^{-qt} + Ke^{-rt}] - [C - Se^{-qt} + Ke^{-rt}]$	(3.12)

Tabla 3.4 Modelo de ecuación para la Delta modificada para un put sin y con dividendo, las utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Los valores tanto para d_1 y d_2 como para d_1' y d_2' son los siguientes:

Valor Subyacente	"d1"	"d2"
Para S	$d_1 = \left(\frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \cdot t} \right)$	$d_2 = d_1 - \sigma \cdot t$
Para S+1	$d_1' = \left(\frac{\ln\left(\frac{(S+1)}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \cdot t} \right)$	$d_2' = d_1' - \sigma \cdot t$

Tabla 3.5 Fórmula de d_1 y d_2 para el precio del subyacente con precio s y $s+1$, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

3.3 Modelo propuesto para calcular el coeficiente de sensibilidad *Gamma*

Este valor se obtiene al dividir las formulas de la tabla 3.3 entre el precio *S* del valor subyacente; en otras palabras, nuestra *Gamma* modificada se obtiene al dividir el coeficiente de sensibilidad *Delta* entre el precio *S* del valor subyacente.

El resultado obtenido de dividir la fórmula del coeficiente de sensibilidad *Delta* modificado entre el precio *S* del valor subyacente se presenta en la siguiente tabla, donde se muestra al coeficiente de sensibilidad *Gamma* modificado:

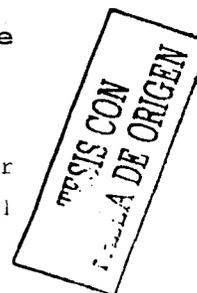
<i>Dividendo</i>	<i>Call y Put</i>
Sin	$\gamma'' = \frac{[C' - (S+1) + Ke^{-rt}] - [C - S + Ke^{-rt}]}{S} \quad (3.13)$
Con	$\gamma'' = \frac{[C' - (S+1)e^{-qt} + Ke^{-rt}] - [C - Se^{-qt} + Ke^{-rt}]}{S} \quad (3.14)$

Tabla 3.6 Fórmulas para la *Gamma* modificada para un *call* y *put* sin y con dividendo, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Los valores utilizados tanto para d_1 y d_2 como para d_1' y d_2' se encuentran en la tabla 3.5.

3.4 Modelo propuesto para el cálculo del coeficiente de sensibilidad *Theta*.

Para la construcción de esta fórmula es necesario realizar la diferencia entre la prima de la opción cuando el valor del



tiempo es igual a $t-1/364$. A la anterior se le resta la opción que se obtiene con un tiempo t .

Al tomar como punto de partida el tiempo como $t-1/364$, tenemos a continuación la siguiente tabla que muestra dichas operaciones:

<i>Dividendo</i>	<i>Call</i>	<i>Put</i>
Sin	$C' = SN(d_1'') - Ke^{-r(t-1/364)}N(d_2'')$ (3.15)	$P' = C' - S + Ke^{-r(t-1/364)}$ (3.16)
Con	$C' = Se^{-q(t-1/364)}N(d_1'') - Ke^{-r(t-1/364)}N(d_2'')$ (3.17)	$P' = C' - Se^{-q(t-1/364)} + Ke^{-r(t-1/364)}$ (3.18)

Tabla 3.8 Fórmulas para la prima de una opción *call* y *put* sin y con dividendo considerando un tiempo de $t-1/364$, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

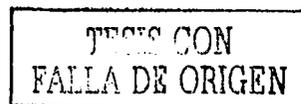
Donde:

C' = es el precio de una opción para un *call* con un valor del tiempo de $t-1/364$.

P' = es el precio de una opción para un *put* con un valor del tiempo de t .

S, K, r, q, σ, t = los valores ya señalados de la tabla 2.1.

Si a las ecuaciones de la tabla 3.8 se restan las que aparecen en 3.2 es posible obtener las fórmulas del coeficiente de sensibilidad *Theta* modificado para un *call* sin y con dividendo, como se muestra continuación:



Dividendo	Call
Sin	$\theta'' = [SN(d_1'') - Ke^{-r(t-1/364)}N(d_2'')] - [SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)]$ (3.19)
Con	$\theta'' = [Se^{-qt}N(d_1'') - Ke^{-r(t-1/364)}N(d_2'')] - [Se^{-qt}N(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)]$ (3.20)

Tabla 3.9 Fórmulas para la *Theta* modificada para un *call* sin y con dividendo, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

De igual manera, presentamos las formas correspondientes para el coeficiente de sensibilidad *Theta* modificado para un *put* sin y con dividendo:

Dividendo	Call
Sin	$\theta'' = [C'' - S + Ke^{-r(t-1/364)}] - [C - S + Ke^{-rt}]$ (3.21)
Con	$\theta'' = [C'' - Se^{-qt(t-1/364)} + Ke^{-r(t-1/364)}] - [C - Se^{-qt(t-1/364)} + Ke^{-rt(t-1/364)}]$ (3.22)

Tabla 3.10 Fórmula para la *Theta* modificada para un *put* sin y con dividendo, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Los valores, en d_1 y d_2 y d_1' y d_2' son los siguientes:

Valor de t	"d1"	"d2"
Para t	$d_1 = \left(\frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \sqrt{t}} \right)$	$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$
Para t-1/364	$d_1' = \left(\frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(t-1/364)}{\sigma \sqrt{(t-1/364)}} \right)$	$d_2' = d_1' - \sigma \sqrt{(t-1/364)}$

Tabla 3.11. d_1 y d_2 para el tiempo t y $t-1/364$, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

3.5 Modelo propuesto para obtener el coeficiente de sensibilidad Vega.

El valor resultante se obtendrá de hacer una resta entre la opción cuando la volatilidad toma un valor de $\sigma+1\%$, menos la opción con un valor de la volatilidad de σ .

A partir del hecho de que las fórmulas para la prima presentan una volatilidad igual a $\sigma+1\%$, se tiene a continuación la siguiente tabla:

Dividendo	Call	Put
Sin	$C = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2) \quad (3.23)$	$P' = C' - S + Ke^{-rt} \quad (3.24)$
Con	$C = Se^{-qt}N(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2) \quad (3.25)$	$P' = C' - Se^{-qt} + Ke^{-rt} \quad (3.26)$

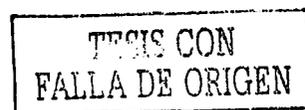
Tabla 3.12 Fórmula para la prima de una opción *call* y *put* sin y con dividendo considerando la volatilidad igual a $\sigma+1\%$, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Donde:

C' = es el precio de una opción para un *call* con un valor de la volatilidad igual a $\sigma+1\%$.

P' = es el precio de una opción para un *put* con un valor de la volatilidad igual a $\sigma+1\%$.

S, K, r, q, σ, t = los valores ya expuestos, de la tabla 2.1.



A las construcciones anteriores habrá que restarles las fórmulas ya conocidas que se muestran en la tabla 3.2. La resultante de dicha diferencia nos da el coeficiente de sensibilidad Vega modificado para un call sin y con dividendo:

Dividendo	Call	
Sin	$v'' = [SN(d_1'') - Ke^{-rt}N(d_2'')] - [SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)]$	(3.27)
Con	$v'' = [Se^{-qt}N(d_1'') - Ke^{-rt}N(d_2'')] - [Se^{-qt}N(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)]$	(3.28)

Tabla 3.13 Vega modificada para un call sin y con dividendo, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Y a continuación las modificaciones para el coeficiente de sensibilidad Vega modificado para un put sin y con dividendo:

Dividendo	Put	
Sin	$v'' = [C' - S + Ke^{-rt}] - [C - S + Ke^{-rt}]$	(3.29)
Con	$v'' = [C' - Se^{-qt} + Ke^{-rt}] - [C - Se^{-qt} + Ke^{-rt}]$	(3.30)

Tabla 3.14 Fórmula para la Vega modificada para un put sin y con dividendo, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Los valores tanto para d_1 y d_2 como para d'_1 y d'_2 son los siguientes:

Valor de σ	"d1"	"d2"
Para σ	$d_1 = \left(\frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \sqrt{t}} \right)$	$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$
Para $\sigma+1\%$	$d'_1 = \left(\frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{(\sigma+1)^2}{2}\right)t}{(\sigma+1) \sqrt{t}} \right)$	$d'_2 = d'_1 - (\sigma+1) \sqrt{t}$

Tabla 3.15. d_1 y d_2 para la volatilidad σ y $\sigma+1\%$, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

3.6 Modelo propuesto para obtener el coeficiente de sensibilidad Rho.

Para obtener este valor es necesario realizar una resta entre la prima de la opción, cuando el valor de la tasa de interés libre de riesgo es igual a $r+1\%$, y aquella que se obtiene con una tasa de interés libre de riesgo r .

Las fórmulas para la prima, cuando el tiempo es igual a $r+1\%$, se presentan en la siguiente tabla:

Dividendo	Call	Put
Sin	$C = SN(d_1) - Ke^{-(r+1)t} N(d_2)$ (3.31)	$P' = C' - (S+1) + Ke^{-(r+1)t}$ (3.32)
Con	$C = Se^{-qt} N(d_1) - Ke^{-(r+1)t} N(d_2)$ (3.33)	$P' = C' - S e^{-qt} + Ke^{-(r+1)t}$ (3.34)

Tabla 3.16 Fórmula para la prima de una opción *call* y *put* sin y con dividendo considerando un tiempo de $r+1\%$, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Donde:

C = es el precio de una opción para un *call* con una tasa de interés libre de riesgo igual a $r+1\%$.

P = es el precio de una opción para un *put* con una tasa de interés libre de riesgo igual a $r+1\%$.

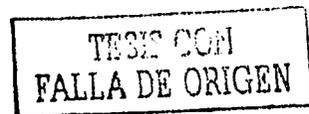
S, K, r, q, σ, t = los mismo valores, de la tabla 2.1.

La resultante de dicha diferencia entre las primas de la tabla 3.16, menos las primas de la tabla 3.2 respectivamente dan como resultado el coeficiente de sensibilidad Rho modificada. A continuación se muestran los formularios para el coeficiente de sensibilidad Rho modificada para un *call* sin y con dividendo:

Dividendo	Call
Sin	$\rho'' = [SN(d_1'') - Ke^{-(r+1)t} N(d_2'')] - [SN(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2)]$ (3.35)
Con	$\rho'' = [Se^{-qt} N(d_1'') - Ke^{-(r+1)t} N(d_2'')] - [Se^{-qt} N(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2)]$ (3.36)

Tabla 3.17 Fórmula para la Rho modificada para un *call* sin y con dividendo, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Y enseguida las fórmulas para el coeficiente de sensibilidad Rho modificado para un *put* sin y con dividendo:



Dividendo	Put
Sin	$\rho'' = [C' - S + Ke^{-(r+1)t}] - [C - S + Ke^{-rt}]$ (3.37)
Con	$\rho'' = [C' - Se^{-qt} + Ke^{-(r+1)t}] - [C - Se^{-qt} + Ke^{-rt}]$ (3.38)

Tabla 3.18 Fórmula para la Rho modificado para un put sin y con dividendo, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

Los valores tanto para d_1 y d_2 como para d_1' y d_2' son los siguientes:

Variable r	"d1"	"d2"
Para r	$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \cdot t}$	$d_2 = d_1 - \sigma \cdot t$
Para r+1%	$d_1' = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r+1 + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \cdot t}$	$d_2' = d_1' - \sigma \cdot t$

Tabla 3.19 Fórmula de d1 y d2 para la tasa libre de riesgo r y r+1%, las variables utilizadas son las mismas que las de la tabla 2.2.

3.7 Análisis de los coeficientes de sensibilidad Propuestos

A continuación exponemos de manera general las formas propuestas, tanto para los coeficientes de sensibilidad como para las variables necesarias para su cálculo. También se analizarán estos valores cuando la emisión se encuentra fuera del dinero, dentro del dinero y cuando se encuentra en el dinero.

TODA CON
 FALLA DE ORIGEN

- Emisión fuera del dinero: En este caso la probabilidad de que la opción se ejerza para un *call* es baja y para el *put* alta, el inversionista optará por no aplicar ninguna cobertura a la opción *call*, pero sí para la opción *put*. Para el coeficiente *Delta* esto implica que la *Delta* propuesta tenga un valor muy cercano a cero para el *call* y de menos uno para el *put*, el mismo comportamiento se manifiesta en la variable ya conocida del modelo de Black y Scholes. En el resto de los coeficientes de sensibilidad se observa un comportamiento similar a éste, considerando que los valores de variación son distintos.
- Emisión dentro del dinero: En este tipo hay mayores probabilidades de que el instrumento venza *dentro del dinero* y, por tanto, las oportunidades de que la opción se ejerza, en caso de un *call* son altas, y para el *put*, bajas. Para efectos del cálculo del coeficiente *Delta* significa que nuestra variable propuesta tenga un valor muy cercano a uno para el *call* y de cero para el *put*; en la *Delta* del modelo de Black y Scholes se observa el mismo comportamiento. A su vez, los demás coeficientes presentan procesos parecidos, sin olvidar, claro está, que tienen diferentes intervalos de variación.
- Emisión en el dinero: Es aquí donde el coeficiente de sensibilidad *Delta* propuesto en este trabajo

muestra un valor más preciso que en el modelo Black y Scholes, de forma tal que ahora sí se registra una diferencia entre ambas. Recordemos que cuando la opción está en el dinero el valor de la probabilidad depende de la volatilidad, la tasa libre de riesgo, el dividendo y el plazo. De esta manera, conforme estos factores presentan valores casi iguales el análisis obliga a precisiones más finas, que son susceptibles de mostrarse en nuestra fórmula modificada, mientras que, cuando estas variables no ofrecen valores ni muy pequeños ni muy grandes, ambas fórmulas mostrarían resultados muy parecidos y en muchos casos iguales. Los demás coeficientes de sensibilidad ofrecen un comportamiento parecido al del coeficiente de sensibilidad *Delta* dentro de cada uno de sus intervalos.

Así, cuando la volatilidad tiende a cero, la probabilidad es muy cercana a 1 ó 1, y cuando la volatilidad es muy grande, la probabilidad es 0 o muy cercana a 0. Si la tasa libre de riesgo es muy pequeña el valor de la probabilidad depende de las demás variables, si es muy grande el valor de la probabilidad es uno ó tiende a ser muy cercano a uno. Esto también ocurre con el dividendo, nada más que cuando el dividendo es cero ó un valor más grande la probabilidad se acerca a cero. Además, si el valor del índice tiempo es muy pequeño, la probabilidad aproximada es .5 o muy cercana a este valor, y cuando es muy grande la probabilidad es uno ó cerca de uno.

Importancia financiera del coeficiente de sensibilidad *Delta*

La importancia financiera que el coeficiente de sensibilidad *Delta* tiene se resume en los siguientes puntos:

- **La variación de la prima cuando el precio del subyacente se incrementa en una unidad monetaria:**

Cuando el costo del subyacente se incrementa, éste repercute de manera directa en el precio de la prima *call*, la cual debe aumentar en una cantidad igual al coeficiente de sensibilidad *Delta*, y viceversa para el caso de una prima *put*. Si el coeficiente de sensibilidad *Delta* no-refleja la cantidad real a incrementarse,²⁴ el inversionista pagará una cantidad mayor o menor, lo cual podrá beneficiarlo o perjudicarlo, y lo mismo sucederá con su contraparte, pero en sentido opuesto; es decir, si un movimiento beneficia al inversionista, la misma acción perjudica a su emisor y viceversa. De acuerdo con lo anterior, tenemos entonces que el cálculo de una cantidad sumamente precisa traería como consecuencia inmediata el pago correcto y justo para ambos participantes de la operación.

- **Cuando se desea cubrir alguna posición de opciones:** este factor es muy importante, ya que la falta de precisión en el coeficiente de sensibilidad *Delta* dará como resultado el hecho de cubrir una posición sobrepasando el número de contratos requeridos, lo

que puede ocasionar que se invierta una cantidad no esencial en ese momento y, en consecuencia, se realice un gasto innecesario. De igual manera se podría dar el caso contrario, cuyo resultado inmediato será que la cobertura quede protegida sólo parcialmente, es decir, que parte del riesgo seguiría expuesto a los movimientos del mercado.

3.8 Conclusión capitular

Dadas las cifras millonarias que se Operan diariamente, hora a hora, minuto a minuto, aquí es donde radica la importancia de realizar estas operaciones con el mínimo de error o la máxima precisión, pues bien cualquier diferencia por pequeña que sea, al calcular por ejemplo él numero de valores a operarse así como su importe, esto puede traer como consecuencia el cobro indebido de comisiones e impuestos al variar los importes, y en consecuencia afectar a cualquiera de las partes.

En lo que respecta a la parte teórica se puede mencionar que las ventajas de las formulas propuestas en este capitulo, destacan por dar valores muy próximos a la realidad cualquiera que sea la circunstancia de las variables del modelo de Black y Scholes y como desventaja tendrían lo posibilidad de caer en errores al sustituir las cantidades de las variables por ser formulas muy grandes en cuanto a las variables que hay sustituir.

CAPITULO 4

Análisis de los coeficientes modificados.

4.1 Generalidades.

En primer lugar debe considerarse la forma en la cual se generarán las variables aleatorias para cada uno de los cinco parámetros que intervienen en el cálculo del modelo de Black y Scholes.

Partiremos de las siguientes suposiciones:

- Precio del subyacente: Podrá tomar cualquier valor positivo $S > 0$.
- Precio de ejercicio: Cualquier valor positivo y podrá ser mayor, menor o igual al precio del subyacente $K > 0$.
- Plazo: Se utilizará un valor positivo, entre cero y .25, $0 < t \leq 0.25$.
- Volatilidad: Puede ser positivo, mayor a cero y menor a uno, $0 < v \leq 1$.
- Tasa de rendimiento: Podrá tomar un valor positivo, mayor a cero y menor o igual al cincuenta por ciento, $0 < r \leq 0.5$.

TEXIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Tasa de dividendo³³**: Se considerará un valor mayor a cero y menor o igual al cincuenta por ciento, con una limitante obligada menor a la tasa de rendimiento, $0 < d \leq r \leq 0.5$.

Para obtener los valores simulados se procedió de la siguiente manera: cada variable es igual a la media de los valores simulados más su desviación estándar; la desviación estándar se multiplica por una variable aleatoria y finalmente el resultado obtenido en algunas de las variables se multiplica por un valor que permita mostrar un poco más la realidad del mismo. El procedimiento para el cálculo de cada una de las variables para el Modelo de Black y Scholes se muestra a continuación:

Variable a simular	media	Desviación estándar
$S = \mu_s + \sigma_s$ (función aleatoria)	μ_s	σ_s
$K = \mu_x + \sigma_x$ (función aleatoria)	μ_x	σ_x
$t = \mu_t + \sigma_t$ (función aleatoria)	μ_t	σ_t
$\sigma = \mu_\sigma + \sigma_\sigma$ (Función aleatoria)	μ_σ	σ_σ
$r = \mu_r + \sigma_r$ (función aleatoria)	μ_r	σ_r
$q = \mu_d + \sigma_d$ (función aleatoria)	μ_d	σ_d

Tabla 4.1 que muestra las formulas utilizadas para la simulación de las variables del modelo de Black y Scholes.

³³ Los valores de los intervalos considerados para simular, se tomaron del boletín Bursatil de la Sección de análisis y valuación de instrumentos del mercado de capitales y del punto II. Precios Actualizados para la Valuación de Títulos Opcionales".

Y las variables son:

Variable	Concepto
S	es el precio del subyacente
K	es el precio de ejercicio
σ	es la volatilidad del precio del subyacente
r	es la tasa de rendimiento libre de riesgo
t	es el plazo de la opción
q	es la tasa del dividendo

Tabla 4.2 de variables y conceptos.

Función aleatoria= Función que nos proporciona un valor aleatorio, entre -1 y 1. Para nuestro estudio se tomarán únicamente los valores mayores a cero y menores o iguales a uno.

4.2 Tamaño de la muestra

En este punto, se calculó el tamaño de muestra representada por el número de corridas que se realizaron en las simulaciones. Para obtener estos datos se analizó el tamaño de muestra para cada uno de los cinco parámetros, y aquél que resultó ser el mayor de los cinco es el que se tomó en consideración. La razón a lo anterior se encuentra en que estadísticamente sabemos que un tamaño de muestra grande genera mejores resultados.

Con el objeto de determinar los diferentes tamaños de muestra, se realizaron 100 corridas como pivote para obtener el valor de las medias y las desviaciones estándar para cada

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

uno de los cinco parámetros del modelo de Black y Scholes. Las variables aleatorias utilizadas fueron las siguientes: s , k , t , σ , r y d .

Donde:

- s = es el precio del valor subyacente.
- k = es el precio de ejercicio.
- σ = es la volatilidad del precio del subyacente
- r = es la tasa de rendimiento libre de riesgo.
- t = es el plazo de la opción.
- d = es la tasa de dividendo.

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos para los parámetros anteriores:

Tabla 4.3 aquí se muestran la media y desviación estandar para las variables s, k, v, r y t , las definiciones de estas variables se encuentran en la tabla 2.1.

#	S	K	t	σ	r	q
1	0.769300	0.438197	0.656065	0.168382	0.838979	0.002785
2	0.507795	0.745331	0.426080	0.894465	0.823188	0.560446
3	0.266239	0.105828	0.739920	0.750691	0.738916	0.354918
4	0.940494	0.544309	0.966772	0.749387	0.108026	0.863637
5	0.803874	0.869372	0.875549	0.945166	0.130592	0.991537
6	0.057851	0.317910	0.980412	0.684785	0.755479	0.094535
7	0.364238	0.408608	0.841168	0.482880	0.771995	0.637400
8	0.395882	0.154190	0.321885	0.578764	0.971478	0.117290
9	0.166781	0.509433	0.448081	0.254641	0.097244	0.120736
10	0.169367	0.353861	0.818475	0.039692	0.248861	0.959632
11	0.561362	0.484230	0.457518	0.022133	0.279917	0.757118
12	0.328056	0.836181	0.493147	0.580964	0.273141	0.866876
13	0.049166	0.343211	0.225381	0.857180	0.728969	0.802052
14	0.071016	0.883404	0.675932	0.573883	0.411373	0.166186
15	0.658508	0.125518	0.536353	0.316601	0.307295	0.325149
16	0.416979	0.919656	0.729725	0.546410	0.159512	0.504275
17	0.364333	0.155085	0.837138	0.507817	0.785341	0.695800
18	0.338897	0.303937	0.740307	0.486204	0.991595	0.665023
19	0.520018	0.173323	0.766772	0.220632	0.669470	0.464178

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

#	S	K	t	σ	r	q
20	0.308371	0.418212	0.681818	0.039608	0.078540	0.644058
21	0.723232	0.471790	0.344001	0.198462	0.551539	0.509732
22	0.077334	0.656513	0.647840	0.306234	0.871681	0.285265
23	0.710267	0.826636	0.650963	0.739842	0.992743	0.799306
24	0.740888	0.603985	0.317794	0.195571	0.942601	0.195302
25	0.469623	0.952265	0.262214	0.912826	0.497848	0.274840
26	0.377120	0.402160	0.417481	0.073358	0.576160	0.419361
27	0.906646	0.828700	0.288054	0.664807	0.682755	0.757441
28	0.378860	0.869581	0.189318	0.284106	0.547690	0.035893
29	0.998395	0.368137	0.501257	0.419710	0.079266	0.713109
30	0.446644	0.682623	0.060562	0.187172	0.683296	0.653375
31	0.700657	0.250467	0.991084	0.428080	0.863151	0.004964
32	0.362185	0.043659	0.645533	0.384049	0.220269	0.960706
33	0.233674	0.987747	0.994791	0.954729	0.476406	0.305440
34	0.124001	0.872185	0.056213	0.606592	0.996693	0.942464
35	0.024349	0.942099	0.276861	0.555966	0.730362	0.154445
36	0.346984	0.562181	0.258896	0.350856	0.098263	0.014727
37	0.941689	0.388461	0.833723	0.963355	0.249202	0.845223
38	0.536274	0.286901	0.202322	0.318776	0.628040	0.144545
39	0.957777	0.865536	0.216899	0.908271	0.190853	0.786031
40	0.543984	0.635574	0.380469	0.339406	0.576128	0.818345
41	0.679216	0.185937	0.801550	0.515913	0.369047	0.179328
42	0.790843	0.295264	0.235513	0.995586	0.621570	0.394920
43	0.076163	0.998706	0.180578	0.858400	0.650722	0.725353
44	0.206915	0.504840	0.669720	0.557451	0.956245	0.902688
45	0.322224	0.243388	0.527901	0.933281	0.497772	0.512027
46	0.771696	0.529323	0.728827	0.960462	0.832153	0.830116
47	0.034912	0.695126	0.019297	0.910702	0.785205	0.778476
48	0.086879	0.047872	0.731648	0.219097	0.707938	0.624471
49	0.450862	0.359715	0.730257	0.960420	0.867877	0.142161
50	0.122388	0.975652	0.060830	0.493827	0.627056	0.376857
51	0.185061	0.092762	0.624741	0.082929	0.529946	0.321823
52	0.696169	0.228579	0.790013	0.657318	0.806914	0.830591
53	0.286278	0.083394	0.930891	0.735028	0.909848	0.443553
54	0.746451	0.221118	0.495384	0.917528	0.728844	0.341198
55	0.102150	0.810043	0.378640	0.252376	0.186542	0.112489
56	0.421896	0.641537	0.838081	0.793921	0.239026	0.964682
57	0.653235	0.747985	0.006177	0.312600	0.707337	0.353656
58	0.635615	0.173458	0.880207	0.256042	0.969431	0.469348
59	0.589506	0.744918	0.724414	0.800565	0.997477	0.675713
60	0.768442	0.053450	0.681754	0.562019	0.361945	0.390121
61	0.077906	0.141804	0.720016	0.800567	0.874981	0.594567
62	0.321302	0.868206	0.485416	0.577544	0.395723	0.452035
63	0.716368	0.859468	0.478365	0.268004	0.577901	0.648945

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

#	S	K	t	σ	r	q
64	0.664090	0.047672	0.235552	0.282532	0.777274	0.500478
65	0.239049	0.398311	0.572139	0.956521	0.818916	0.404356
66	0.912535	0.022583	0.184374	0.199714	0.789333	0.390045
67	0.215809	0.003369	0.946957	0.605018	0.254499	0.838514
68	0.669326	0.299828	0.278356	0.095003	0.644685	0.254518
69	0.665174	0.820070	0.945466	0.233956	0.660964	0.829616
70	0.882078	0.119972	0.629479	0.888766	0.540170	0.865827
71	0.097735	0.454573	0.323479	0.778871	0.216908	0.502131
72	0.071208	0.569140	0.100695	0.498870	0.466981	0.641361
73	0.545050	0.738521	0.135383	0.610566	0.435344	0.014205
74	0.151606	0.223300	0.812558	0.576580	0.720021	0.716854
75	0.132685	0.238929	0.345467	0.806605	0.532679	0.435228
76	0.315321	0.734703	0.041232	0.883509	0.656016	0.590179
77	0.981105	0.724877	0.147760	0.151476	0.946299	0.362515
78	0.640782	0.232728	0.363205	0.860952	0.815240	0.471223
79	0.330307	0.830011	0.246334	0.616484	0.684767	0.093494
80	0.157659	0.753318	0.453312	0.705364	0.309626	0.415610
81	0.578023	0.551524	0.189784	0.586333	0.046557	0.919903
82	0.975782	0.723679	0.078327	0.591969	0.445371	0.574649
83	0.361915	0.459749	0.461181	0.934206	0.199454	0.842646
84	0.576177	0.410067	0.471771	0.046372	0.053077	0.838095
85	0.845297	0.478806	0.470453	0.628028	0.484508	0.139154
86	0.874806	0.560686	0.535056	0.070372	0.567828	0.843651
87	0.680632	0.705782	0.999766	0.330357	0.849204	0.710323
88	0.700683	0.697573	0.916899	0.651400	0.248679	0.291850
89	0.618821	0.072920	0.074609	0.610241	0.485329	0.471896
90	0.648273	0.360427	0.943170	0.383704	0.624429	0.701147
91	0.899772	0.964517	0.081018	0.570612	0.728241	0.172350
92	0.873515	0.735426	0.885666	0.188373	0.269990	0.857025
93	0.003934	0.831694	0.339942	0.223671	0.783595	0.057061
94	0.846007	0.281881	0.780664	0.888481	0.898297	0.603464
95	0.847043	0.566076	0.117243	0.987777	0.390413	0.835339
96	0.021530	0.644959	0.649925	0.167951	0.455847	0.073015
97	0.652595	0.352544	0.122294	0.653403	0.088028	0.291152
98	0.349804	0.550579	0.258863	0.279216	0.737869	0.611862
99	0.634136	0.449307	0.509522	0.395660	0.818476	0.312604
100	0.063527	0.856283	0.223116	0.983448	0.464612	0.296368

Media	0.481254	0.505559	0.503470	0.538364	0.567306	0.509890
desv. Estan.	0.290420	0.283957	0.288530	0.287482	0.272161	0.282014

Fuente: Tabla 4.3 pivote de valores simulados de elaboración propia, las formulas para la simulación se encuentran en la tabla 4.5.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para el cálculo de la muestra se utiliza la siguiente fórmula, considerando un nivel de significancia del 5% y una precisión del 5%.

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 (S)^2}{r^2 (X)^2}$$

Donde:

n = Es el tamaño de la muestra.

X = Es la media simulada de cada una de las cinco variables del modelo de Black y Scholes a partir de la muestra pivote.

S = Es la desviación estándar simulada de cada una de las cinco variables del modelo de Black y Scholes, a partir de la muestra pivote.

$Z_{\alpha/2}$ = Es el valor en tablas de una función de distribución de probabilidad normal estándar con un nivel de significancia $\alpha/2$.

r = Es la precisión deseada para el tamaño de muestra.

Tabla 4.4 en esta tabla se muestran las operaciones y resultados para el tamaño de muestra para cada una de las variables del modelo de black y Scholes, las definiciones de estas variables se encuentran en la tabla 2.2.

Variable	Sustitución	Resultado
S	$n = \frac{(1.96)^2 (0.290420)^2}{(1)^2 (0.481254)^2} =$	= 139.8996026

TRABAJOS CON
FUELA DE ORIGEN

K	$n = \frac{(1.96)^2 (0.283957)^2}{(1)^2 (0.505559)^2} =$	= 121.1919041
σ	$n = \frac{(1.96)^2 (0.287482)^2}{(1)^2 (0.503470)^2} =$	= 125.2524596
r	$n = \frac{(1.96)^2 (0.272161)^2}{(1)^2 (0.567306)^2} =$	= 88.4156559
t	$n = \frac{(1.96)^2 (0.288530)^2}{(1)^2 (0.503470)^2} =$	= 126.167326
d	$n = \frac{(1.96)^2 (0.282014)^2}{(1)^2 (0.509890)^2} =$	= 117.5169443

Fuente: Tabla 4.4 de formulas de elaboración propia.

Donde:

S= es el precio del valor subyacente.

K= es el precio de ejercicio.

σ = es la volatilidad del precio del subyacente

r= es la tasa de rendimiento libre de riesgo.

t= es el plazo de la opción.

q= es la tasa de dividendo.

Tenemos entonces que los seis tamaños de muestras son: 139.8996026, 121.1919041, 125.2524596, 88.4156559, 126.167326 y 117.5169443, asimismo, debe destacarse que el tamaño más grande elegirá un tamaño de muestra igual a 139.8996026, cuyo valor redondeado a números enteros será 140.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para simular todos los coeficientes de sensibilidad tanto para los coeficientes actuales como para los modificados con y sin dividendo, consideramos las siguientes variables aleatorias:

Tabla 4.5 que muestra las formulas utilizadas para la simulación de las variables del modelo de Black y Sholes, considerando los valores obtenidos en la simulación para la media y desviación estándar de cada una de las variables.

	Variable	Formula para simular
S	Precio del subyacente	$S = 12.512115 + 1.673725(\text{función aleatoria}) * 10$
K	Precio de ejercicio	$X = (12.93848 + 1.647055(\text{función aleatoria})) * 10$
σ	Volatilidad	$\sigma = .681647 + .083289 (\text{función aleatoria})$
r	Tasa de rendimiento	$r = .702809_r + .077851 (\text{función aleatoria})$
t	Plazo	$t = (.161653 + .02063_t(\text{función aleatoria})) * .25$
Q	Tasa de dividendo	$Q = .636786 + .225512 (\text{función aleatoria})$

Fuente: Tabla 4.5 de formulas de elaboración propia.

4.3 Gráficas de los coeficientes de sensibilidad actual y modificado.

Aquí se presentan las gráficas de los datos obtenidos en la tabla de valores simulados de las diferentes variables necesarias para calcular los coeficientes de sensibilidad, a

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

continuación se muestra la tabla de las corridas:

#	delta (call)		delta (put)		gamma (call put)		vega (call put)		rho (call)		rho (put)		theta (call)		theta (put)	
	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.
1	0.958	0.969	-0.042	-0.031	0.026	0.046	0.459	0.961	1.147	0.970	-0.085	-0.043	-3.987	0.941	1.618	-0.044
2	0.501	0.556	-0.499	-0.444	0.116	0.231	1.767	0.556	0.700	0.510	-1.145	-0.509	0.806	0.475	10.136	-0.499
3	0.758	0.793	-0.242	-0.207	0.077	0.160	2.065	0.793	1.666	0.777	-0.837	-0.248	-3.836	0.727	6.826	-0.243
4	0.820	0.862	-0.180	-0.138	0.096	0.150	1.218	0.862	1.215	0.834	-0.411	-0.182	-2.958	0.800	3.626	-0.181
5	0.731	0.776	-0.269	-0.224	0.099	0.198	1.454	0.776	0.976	0.742	-0.601	-0.273	-0.629	0.710	5.592	-0.273
6	0.944	0.956	-0.056	-0.044	0.029	0.059	0.592	0.956	1.152	0.956	-0.117	-0.056	-3.564	0.925	2.293	-0.058
7	0.614	0.659	-0.386	-0.341	0.094	0.199	2.178	0.659	1.094	0.627	-1.086	-0.395	0.550	0.586	9.181	-0.390
8	0.643	0.684	-0.357	-0.316	0.086	0.193	2.038	0.684	1.000	0.655	-0.888	-0.364	0.100	0.608	11.152	-0.362
9	0.219	0.263	-0.781	-0.737	0.086	0.177	1.241	0.263	0.319	0.223	-2.097	-0.801	1.840	0.204	10.040	-0.774
10	0.472	0.535	-0.528	-0.465	0.129	0.229	1.868	0.535	0.753	0.482	-1.305	-0.539	0.722	0.450	8.482	-0.528
11	0.896	0.918	-0.104	-0.082	0.049	0.097	0.940	0.918	1.236	0.910	-0.238	-0.105	-4.004	0.873	3.477	-0.106
12	0.980	0.985	-0.020	-0.015	0.012	0.025	0.318	0.985	1.673	0.997	-0.063	-0.020	-6.096	0.961	0.755	-0.020
13	0.662	0.705	-0.338	-0.295	0.092	0.205	2.016	0.705	1.208	0.676	-1.030	-0.346	-1.162	0.636	7.927	-0.339
14	0.634	0.682	-0.366	-0.318	0.103	0.191	2.000	0.682	0.982	0.645	-0.849	-0.373	0.659	0.604	9.131	-0.372
15	0.126	0.175	-0.874	-0.825	0.087	0.144	0.792	0.175	0.157	0.129	-1.690	-0.890	0.992	0.114	11.069	-0.858
16	0.426	0.490	-0.574	-0.510	0.131	0.232	1.707	0.490	0.621	0.434	-1.315	-0.585	1.148	0.405	8.661	-0.574
17	0.939	0.955	-0.061	-0.045	0.039	0.063	0.669	0.955	1.469	0.954	-0.154	-0.062	-5.711	0.917	1.849	-0.062
18	0.689	0.736	-0.311	-0.264	0.102	0.217	1.596	0.736	1.000	0.701	-0.780	-0.316	-0.826	0.668	6.294	-0.313
19	0.864	0.892	-0.136	-0.108	0.063	0.119	1.006	0.892	1.017	0.876	-0.259	-0.137	-3.300	0.839	4.526	-0.139
20	0.830	0.853	-0.170	-0.147	0.051	0.149	1.578	0.853	1.524	0.846	-0.577	-0.175	-1.682	0.807	5.040	-0.174
21	0.202	0.253	-0.798	-0.747	0.098	0.173	1.173	0.253	0.288	0.206	-1.863	-0.815	1.271	0.186	11.159	-0.787
22	0.441	0.494	-0.559	-0.506	0.109	0.217	1.907	0.494	0.677	0.449	-1.380	-0.571	1.392	0.414	11.459	-0.558
23	0.931	0.948	-0.069	-0.052	0.040	0.066	0.756	0.948	1.407	0.946	-0.163	-0.070	-4.215	0.911	2.263	-0.071
24	0.512	0.574	-0.488	-0.426	0.128	0.231	1.598	0.574	0.601	0.520	-0.897	-0.495	1.988	0.488	8.780	-0.493
25	0.693	0.751	-0.307	-0.249	0.128	0.200	1.483	0.751	0.865	0.703	-0.570	-0.311	-0.781	0.669	6.279	-0.311
26	0.990	0.993	-0.010	-0.007	0.007	0.014	0.181	0.993	1.605	1.006	-0.032	-0.010	-5.647	0.973	0.404	-0.011
27	0.615	0.671	-0.385	-0.329	0.120	0.221	1.752	0.671	0.907	0.626	-0.900	-0.392	0.508	0.594	6.677	-0.389
28	0.763	0.794	-0.237	-0.206	0.067	0.164	1.909	0.794	1.408	0.779	-0.728	-0.242	-1.495	0.735	7.188	-0.241
29	0.449	0.500	-0.551	-0.500	0.105	0.225	1.850	0.500	0.676	0.458	-1.405	-0.563	1.649	0.424	10.581	-0.551
30	0.534	0.592	-0.466	-0.408	0.122	0.225	1.787	0.592	0.747	0.543	-1.024	-0.474	0.239	0.506	9.930	-0.467
31	0.482	0.526	-0.518	-0.474	0.090	0.223	2.206	0.526	0.910	0.494	-1.720	-0.532	1.678	0.459	10.049	-0.518
32	0.219	0.297	-0.781	-0.703	0.145	0.217	1.084	0.297	0.269	0.224	-1.382	-0.792	0.998	0.205	8.010	-0.775
33	0.719	0.758	-0.281	-0.242	0.084	0.195	1.758	0.758	1.174	0.733	-0.786	-0.286	-0.239	0.698	6.220	-0.285
34	0.674	0.727	-0.326	-0.273	0.116	0.223	1.425	0.727	0.808	0.684	-0.655	-0.331	-0.586	0.651	6.603	-0.329
35	0.460	0.512	-0.540	-0.488	0.108	0.241	1.786	0.512	0.708	0.469	-1.488	-0.553	1.447	0.440	8.601	-0.540
36	0.850	0.877	-0.150	-0.123	0.061	0.125	1.232	0.877	1.220	0.863	-0.353	-0.153	-2.200	0.827	4.600	-0.154
37	0.195	0.243	-0.805	-0.757	0.092	0.173	1.001	0.243	0.225	0.198	-1.625	-0.820	1.655	0.178	12.342	-0.792
38	0.409	0.466	-0.591	-0.534	0.115	0.224	1.849	0.466	0.677	0.418	-1.605	-0.605	1.443	0.389	8.723	-0.591
39	0.541	0.601	-0.459	-0.399	0.126	0.212	2.221	0.601	1.055	0.554	-1.308	-0.469	-1.195	0.514	9.410	-0.457
40	0.720	0.766	-0.280	-0.234	0.101	0.199	1.413	0.766	0.867	0.731	-0.558	-0.284	0.178	0.699	6.045	-0.285
41	0.341	0.406	-0.659	-0.594	0.130	0.222	1.566	0.406	0.498	0.348	-1.505	-0.672	0.758	0.320	10.425	-0.653
42	0.879	0.905	-0.121	-0.095	0.059	0.109	0.968	0.905	1.123	0.891	-0.250	-0.122	-2.602	0.859	3.546	-0.124
43	0.565	0.617	-0.435	-0.383	0.108	0.219	2.123	0.617	1.059	0.579	-1.312	-0.445	-0.468	0.544	7.668	-0.436

TIENE CON
 FALLA DE ORIGEN

#	delta (call)		delta (put)		gamma (call put)		vega (call put)		rho (call)		rho (put)		theta (call)		theta (put)	
	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.
44	0.686	0.737	-0.314	-0.263	0.111	0.187	1.921	0.737	1.198	0.700	-0.811	-0.320	-1.143	0.661	6.580	-0.317
45	0.708	0.751	-0.292	-0.249	0.093	0.205	1.609	0.751	1.024	0.721	-0.723	-0.297	-0.488	0.686	6.359	-0.295
46	0.749	0.798	-0.251	-0.202	0.109	0.173	1.479	0.798	1.020	0.761	-0.505	-0.254	-1.824	0.724	5.864	-0.255
47	0.775	0.804	-0.225	-0.196	0.061	0.164	1.864	0.804	1.413	0.791	-0.708	-0.230	-1.587	0.746	7.252	-0.229
48	0.615	0.664	-0.385	-0.336	0.104	0.201	1.890	0.664	0.871	0.625	-0.841	-0.392	1.161	0.585	9.493	-0.391
49	0.935	0.946	-0.065	-0.054	0.025	0.077	0.800	0.946	1.491	0.950	-0.206	-0.067	-3.008	0.917	2.413	-0.068
50	0.535	0.585	-0.465	-0.415	0.105	0.222	2.151	0.585	1.012	0.548	-1.445	-0.477	-0.428	0.509	9.820	-0.462
51	0.756	0.801	-0.244	-0.199	0.101	0.188	1.410	0.801	1.078	0.769	-0.571	-0.248	-1.767	0.735	4.941	-0.246
52	0.931	0.948	-0.069	-0.052	0.040	0.070	0.675	0.948	1.249	0.945	-0.152	-0.069	-3.492	0.914	2.078	-0.070
53	0.521	0.586	-0.479	-0.414	0.137	0.222	1.846	0.586	0.757	0.531	-1.017	-0.487	0.749	0.496	8.570	-0.482
54	0.923	0.938	-0.077	-0.062	0.034	0.077	0.888	0.938	1.490	0.939	-0.216	-0.079	-4.667	0.899	2.924	-0.080
55	0.347	0.404	-0.653	-0.596	0.114	0.214	1.659	0.404	0.522	0.354	-1.587	-0.667	1.788	0.327	9.548	-0.651
56	0.805	0.833	-0.195	-0.167	0.062	0.143	1.512	0.833	1.140	0.818	-0.452	-0.198	-1.310	0.774	7.225	-0.202
57	0.502	0.582	-0.498	-0.418	0.167	0.234	1.740	0.582	0.679	0.512	-0.922	-0.504	0.184	0.478	8.403	-0.499
58	0.601	0.659	-0.399	-0.341	0.125	0.235	1.709	0.659	0.907	0.612	-0.987	-0.407	-0.001	0.581	6.380	-0.401
59	0.700	0.750	-0.300	-0.250	0.109	0.182	1.777	0.750	1.077	0.713	-0.678	-0.305	-2.132	0.670	7.654	-0.303
60	0.464	0.521	-0.536	-0.479	0.118	0.243	1.637	0.521	0.625	0.473	-1.250	-0.546	1.249	0.443	9.055	-0.536
61	0.607	0.654	-0.393	-0.346	0.098	0.219	1.917	0.654	0.955	0.619	-1.044	-0.401	0.548	0.582	8.580	-0.396
62	0.600	0.650	-0.400	-0.350	0.105	0.203	2.176	0.650	1.109	0.614	-1.138	-0.409	0.120	0.574	8.381	-0.403
63	0.836	0.873	-0.164	-0.127	0.085	0.125	1.294	0.873	1.265	0.850	-0.358	-0.166	-3.585	0.811	4.357	-0.167
64	0.798	0.834	-0.202	-0.166	0.078	0.141	1.551	0.834	1.232	0.812	-0.469	-0.205	-3.665	0.766	6.628	-0.205
65	0.579	0.643	-0.421	-0.357	0.137	0.237	1.606	0.643	0.772	0.589	-0.884	-0.427	-0.248	0.557	7.423	-0.422
66	0.416	0.483	-0.584	-0.517	0.135	0.242	1.543	0.483	0.550	0.424	-1.252	-0.594	0.832	0.396	9.102	-0.581
67	0.962	0.971	-0.038	-0.029	0.020	0.046	0.490	0.971	1.444	0.977	-0.106	-0.038	-5.816	0.941	1.474	-0.039
68	0.637	0.687	-0.363	-0.313	0.109	0.228	1.584	0.687	0.820	0.647	-0.800	-0.369	0.530	0.614	7.165	-0.367
69	0.402	0.455	-0.598	-0.545	0.107	0.231	1.783	0.455	0.653	0.411	-1.718	-0.613	1.275	0.382	9.570	-0.595
70	0.244	0.301	-0.756	-0.699	0.110	0.193	1.272	0.301	0.328	0.249	-1.636	-0.771	1.447	0.226	10.669	-0.748
71	0.788	0.818	-0.212	-0.182	0.065	0.169	1.639	0.818	1.336	0.803	-0.640	-0.217	-0.799	0.766	5.498	-0.216
72	0.568	0.624	-0.432	-0.376	0.117	0.220	1.796	0.624	0.792	0.578	-0.944	-0.439	0.014	0.539	9.856	-0.433
73	0.814	0.842	-0.186	-0.158	0.062	0.151	1.430	0.842	1.184	0.827	-0.468	-0.190	-2.621	0.785	6.349	-0.190
74	0.476	0.543	-0.524	-0.457	0.137	0.218	1.993	0.543	0.772	0.487	-1.211	-0.533	0.203	0.450	9.878	-0.523
75	0.638	0.683	-0.362	-0.317	0.096	0.209	2.039	0.683	1.148	0.652	-1.076	-0.370	-0.038	0.614	7.531	-0.365
76	0.909	0.927	-0.091	-0.073	0.041	0.095	0.926	0.927	1.470	0.925	-0.263	-0.093	-4.586	0.887	2.790	-0.092
77	0.240	0.295	-0.760	-0.705	0.105	0.184	1.262	0.295	0.300	0.245	-1.494	-0.773	2.203	0.221	10.677	-0.756
78	0.144	0.195	-0.856	-0.805	0.092	0.153	0.922	0.195	0.200	0.147	-1.848	-0.873	1.011	0.132	9.987	-0.843
79	0.906	0.926	-0.094	-0.074	0.046	0.087	1.071	0.926	1.789	0.925	-0.300	-0.096	-4.487	0.885	2.571	-0.096
80	0.218	0.270	-0.782	-0.730	0.100	0.181	1.099	0.270	0.252	0.222	-1.498	-0.796	2.177	0.200	10.120	-0.777
81	0.316	0.363	-0.684	-0.637	0.094	0.209	1.660	0.363	0.523	0.323	-2.074	-0.703	1.818	0.297	10.098	-0.680
82	0.328	0.388	-0.672	-0.612	0.119	0.204	1.619	0.388	0.457	0.334	-1.412	-0.684	1.932	0.305	11.002	-0.670
83	0.719	0.753	-0.281	-0.247	0.072	0.182	2.146	0.753	1.462	0.736	-0.968	-0.289	-1.631	0.690	7.957	-0.283
84	0.784	0.829	-0.216	-0.171	0.103	0.166	1.257	0.829	0.959	0.795	-0.403	-0.218	-1.360	0.763	4.751	-0.220
85	0.419	0.476	-0.581	-0.524	0.117	0.234	1.684	0.476	0.607	0.427	-1.433	-0.594	0.930	0.396	10.260	-0.578
86	0.877	0.907	-0.123	-0.093	0.070	0.109	0.932	0.907	1.097	0.890	-0.236	-0.124	-2.447	0.859	3.126	-0.125
87	0.966	0.973	-0.034	-0.027	0.016	0.043	0.492	0.973	1.526	0.981	-0.106	-0.035	-4.428	0.948	1.388	-0.036
88	0.536	0.583	-0.464	-0.417	0.099	0.210	2.355	0.583	1.096	0.549	-1.522	-0.477	0.454	0.510	9.507	-0.465

FALLA DE ORIGEN

#	delta (call)		delta (put)		gamma (call put)		vega (call put)		rho (call)		rho (put)		theta (call)		theta (put)	
	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.
89	0.770	0.810	-0.230	-0.190	0.088	0.169	1.396	0.810	0.989	0.782	-0.472	-0.233	-1.388	0.745	6.112	-0.234
90	0.916	0.930	-0.084	-0.070	0.032	0.091	0.934	0.930	1.459	0.932	-0.254	-0.085	-3.784	0.895	3.074	-0.086
91	0.129	0.170	-0.871	-0.830	0.074	0.135	0.768	0.170	0.152	0.132	-1.795	-0.888	1.336	0.116	12.060	-0.854
92	0.477	0.539	-0.523	-0.461	0.128	0.225	1.799	0.539	0.682	0.486	-1.141	-0.532	0.902	0.452	9.691	-0.523
93	0.718	0.783	-0.282	-0.217	0.148	0.197	1.417	0.783	0.935	0.729	-0.518	-0.285	-2.105	0.695	5.267	-0.285
94	0.367	0.422	-0.633	-0.578	0.111	0.211	1.987	0.422	0.716	0.376	-1.977	-0.651	0.963	0.347	9.446	-0.629
95	0.902	0.921	-0.098	-0.079	0.043	0.099	0.882	0.921	1.177	0.915	-0.226	-0.099	-3.912	0.879	3.476	-0.100
96	0.950	0.960	-0.050	-0.040	0.025	0.055	0.569	0.960	1.190	0.962	-0.111	-0.051	-5.231	0.926	2.348	-0.053
97	0.434	0.501	-0.566	-0.499	0.137	0.223	2.000	0.501	0.780	0.444	-1.491	-0.578	0.280	0.412	8.889	-0.564
98	0.342	0.419	-0.658	-0.581	0.152	0.233	1.497	0.419	0.462	0.349	-1.296	-0.669	1.225	0.324	8.026	-0.657
99	0.630	0.678	-0.370	-0.322	0.104	0.211	1.834	0.678	0.936	0.641	-0.886	-0.377	0.778	0.605	7.808	-0.375
100	0.750	0.794	-0.250	-0.206	0.097	0.162	1.655	0.794	1.119	0.763	-0.545	-0.253	-2.385	0.720	7.058	-0.254
101	0.815	0.844	-0.185	-0.156	0.063	0.141	1.543	0.844	1.337	0.830	-0.498	-0.188	-2.060	0.789	5.750	-0.189
102	0.656	0.695	-0.344	-0.305	0.083	0.188	2.108	0.695	1.082	0.669	-0.904	-0.351	1.334	0.626	9.638	-0.351
103	0.688	0.747	-0.312	-0.253	0.129	0.196	1.660	0.747	1.012	0.701	-0.664	-0.316	-0.872	0.666	5.891	-0.315
104	0.435	0.509	-0.565	-0.491	0.151	0.239	1.722	0.509	0.661	0.445	-1.275	-0.575	0.138	0.414	8.585	-0.562
105	0.366	0.431	-0.634	-0.569	0.131	0.229	1.475	0.431	0.459	0.373	-1.266	-0.644	1.203	0.344	10.480	-0.630
106	0.795	0.835	-0.205	-0.165	0.090	0.148	1.459	0.835	1.191	0.808	-0.458	-0.208	-1.601	0.773	4.946	-0.209
107	0.718	0.777	-0.282	-0.223	0.131	0.202	1.450	0.777	1.023	0.731	-0.612	-0.286	-1.941	0.697	4.976	-0.283
108	0.276	0.323	-0.724	-0.677	0.093	0.196	1.556	0.323	0.463	0.282	-2.174	-0.744	1.497	0.259	10.848	-0.715
109	0.825	0.861	-0.175	-0.139	0.083	0.144	1.193	0.861	1.096	0.837	-0.368	-0.178	-1.998	0.804	4.178	-0.179
110	0.504	0.578	-0.496	-0.422	0.154	0.237	1.833	0.578	0.809	0.515	-1.163	-0.505	-0.083	0.483	7.324	-0.496
111	0.532	0.580	-0.468	-0.420	0.100	0.208	1.991	0.580	0.767	0.542	-1.065	-0.476	2.724	0.503	10.894	-0.475
112	0.500	0.560	-0.500	-0.440	0.125	0.239	1.589	0.560	0.609	0.508	-1.000	-0.508	1.387	0.476	9.104	-0.503
113	0.865	0.892	-0.135	-0.108	0.062	0.116	1.055	0.892	1.091	0.877	-0.272	-0.137	-2.903	0.841	4.350	-0.139
114	0.439	0.505	-0.561	-0.495	0.135	0.221	1.881	0.505	0.677	0.448	-1.263	-0.572	0.677	0.414	10.039	-0.560
115	0.311	0.382	-0.689	-0.618	0.140	0.225	1.446	0.382	0.440	0.317	-1.480	-0.702	1.202	0.294	8.018	-0.687
116	0.733	0.782	-0.267	-0.218	0.108	0.173	1.775	0.782	1.267	0.748	-0.672	-0.271	-1.681	0.710	5.596	-0.270
117	0.623	0.678	-0.377	-0.322	0.116	0.204	1.877	0.678	0.945	0.635	-0.856	-0.383	-0.873	0.594	8.872	-0.379
118	0.301	0.360	-0.699	-0.640	0.116	0.214	1.442	0.360	0.433	0.307	-1.682	-0.714	1.267	0.283	9.827	-0.693
119	0.790	0.827	-0.210	-0.173	0.082	0.148	1.660	0.827	1.400	0.806	-0.568	-0.214	-2.273	0.765	5.283	-0.214
120	0.669	0.737	-0.331	-0.263	0.151	0.216	1.484	0.737	0.864	0.680	-0.619	-0.335	-1.074	0.648	5.662	-0.334
121	0.555	0.648	-0.445	-0.352	0.199	0.256	1.424	0.648	0.616	0.564	-0.678	-0.449	-0.190	0.534	6.486	-0.447
122	0.424	0.502	-0.576	-0.498	0.159	0.246	1.603	0.502	0.593	0.433	-1.192	-0.585	0.869	0.406	7.151	-0.576
123	0.348	0.420	-0.652	-0.580	0.143	0.232	1.441	0.420	0.442	0.355	-1.261	-0.662	1.476	0.330	8.369	-0.651
124	0.675	0.721	-0.325	-0.279	0.099	0.185	2.133	0.721	1.305	0.690	-0.950	-0.332	-2.459	0.644	8.434	-0.326
125	0.897	0.921	-0.103	-0.079	0.055	0.094	0.912	0.921	1.241	0.911	-0.224	-0.104	-4.828	0.873	3.248	-0.105
126	0.826	0.862	-0.174	-0.138	0.081	0.131	1.343	0.862	1.239	0.840	-0.386	-0.176	-4.434	0.797	5.185	-0.176
127	0.501	0.558	-0.499	-0.442	0.117	0.221	1.832	0.558	0.701	0.510	-1.091	-0.508	1.006	0.473	10.768	-0.500
128	0.882	0.908	-0.118	-0.092	0.058	0.104	1.181	0.908	1.673	0.901	-0.354	-0.120	-4.261	0.861	2.984	-0.119
129	0.287	0.355	-0.713	-0.645	0.133	0.215	1.557	0.355	0.497	0.294	-1.876	-0.729	0.209	0.270	10.004	-0.703
130	0.678	0.734	-0.322	-0.266	0.123	0.200	1.803	0.734	1.146	0.692	-0.809	-0.328	-1.394	0.656	5.966	-0.324
131	0.906	0.921	-0.094	-0.079	0.035	0.100	1.048	0.921	1.546	0.922	-0.305	-0.097	3.867	0.883	3.288	-0.097
132	0.591	0.633	-0.409	-0.367	0.088	0.207	2.190	0.633	1.029	0.603	-1.180	-0.419	1.556	0.563	9.684	-0.415
133	0.613	0.656	-0.387	-0.344	0.090	0.212	2.198	0.656	1.181	0.628	-1.257	-0.367	-0.079	0.609	8.059	-0.388

ERRORES DE ORIGEN

#	delta (call)		delta (put)		gamma (call put)		vega (call put)		rho (call)		rho (put)		theta (call)		theta (put)	
	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.	actual	modif.
134	0.652	0.688	-0.348	-0.312	0.076	0.201	2.354	0.688	1.366	0.668	-1.257	-0.359	-0.436	0.623	9.134	-0.350
135	0.443	0.532	-0.557	-0.468	0.183	0.255	1.525	0.532	0.551	0.451	-0.970	-0.564	0.134	0.421	8.165	-0.556
136	0.913	0.930	-0.087	-0.070	0.037	0.088	0.932	0.930	1.464	0.929	-0.245	-0.088	-4.199	0.891	2.962	-0.089
137	0.773	0.819	-0.227	-0.181	0.103	0.150	1.619	0.819	1.201	0.787	-0.491	-0.230	-3.257	0.743	6.186	-0.231
138	0.910	0.926	-0.090	-0.074	0.037	0.090	1.006	0.926	1.546	0.926	-0.272	-0.092	-4.118	0.887	3.119	-0.093
139	0.938	0.954	-0.062	-0.046	0.040	0.066	0.642	0.954	1.405	0.953	-0.153	-0.063	-5.379	0.917	1.764	-0.063
140	0.353	0.411	-0.647	-0.589	0.116	0.217	1.811	0.411	0.635	0.361	-1.889	-0.664	1.145	0.335	8.529	-0.644

Fuente: Tabla 4.6 de valores simulados de elaboración propia

A continuación se muestran las formulas utilizadas para la simulación de los coeficientes de sensibilidad de la tabla 4.6.

Para el call:

Coefficiente de sensibilidad	Actual	Modificado
Delta	$\delta = N(d_1)$	$\delta'' = [(S+1)N(d_1'') - Ke^{-rt}N(d_2'')] - [SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)]$
Gamma	$\gamma = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{t}}$	$\gamma' = \frac{[C' - (S+1) + Ke^{-rt}] - [C - S + Ke^{-rt}]}{S}$
Vega	$v = StN'(d_1)$	$v'' = [SN(d_1'') - Ke^{-rt}N(d_2'')] - [SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)]$
Rho	$\rho = Xte^{-rt}N(d_2)$	$\rho'' = [SN(d_1'') - Ke^{-(r+1)t}N(d_2'')] - [SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)]$
Theta	$\theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}}$	$\theta'' = [SN(d_1'') - Ke^{-r(t-1/364)}N(d_2'')] - [SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)]$

Tabla 4.7 de formulas para calcular las corridas de la tabla 4.6.



Para un put:

Coefficiente de sensibilidad	Actual	Modificado
Delta	$\delta = N(d_1)$	$\delta'' = [C' - (S+1) + Ke^{-rt}] - [C - S + Ke^{-rt}]$
Gamma	$\gamma = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{t}}$	$\gamma'' = \frac{[C' - (S+1) + Ke^{-rt}] - [C - S + Ke^{-rt}]}{S}$
Vega	$v = StN'(d_1)$	$v'' = [C' - S + Ke^{-rt}] - [C - S + Ke^{-rt}]$
Rho	$\rho = Xte^{-rt}N(d_2)$	$\rho'' = [C' - S + Ke^{-r(t+1)}] - [C - S + Ke^{-rt}]$
Theta	$\theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}} - rXe^{-rt}N(d_2)$	$\theta'' = [C'' - S + Ke^{-r(t-1/360)}] - [C - S + Ke^{-rt}]$

Tabla 4.8 de formulas para calcular las corridas de la tabla 4.6.

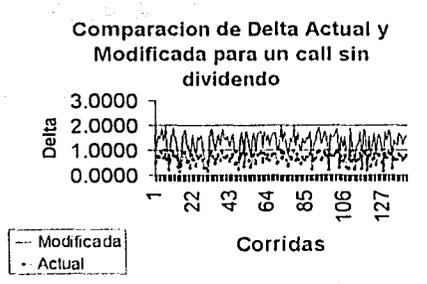
Los datos simulados pueden situarse en cualquiera de los perfiles que se encuentran entre el precio de ejercicio y el precio de subyacente, es decir, se consideran toda tipo de opciones, dentro, fuera y en el dinero.

Los cálculos de la Delta se realizan tanto para la fórmula actual como la modificada.

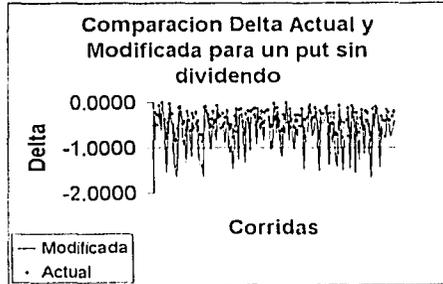
A continuación se muestran las gráficas para cada uno de los coeficientes de sensibilidad actual y modificada.



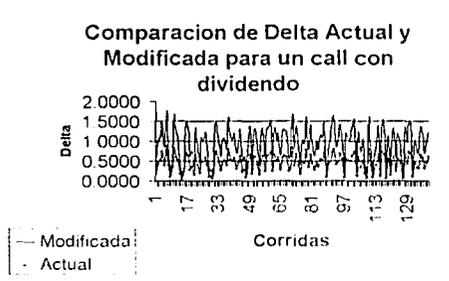
Para la delta tenemos:



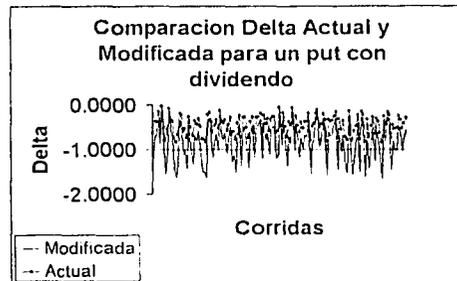
Grafica 5.1c



Grafica 5.1p



Grafica 5.2c



Grafica 5.2p

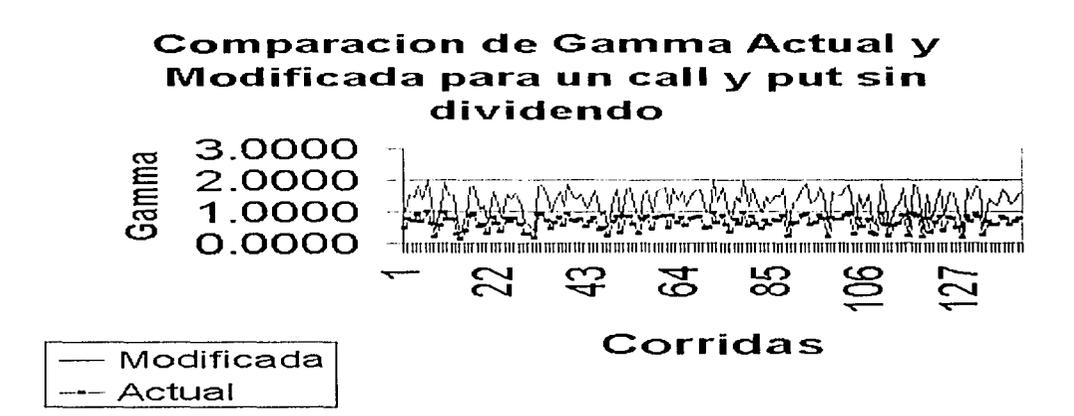
En las gráficas 5.1c, 5.1pc, 5.2c y 5.2p (calls) se observa que en las gráficas del coeficiente de sensibilidad tanto para el call y put la Delta de coeficiente de sensibilidad modificada y actual sus gráficas tienen diferente comportamiento, es decir que los coeficientes de sensibilidad Delta modificado y actual no coinciden en sus valores.

En resumen, se observa la existencia de diferencias entre dichas fórmulas, mismas que se observan claramente en las gráficas entre ambos coeficientes Delta comparados en 5.1c, 5.1p, 5.2c y 5.2p. A pesar de las divergencias existentes en esta variable, la tendencia que se observa en

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

cada una de las gráficas muestra una correlación aceptable con relación a los otros índices, por lo cual podemos afirmar que las fórmulas modificadas no alteran la tendencia general y sí ofrecen mayor precisión en el análisis del coeficiente Delta.

Para la Gamma tenemos:



Grafica 5.3



Grafica 5.4

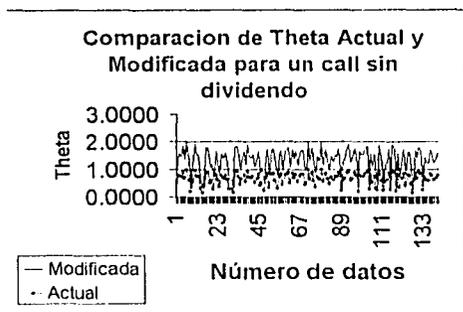
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON

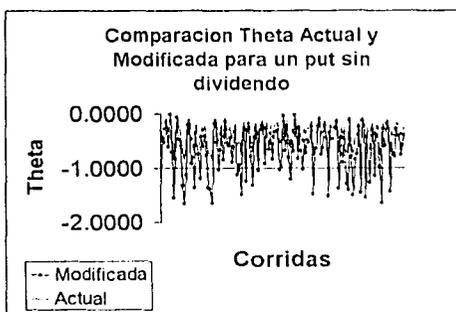
En las gráficas 5.3 y 5.4 se observa que el coeficiente de sensibilidad tanto para el call y put la Gamma para los coeficientes de sensibilidad modificada y actual sus gráficas tienen diferente comportamiento, es decir que los coeficientes de sensibilidad Gamma modificado y actual no coinciden en sus valores.

Con lo cual, se observa la existencia de diferencias entre dichos coeficientes de sensibilidad, mismas que se observan claramente en las gráficas entre ambos coeficientes Gamma comparados en 5.3 y 5.4.

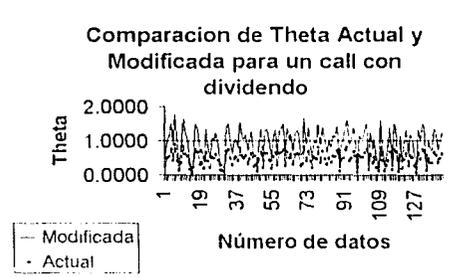
Para la Theta tenemos:



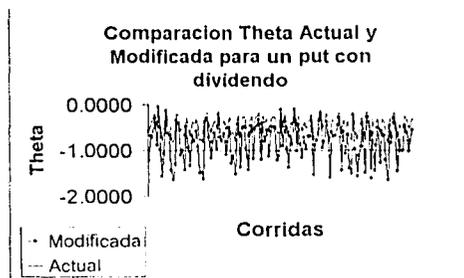
Gráfica 5.5c



Gráfica 5.5p



Gráfica 5.6c



Gráfica 5.6p

En las gráficas 5.5c, 5.5p, 5.6c y 5.6p observamos que el coeficiente de sensibilidad tanto para el call y put la Theta

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

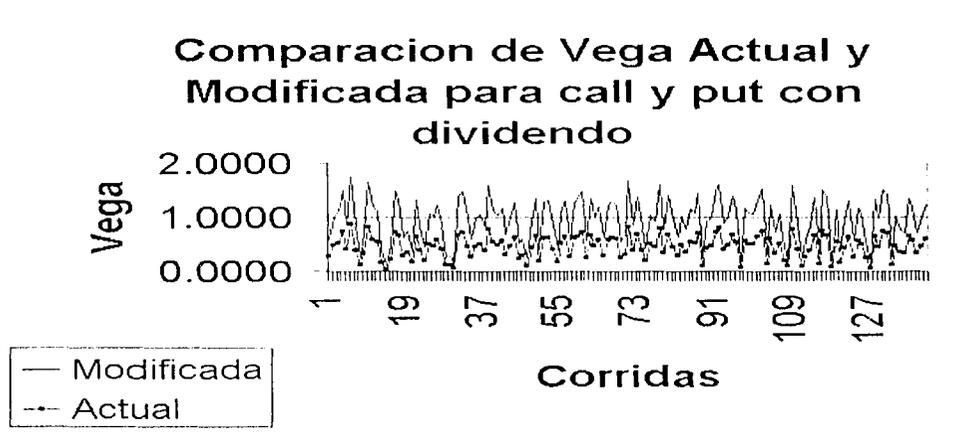
para los coeficientes de sensibilidad modificada y actual sus gráficas también se comportan de diferente manera, es decir que los coeficientes de sensibilidad Theta modificado y actual no coinciden en sus valores.

Motivo por el cual, dichos coeficientes no se comportan de la misma manera y por lo tanto son diferentes.

Para la Vega tenemos:



Grafica 5.7



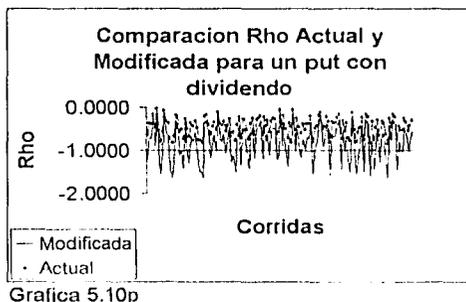
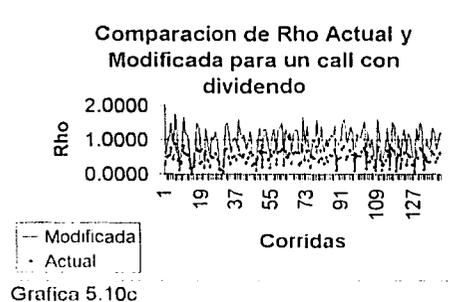
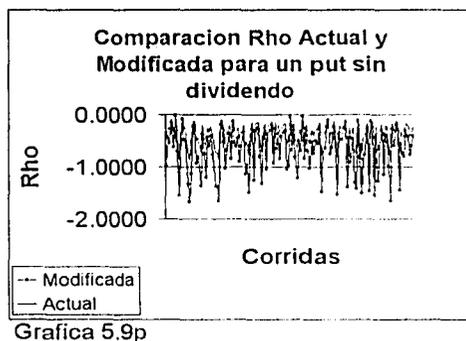
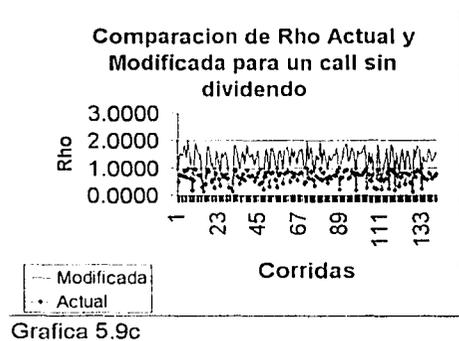
Grafica 5.8

FALLA DE ORIGEN

En las gráficas 5.7 y 5.8 se observa que el coeficiente de sensibilidad tanto para el call y put la Vega para los coeficientes de sensibilidad modificada y actual sus gráficas tienen diferente comportamiento, es decir que los coeficientes de sensibilidad Vega modificado y actual no coinciden en sus valores.

Con lo cual, se observa la existencia de diferencias entre dichos coeficientes de sensibilidad, mismas que se observan claramente en las gráficas entre ambos coeficientes Vega comparados en 5.7 y 5.8.

Para la Rho tenemos:



En las gráficas 5.9c, 5.9p, 5.10c y 5.10p observamos que el coeficiente de sensibilidad tanto para el call y put la Rho

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

para los coeficientes de sensibilidad modificada y actual sus gráficas también se comportan de diferente manera, es decir que los coeficientes de sensibilidad Rho modificado y actual no coinciden en sus valores.

Motivo por el cual, dichos coeficientes no se comportan de la misma manera y por lo tanto son diferentes.

En los casos de *Gamma*, *Theta*, *Vega* y *Rho*, en sus respectivas gráficas se manifiesta un comportamiento similar, lo cual confirma que dichas fórmulas son válidas representantes de sus respectivos coeficientes de sensibilidad.

4.4 Conclusión capitular

En el presente capítulo podemos se obtuvieron los tamaños de muestra para cada una de las variables que intervienen para el calculo del modelo de Black y Scholes, y de esta manera definir cual de ellos era mas apropiado, resultando el más grande de 140. Una vez calculado el tamaño de muestra se procedió a la simulación de dichas variables con el tamaño de muestra ya mencionado, y apartir de ello calcular los valores simulados para cada uno de los coeficientes de sensibilidad modificado y actual para la Delta, Gamma, Vega, Theta y Rho.

Al final se graficaron los coeficientes de sensibilidad

modificado y actual para cada uno de los coeficientes, donde como resultado la existencia de diferencia entre los valores para cada coeficiente de sensibilidad.

Sin embargo la mayor parte mostró que si existe diferencia en el calculo de los coeficientes de sensibilidad entre las formulas actuales y las modificadas.

Por tal motivo se considera que las formulas modificadas propuestas pueden ser dignas representas de los coeficientes de sensibilidad sobre todos el coeficiente de sensibilidad Delta dado su uso e importancia que tiene financieramente por ejemplo en las coberturas.

CAPITULO 5

Evaluación y análisis de las Pruebas de hipótesis con datos simulados e históricos para los coeficientes de sensibilidad actuales versus nuevos para el Modelo de Black y Scholes

5.1 Generalidades

Una vez explicados los cambios a las fórmulas, en este apartado se muestran las tablas que contienen los valores necesarios para llevar a cabo las pruebas de hipótesis y análisis con datos simulados e históricos para los coeficientes de sensibilidad del modelo de Black y Scholes, Delta, Gamma, Vega, Rho, y Theta.

Para la obtención de los datos simulados se tomo un tamaño de muestra de 140, por ser éste el mayor de todos los tamaños de muestra calculados para cada uno de los parámetros (cfr. capítulo anterior) utilizados en el modelo original. Para los datos históricos se consideraron un total de 791 días (del 2 de enero de 1998 al 21 de septiembre 2001) para cada una de las acciones consideradas (Apasco *, Bimbo *, Geo *, Gmodelo c y Vitro³⁴ *).

Para la construcción de la prueba de hipótesis para cada uno de los coeficientes de sensibilidad se tomará en consideración las siguientes variables independientes y dependientes:

³⁴ Las acciones se seleccionaron del periódico el Economista, la selección se realizo de manera aleatoria, numerando las acciones del 3 de enero de 1998, y de una tabla de numeros aleatorios tomando las primeras tres cifras y sacandolos de manera diagonal.

Tabla 5.0 Que muestra las variables independientes y dependientes.

Variables independientes:	El coeficiente de sensibilidad delta no es eficiente.
	El coeficiente de sensibilidad gamma no es eficiente.
	El coeficiente de sensibilidad vega no es eficiente.
	El coeficiente de sensibilidad theta no es eficiente.
	El coeficiente de sensibilidad rho no es eficiente.
Variable dependiente:	Calculo del numero de contratos que se deben comprar para la disminución del riesgo.

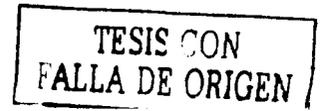
Fuente: Tabla 5.0 de valores simulados de elaboración propia

Dentro de la construcción de la prueba de hipótesis para cada uno de los coeficientes de sensibilidad se tomará en consideración la diferencia de medias de los valores actuales de cada uno de los coeficientes de sensibilidades, menos las medias de los coeficientes propuestos, y el resultado se comparará con el valor de cero. Por medio de estos resultados se ofrecerán las hipótesis nula y alternativa.

Hipótesis nula³⁵:

Es la suposición estadística para una prueba t-student de que la diferencia es igual a cero, y usamos la evidencia muestral para confrontar esta propuesta, es decir, obtener evidencia que establezca si existe una diferencia notoria entre un estadístico muestral y el parámetro poblacional

³⁵ Prueba de Hipotesis para los coeficientes de sensibilidad Delta, Gamma, Vega, Rho y Theta



hipotético (cero), esto debido a la variación aleatoria de la muestra. Por otro lado, si estadísticamente el valor es diferente a cero, entonces no hay diferencia entre ambas fórmulas, y por lo tanto la ecuación original es en realidad adecuada para el medir al coeficiente en cuestión.

$$H_0 : \mu_f - \mu_p = 0$$

Hipótesis alternativa:

Es la contraparte de la anterior y señala que la diferencia de las medias es estadísticamente diferente a cero. Esto quiere decir que esta hipótesis nos indicaría que el coeficiente de sensibilidad al cual se le aplicara la prueba de hipótesis la formula propuesta es eficiente y por lo tanto mas adecuada para calcular su valor.

$$H_a : \mu_f - \mu_p \neq 0$$

A continuación se muestran las formulas que se utilizaran para los cálculos de las pruebas de hipótesis:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{fi} - \mu_{pi})}{n}$$

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{(\mu_{fi} - \mu)^2}{n-1}}$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(\mu_{\mu} - \mu)^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_f^2 + \sigma_p^2)}{n}}$$

$$Z = \frac{(\mu_f - \mu_p)}{\sigma}$$

μ = Media de la diferencia.

μ_f = Media de los valores calculados por fórmula.

μ_p = Media de los valores calculados por el modelo propuesto.

σ_f = Desviación estándar estimada de la media por fórmula.

σ_p = Desviación estándar estimada de la media del modelo propuesto.

σ = Desviación estándar estimado de las diferencias entre las medias.

t = Estadístico de prueba t-student.

α = Nivel de significancia (para esta prueba de hipótesis se utilizará $\alpha=5\%$)

$-t_0 \leq t \leq t_0$ no se rechaza la hipótesis nula

$t_0 < |t|$ se rechaza la hipótesis nula

Por otro lado para la construcción de la prueba de hipótesis para el estadístico F para cada uno de los coeficientes de sensibilidad se tomará en consideración el cociente de las varianzas de los valores actuales de cada uno de los coeficientes de sensibilidades, y el resultado se comparará con el valor de uno. Por medio de estos resultados se ofrecerán las hipótesis nula y alternativa.

Hipótesis nula³⁶:

Es la suposición estadística para una prueba F de que el cociente es igual a uno, y usamos la evidencia muestral para confrontar esta propuesta, es decir, obtener evidencia que establezca si existe una diferencia notoria entre un estadístico muestral y el parámetro poblacional hipotético (uno), esto debido a la variación aleatoria de la muestra. Por otro lado, si el cociente de las varianzas es diferente de uno, entonces no hay diferencia entre ambas fórmulas, y por lo tanto la ecuación original es en realidad adecuada para medir al coeficiente en cuestión.

$$H_0 : \frac{\sigma_f}{\sigma_p} = 1$$

Hipótesis alternativa:

Es la contraparte de la anterior prueba de hipótesis nula y señala que el cociente de las varianzas es

³⁶ Prueba de Hipotesis para los coeficientes de sensibilidad Delta, Gamma, Vega, Rho y Theta

estadísticamente diferente a uno. Esto quiere decir que esta hipótesis nos indicaría que el coeficiente de sensibilidad al cual se le aplicara la prueba de hipótesis de la formula propuesta es eficiente y por lo tanto mas adecuada para calcular su valor.

$$H_a : \frac{\sigma_f}{\sigma_p} \neq 1$$

A continuación se muestran las formulas que se utilizaran para los cálculos de las pruebas de hipótesis:

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{(\mu_f - \mu)^2}{n-1}}$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(\mu_p - \mu)^2}{n-1}}$$

$$F = \frac{\sigma_f}{\sigma_p}$$

σ_f = Desviación estándar estimada de la media por fórmula.

σ_p = Desviación estándar estimada de la media del modelo propuesto.

F = Estadístico de prueba F.

$\alpha =$ Nivel de significancia (para esta prueba de hipótesis se utilizará $\alpha = 5\%$)

$F_0 \geq F$ no se rechaza la hipótesis nula

$F_0 < F$ se rechaza la hipótesis nula

5.2 Prueba de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad delta

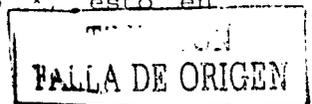
En este apartado se muestran las pruebas de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad delta, para un call y put sin y con dividendo. A continuación se muestra una tabla que contienen datos estadísticos necesarios para el cálculo de las pruebas de hipótesis para cada el coeficientes de sensibilidad delta para un call sin dividendo, también se muestra la decisión de las mismas.

Pruebas de Hipotesis para un call del Coeficiente de Sensibilidad Delta sin dividendos

Nivel de Significancia del 5%						
Accion	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	0.5949	0.6019	0.4922	0.6544	0.4347	0.4325
media modificada	0.6128	0.6509	0.5259	0.6906	0.5516	0.5516
diferencia de medias	0.0180	0.0490	0.0336	0.0362	0.1169	0.1191
desv. estan. actual	0.2754	0.2500	0.3080	0.2018	0.2937	0.2927
desv. estan. modificada	0.2722	0.2300	0.3042	0.1924	0.2769	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.0130	0.0123	0.0154	0.0099	0.0143	0.0340
t=	1.3014	3.9846	2.1048	3.6533	8.1464	3.5000
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	no se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula				
f =	1.0119	1.0535	1.0125	1.0481	1.0607	1.0554
f alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión f	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula

Fuente: Tabla 5.1 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.1 tanto para datos históricos y simulados para un call sin dividendo del coeficiente de sensibilidad delta se observa que en la mayoría de las acciones y la simulación se rechaza la hipótesis nula, excepto para la acción Apasco * esto en



Otras palabras quiere decir que en la mayoría de las acciones los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad delta para un call sin dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el call del coeficiente de sensibilidad delta sin dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

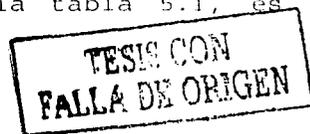
Para el coeficiente de sensibilidad delta para un call con dividendo tenemos la siguiente tabla:

Pruebas de Hipotesis para un call del Coeficiente de Sensibilidad Delta con dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Accion	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	0.5919	0.5989	0.4898	0.3439	0.4325	0.4325
media modificada	0.6120	0.6509	0.5259	0.3094	0.5516	0.5516
diferencia de medias	0.0209	0.0520	0.0361	0.0345	0.1191	0.1191
desv. estan. actual	0.2741	0.2495	0.3064	0.2008	0.2922	0.2922
desv. estan. modificada	0.2772	0.2380	0.3042	0.1924	0.2769	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.0124	0.0123	0.0154	0.0099	0.0143	0.0340
t=	1.6901	1.2399	2.3503	3.4885	8.3194	3.5000
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	no se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula				
F=	1.0069	1.0103	1.0074	1.0132	1.0554	1.0554
F alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión f	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula

Fuente: Tabla 5.2 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.2 tanto para datos históricos y simulados para un call con dividendo del coeficiente de sensibilidad delta se observan resultados estadísticos exactamente igual a los de la tabla 5.1, es



decir que en la mayoría de las acciones y la simulación se rechaza la hipótesis nula, excepto para la acción Apasco *, esto en otras palabras quiere decir que en la mayoría de las acciones los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad delta para un call con dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el call del coeficiente de sensibilidad delta con dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

Por otro lado para el caso del put para el coeficiente de sensibilidad delta sin dividendo tenemos la siguiente información:

Pruebas de Hipótesis para un put del Coeficiente de Sensibilidad Delta sin dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Acción	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulación
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	0.4051	0.3901	0.5078	0.3456	0.5653	0.4325
media modificada	0.3072	0.3491	0.4741	0.3094	0.4484	0.5516
diferencia de medias	0.0180	0.0490	0.0336	0.0362	0.1169	0.1191
desv. estan. actual	0.2754	0.2500	0.3080	0.2018	0.2937	0.2922
desv. estan. modificada	0.2722	0.2300	0.3042	0.1924	0.2769	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.0130	0.0123	0.0154	0.0099	0.0143	0.0340
t ²	1.3044	3.9846	2.1040	3.6533	0.1464	3.5000
t _{falla/2}	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	no se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula				
F ₁	1.0119	1.0535	1.0125	1.0484	1.0607	1.0554
F _{alfa}	1	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula

Fuente: Tabla 5.3 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.3 se observa que en todas las acciones para un put sin dividendo del coeficiente de sensibilidad delta se observa que de los resultados estadísticos la hipótesis nula se rechaza y para

TESIS CON
FALLA DE OPORTUNIDAD

la simulación no se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en las acciones los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad delta para un call con dividendo, para los valores simulados ocurre todo lo contrario.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el put del coeficiente de sensibilidad delta sin dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

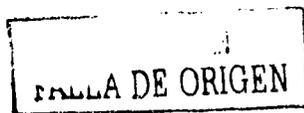
Por otro lado para el caso del put para el coeficiente de sensibilidad delta con dividendo tenemos la siguiente información:

Pruebas de Hipotesis para un put del Coeficiente de Sensibilidad Delta con dividendos

Nivel de Significancia del 5%						
Accion	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	0.4031	0.3961	0.5052	0.3439	0.562500	0.4325
media modificada	0.3072	0.3491	0.4741	0.3094	0.4404	0.5516
diferencia de medias	0.0159	0.0470	0.0311	0.0345	0.1141	0.1191
desv. estan. actual	0.2741	0.2495	0.3064	0.2000	0.2922	0.2922
desv. estan. modificada	0.2722	0.2300	0.3042	0.1924	0.2769	0.2769
diferencia de desv. estand	0.0137	0.0123	0.0154	0.0099	0.0143	0.0340
t=	1.1605	3.0331	2.0254	3.4005	7.9709	3.5000
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	no se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula				
F=	1.0069	1.0403	1.0074	1.0432	1.0554	1.0554
F alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula

Fuente: Tabla 5.4 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.4 se observa que tanto para datos históricos y simulados para un put con dividendo del coeficiente de sensibilidad delta se observa que en la mayoría de las acciones y la simulación se rechaza



la hipótesis nula, excepto para la acción Apasco *, esto en otras palabras quiere decir que en la mayoría de las acciones los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad delta para un call sin dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el put del coeficiente de sensibilidad delta con dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

5.3 Prueba de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad gamma

En este apartado se muestran las pruebas de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficientes de sensibilidad gamma, para un call y put sin y con dividendo.

Para este coeficiente el coeficiente de sensibilidad gamma para un call y put es el mismo sin y con dividendo.

A continuación se muestra una tabla que contienen datos estadísticos necesarios para el calculo de las pruebas de hipótesis para cada el coeficientes de sensibilidad gamma, también se muestra la decisión de las mismas.

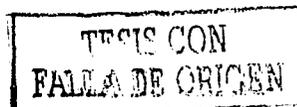
Pruebas de Hipotesis para un call y put del Coeficiente de Sensibilidad Gamma sin dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Accion	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	0.0364	0.1023	0.0685	0.0750	0.2430	0.4325
media modificada	0.0357	0.0955	0.0663	0.0707	0.2222	0.5516
diferencia de medias	0.0008	0.0068	0.0022	0.0051	0.0208	0.1191
desv. estan. actual	0.0168	0.0495	0.0700	0.0269	0.1912	0.2922
desv. estan. modificada	0.0166	0.0402	0.0668	0.0274	0.1564	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.0008	0.0093	0.0034	0.0014	0.0088	0.0340
t=	0.0928	2.7594	0.6489	3.7232	2.3663	3.5000
t Alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	no se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	no se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula
F=	1.0722	1.0278	1.0470	0.9804	1.2223	1.0554
F Alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	no se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula	se rechaza la hipótesis nula

Fuente: Tabla 5.5 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.5 se observa tanto para las acciones Bimbo *, Gmodelo C, Vitro * y datos simulados para un call sin dividendo del coeficiente de sensibilidad gamma la hipótesis nula se rechaza, y para las acciones Apasco * y Geo* no se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad gamma para un call sin dividendo, y cuando no se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son iguales, esto quiere decir que ambas formulas aportan valores muy parecidos o iguales.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el call y put del coeficiente de sensibilidad gamma sin dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.



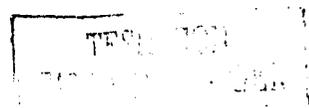
Para el coeficiente de sensibilidad gamma para un call
 con dividendo tenemos la siguiente tabla:

Pruebas de Hipotesis para un call y put del Coeficiente de Sensibilidad Gamma con dividendos						
Nivel de Significancia del 5%						
Accion	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	0.0362	0.1018	0.0602	0.0754	0.2418	0.4325
media modificada	0.0357	0.0955	0.0663	0.0707	0.2222	0.5516
diferencia de medias	0.0006	0.0063	0.0019	0.0047	0.0196	0.1191
desv. estan. actual	0.0167	0.0193	0.0696	0.0268	0.1903	0.2922
desv. estan. modificada	0.0166	0.0102	0.0668	0.0274	0.1964	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.0124	0.0025	0.0034	0.0014	0.0088	0.0340
t	0.0459	2.5582	0.5510	3.4548	2.2350	3.5000
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	no se rechaza la la hipótesis nula	se rechaza la la hipótesis nula	no se rechaza la la hipótesis nula	se rechaza la la hipótesis nula	se rechaza la la hipótesis nula	se rechaza la la hipótesis nula
F=	1.0072	1.0277	1.0418	0.9755	1.2162	1.0554
F alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión f	se rechaza la la hipótesis nula	se rechaza la la hipótesis nula	se rechaza la la hipótesis nula	no se rechaza la la hipótesis nula	se rechaza la la hipótesis nula	se rechaza la la hipótesis nula

Fuente: Tabla 5.6 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.6 se observa tanto para las acciones Bimbo *, Gmodelo C, Vitro * y datos simulados para un call sin dividendo del coeficiente de sensibilidad gamma la hipótesis nula se rechaza, y para las acciones Apasco * y Geo* no se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad gamma para un call sin dividendo, y cuando no se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son iguales, esto quiere decir que ambas formulas aportan valores muy parecidos o iguales.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta



para el call y put del coeficiente de sensibilidad gamma con dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

5.4 Prueba de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad vega

En este apartado se muestran las pruebas de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficientes de sensibilidad vega, para un call y put sin y con dividendo.

Para este coeficiente el coeficiente de sensibilidad vega para un call y put es el mismo sin y con dividendo.

A continuación se muestra una tabla que contienen datos estadísticos necesarios para el calculo de las pruebas de hipótesis para cada el coeficientes de sensibilidad vega, también se muestra la decisión de las mismas.

Pruebas de Hipotesis para un call y put del Coeficiente de Sensibilidad Vega sin dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Accion	Apasco *	Bimbo *	Gen *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	3.2006	1.2357	1.4161	1.7366	0.4191	0.4325
media modificada	0.0645	0.0240	0.0265	0.0349	0.0084	0.5516
diferencia de medias	-3.1361	-1.2109	1.3076	1.7017	0.4107	0.1191
desv. estan. actual	1.3270	0.4492	1.0675	0.5115	0.3770	0.2922
desv. estan. modificada	0.0264	0.0089	0.0214	0.0101	0.0076	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.0472	0.0160	0.0380	0.0102	0.0134	0.0340
t-	66.4567	75.0074	36.5503	93.5533	30.5659	3.5000
t alfa/2	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	se rechaza la hipotesis nula					
t-	50.3401	50.4746	49.9970	50.6137	49.9609	1.0554
t alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión f	se rechaza la hipotesis nula					

f uente: Tabla 5.7 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.7 se observa tanto para las acciones y datos simulados para un call sin dividendo del coeficiente de sensibilidad vega la hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad vega para un call sin dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el call y put del coeficiente de sensibilidad vega sin dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

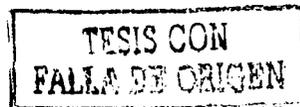
Para el coeficiente de sensibilidad gamma para un call con dividendo tenemos la siguiente tabla:

Pruebas de Hipotesis para un call y put del Coeficiente de Sensibilidad Vega con dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Acción	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *
número de datos	791	791	791	791	791
media actual	3.1372	1.2113	1.3881	1.7022	0.4108
media modificada	0.0645	0.0248	0.0205	0.0349	0.0084
diferencia de medias	3.0728	-1.1864	-1.3596	-1.6673	0.4024
desv. estan. actual	1.3007	0.4403	1.0464	0.5013	0.3703
desv. estan. modificada	0.0264	0.0089	0.0214	0.0101	0.0076
diferencia de desv. estandar	0.0463	0.0157	0.0372	0.0178	0.0132
t=	66.4286	75.7754	36.5348	93.5138	30.5530
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	se rechaza la hipótesis nula				
F=	49.3433	49.4751	49.0070	49.6115	48.9746
F alfa	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula				

Fuente: Tabla 5.8 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.8 se observa tanto para las acciones y datos simulados para un call con dividendo del coeficiente de sensibilidad vega la hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores



arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad vega para un call con dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el call y put del coeficiente de sensibilidad vega con dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

5.5 Prueba de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad rho

En este apartado se muestran las pruebas de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad rho, para un call y put sin y con dividendo. A continuación se muestra una tabla que contienen datos estadísticos necesarios para el calculo de las pruebas de hipótesis para cada el coeficientes de sensibilidad rho para un call sin dividendo, también se muestra la decisión de las mismas.

Pruebas de Hipotesis para un call del Coeficiente de Sensibilidad Rho sin dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Accion	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodela *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	(7.114034)	2.5921	(3.368489)	3.7060	0.6084	0.4325
media modificada	0.0575	0.0210	0.0243	0.0304	0.0052	0.5516
diferencia de medias	7.3745	2.6130	3.3928	3.7364	0.6936	0.1191
desv. estan. actual	3.7954	1.7715	3.5703	1.2819	0.6829	0.2922
desv. estan. modificada	0.0284	0.0092	0.0254	0.0097	0.0052	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.1350	0.0152	0.1269	0.0152	0.0243	0.0340
t=	53.1409	57.7977	26.7255	81.7839	28.5642	3.5000
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	se rechaza la hipótesis nula					
F=	133.8490	138.6513	110.8381	132.0732	112.1491	1.0551
F alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula					

Fuente: Tabla 5.9 de elaboración propia.

TESIS CON
DE ORIGEN

Para la prueba t-student de la tabla 5.9 se observa tanto para las acciones y datos simulados para un call sin dividendo del coeficiente de sensibilidad rho la hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad rho para un call sin dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el call del coeficiente de sensibilidad rho sin dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

Para el coeficiente de sensibilidad rho para un call con dividendo tenemos la siguiente tabla:

Pruebas de Hipotesis para un call del Coeficiente de Sensibilidad Rho con dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Acción	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	-7.0786	2.5797	-3.3517	-3.6875	0.6050	0.4325
media modificada	0.0975	0.0210	0.0243	0.0304	0.0052	0.5516
diferencia de medias	7.1360	2.6001	3.3760	3.7179	0.6902	0.1191
desv. estan. actual	3.7765	1.2651	3.5525	1.2785	0.6795	0.2922
desv. estan. modificada	0.0284	0.0092	0.0254	0.0097	0.0052	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.1343	0.0150	0.1263	0.0155	0.0242	0.0310
t*	53.1431	57.8000	26.7265	81.7877	20.5653	3.5000
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	se rechaza la hipótesis nula					
F=	133.1814	137.9590	110.1356	131.4145	131.1900	1.0554
F alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula					

Fuente: Tabla 5.10 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.10 se observa tanto para las acciones y datos simulados para un call con dividendo del coeficiente de sensibilidad rho la hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad rho para un call con dividendo.

CON FALLA DE ORIGEN

hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad rho para un call con dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el call del coeficiente de sensibilidad rho con dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

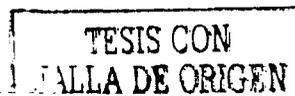
Por otro lado para el caso del put para el coeficiente de sensibilidad rho sin dividendo tenemos la siguiente información:

Pruebas de Hipotesis para un put del Coeficiente de Sensibilidad Rho sin dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Accion	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	3.2006	1.2357	1.4161	1.7366	0.4191	0.4325
media modificada	0.1097	0.0399	0.0617	0.0526	0.0166	0.5516
diferencia de medias	-3.0909	-1.1950	-1.3545	-1.6840	0.4025	0.1191
desv. estan. actual	1.3270	0.4492	1.0675	0.5115	0.3778	0.2922
desv. estan. modificada	0.0186	0.0068	0.0343	0.0067	0.0114	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.0472	0.0160	0.0380	0.0182	0.0134	0.0340
t=	65.5039	74.8703	35.6657	92.5915	29.9493	3.5000
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	se rechaza la hipótesis nula					
F=	71.2119	66.5392	31.1192	76.5790	33.1352	1.0551
F alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula					

Fuente: Tabla 5.11 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.11 se observa tanto para las acciones y datos simulados para un put sin dividendo del coeficiente de sensibilidad rho la hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores



arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad rho para un put sin dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el put del coeficiente de sensibilidad rho sin dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

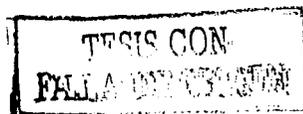
Por otro lado para el caso del put para el coeficiente de sensibilidad rho con dividendo tenemos la siguiente información:

Pruebas de Hipotesis para un put del Coeficiente de Sensibilidad Rho con dividendos

Nivel de Significancia del 5%						
Acción	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	3.1847	1.2296	1.4091	1.7279	-0.6850	0.4325
media modificada	0.1097	0.0399	0.0617	0.0526	0.0052	0.5516
diferencia de medias	-3.0749	-1.1897	-1.3474	-1.6753	0.6902	0.1191
desv. estan. actual	1.3203	0.4469	1.0622	0.5089	0.6795	0.2922
desv. estan. modificada	0.0186	0.0068	0.0343	0.0067	0.0052	0.2769
diferencia de desv. estand	0.0370	0.0159	0.0378	0.0181	0.0242	0.0340
t*	65.4921	74.8576	35.6574	92.5770	20.5653	3.5000
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	se rechaza la hipótesis nula					
F =	70.8568	66.2074	30.9610	76.1979	131.4900	1.0554
F alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula					

Fuente: Tabla 5.12 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.12 se observa tanto para las acciones y datos simulados para un put con dividendo del coeficiente de sensibilidad rho la hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y



la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad rho para un put con dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el put del coeficiente de sensibilidad rho con dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

5.6 Prueba de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad theta

En este apartado se muestran las pruebas de hipótesis con datos históricos y simulados para el coeficiente de sensibilidad theta, para un call y put sin y con dividendo. A continuación se muestra una tabla que contienen datos estadísticos necesarios para el calculo de las pruebas de hipótesis para cada el coeficientes de sensibilidad theta para un call sin dividendo, también se muestra la decisión de las mismas.

Pruebas de Hipotesis para un call del Coeficiente de Sensibilidad Theta sin dividendos

Nivel de Significancia del 5%						
Accion	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	5.4947	2.1822	4.6882	2.8414	1.1723	0.4325
media modificada	0.0256	0.0100	0.0149	0.0141	0.0036	0.5516
diferencia de medias	5.5203	2.1922	4.7030	2.8555	1.1760	0.1191
desv. estan. actual	1.3148	0.7008	2.7490	0.7305	0.6903	0.2922
desv. estan. modificada	0.0085	0.0032	0.0103	0.0025	0.0027	0.2760
diferencia de desv. estandar	0.0178	0.0249	0.0970	0.0263	0.0245	0.0340
t=	115.4490	87.9837	48.1012	108.7507	47.9083	3.5000
t Alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	se rechaza la hipótesis nula					
F=	158.4698	221.1131	266.0936	291.2036	256.5326	1.0554
F Alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula					

Fuente: Tabla 5.13 de elaboración propia.



Para la prueba t-student de la tabla 5.13 se observa tanto para las acciones y datos simulados para un call sin dividendo del coeficiente de sensibilidad theta la hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad theta para un call sin dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el call del coeficiente de sensibilidad theta sin dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

Para el coeficiente de sensibilidad theta para un call con dividendo tenemos la siguiente tabla:

Pruebas de Hipotesis para un call del Coeficiente de Sensibilidad Theta con dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Accion	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	(5.490100)	7.1797	4.6745	7.0393	1.1605	0.4325
media modificada	0.0256	0.0100	0.0149	0.0141	0.0036	0.5516
diferencia de medias	5.5157	2.1897	4.6893	2.8535	1.1722	0.1191
desv. estan. actual	1.3360	0.6973	2.7308	0.7333	0.6870	0.2922
desv. estan. modificada	0.0085	0.0032	0.0103	0.0025	0.0027	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.0475	0.0240	0.0974	0.0261	0.0245	0.0310
t*	116.1083	80.3170	40.1545	109.4336	47.9299	3.5000
t alfa/Z=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	se rechaza la hipótesis nula					
F=	157.4404	220.0226	265.0250	209.2577	255.5942	1.0554
F alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula					

Fuente: Tabla 5.14 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.14 se observa tanto para las acciones y datos simulados para un call con



dividendo del coeficiente de sensibilidad theta la hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad theta para un call con dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el call del coeficiente de sensibilidad theta con dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

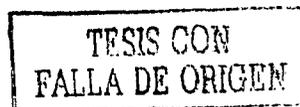
Por otro lado para el caso del put para el coeficiente de sensibilidad theta sin dividendo tenemos la siguiente información:

Pruebas de Hipotesis para un put del Coeficiente de Sensibilidad Theta sin dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Acción	Apasco *	Bimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	6.0910	2.4741	3.1064	3.8415	0.5277	0.4325
media modificada	0.0244	0.0089	0.0137	0.0117	0.0037	0.5516
diferencia de medias	6.1185	2.4030	3.1201	3.8532	0.5314	0.1191
desv. estan. actual	5.7009	1.0991	5.2632	1.7406	1.1272	0.2922
desv. estan. modificada	0.0041	0.0015	0.0076	0.0015	0.0025	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.2027	0.0675	0.1071	0.0622	0.0401	0.0340
t*	30.1847	36.7723	16.6728	61.9768	13.2602	3.5000
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	se rechaza la hipótesis nula					
F=	1374.6309	1264.0523	609.3545	1176.3035	444.1530	1.0551
F alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión F	se rechaza la hipótesis nula					

Fuente: Tabla 5.15 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.15 se observa tanto para las acciones y datos simulados para un put sin



dividendo del coeficiente de sensibilidad theta la hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad theta para un put sin dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el put del coeficiente de sensibilidad theta sin dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

Por otro lado para el caso del put para el coeficiente de sensibilidad theta con dividendo tenemos la siguiente información:

Pruebas de Hipotesis para un put del Coeficiente de Sensibilidad Theta con dividendos
Nivel de Significancia del 5%

Accion	Apasco *	Dimbo *	Geo *	Gmodelo *C	Vitro *	Simulacion
número de datos	791	791	791	791	791	140
media actual	6.0427	2.4541	-3.0760	-3.0135	0.5205	0.4325
media modificada	0.0244	0.0089	0.0137	0.0117	0.0037	0.5516
diferencia de medias	6.0671	2.4630	3.0897	3.8252	0.5242	0.1191
desv. estan. actual	5.6091	1.8934	5.2449	1.7442	1.1234	0.2922
desv. estan. modificada	0.0041	0.0015	0.0076	0.0015	0.0025	0.2769
diferencia de desv. estandar	0.2021	0.0673	0.1065	0.0620	0.0399	0.0340
t=	30.0147	36.5864	16.5679	61.6789	13.1247	3.5000
t alfa/2=	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Decisión t student	se rechaza la hipótesis nula					
F	1370.0090	1260.2672	606.9515	1173.3011	442.6690	1.0554
F alfa	1	1	1	1	1	1
Decisión f	se rechaza la hipótesis nula					

Fuente: Tabla 5.16 de elaboración propia.

Para la prueba t-student de la tabla 5.16 se observa tanto para las acciones y datos simulados para un put

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

con dividendo del coeficiente de sensibilidad theta la hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que en el caso en que se rechaza la hipótesis nula, los valores arrojados por cada una de las formulas, la actual y la propuesta son diferentes, esto quiere decir que la formula propuesta en este caso aporta valores adecuados para el coeficiente de sensibilidad theta para un put con dividendo.

Para la prueba estadística F tenemos que en todos los casos la prueba de hipótesis nula se rechaza, esto en otras palabras quiere decir que los valores de las desviaciones estándar para cada formula tanto actual como la propuesta para el put del coeficiente de sensibilidad theta con dividendo son sensiblemente diferentes lo cual muestra que si existen diferencias entre dichas formulas.

5.7 Conclusión capitular

En el presente capitulo podemos observar que la mayoría de las pruebas de hipótesis nula para el estadístico de prueba t-student se rechaza.

Concluyendo acerca de las pruebas de hipótesis del estadístico t-student para cada uno de los coeficientes de sensibilidad; tenemos que para los coeficientes de sensibilidad delta y gamma casi todas las pruebas de hipótesis tanto para el call y put con y sin dividendo para las acciones y la simulación se rechazaron, excepto para la acción Apasco * para un call sin dividendo, con lo cual podemos concluir que en el caso de la delta las formulas propuestas proporcionan valores muy próximos a la realidad manifestando de esta manera su eficiencia.

Para las pruebas de hipótesis del estadístico t-student para los coeficientes de sensibilidad gamma, vega, rho y theta estos tuvieron un comportamiento en las pruebas de hipótesis los cuales condujeron a que se rechazara la prueba de hipótesis nula tanto para el call y put sin y con dividendo, es decir que las formulas propuestas proporcionan valores muy próximos a la realidad manifestando de esta manera su eficiencia.

Para el caso de las pruebas de hipótesis del estadístico F para los coeficientes de sensibilidad delta, gamma, vega, rho y theta estos tuvieron un comportamiento en las pruebas de hipótesis los cuales condujeron a que se rechazara la prueba de hipótesis nula tanto para el call y put sin y con dividendo, es decir en este caso por unanimidad las formulas propuestas proporcionan valores muy próximos a la realidad manifestando de esta manera su eficiencia.

Por el comportamiento de las pruebas de hipótesis tanto del estadístico t-student y F para cada uno de los coeficientes de sensibilidad delta, gamma, vega, rho y theta se observa que un porcentaje importante de estas pruebas de hipótesis se rechazan, es decir en otras palabras que las formulas propuestas muestran un comportamiento muy eficiente, proporcionando valores sumamente próximos a los reales.

CONCLUSIÓN.

Se ha comprobado la eficiencia de los coeficientes de sensibilidad *Delta*, *Gamma*, *Theta*, *Vega* y *Rho* del modelo de Black y Scholes, pero en el presente trabajo se propusieron fórmulas modificadas para el cálculo de los mismos, de forma que mejoren la precisión de resultados de dichos coeficientes.

Para comparar la eficiencia de la exactitud que aportan los coeficientes de sensibilidad modificados se realizaron inferencias sobre la hipótesis de trabajo, mismas que se comprobaron con la realización de pruebas estadísticas t-student y la F confrontando la diferencia entre las fórmulas actuales y las modificadas de cada uno de ellos.

En el diseño de la prueba se utilizaron datos históricos y también valores simulados, y los resultados obtenidos para la inferencia sobre la hipótesis de trabajo mostraron la existencia de diferencia significativas entre los valores obtenidos con una y otra ecuación. En nuestro trabajo también se mostraron los coeficientes de sensibilidad modificadas tanto para el call como para el put con y sin dividendo. Dichos coeficientes de sensibilidad se compararon con los actuales, tomando en consideración datos históricos y simulados y los resultados arrojados muestran, después del análisis, que existe diferencia en la precisión del cálculo de los valores de los coeficientes de sensibilidad actuales y modificadas.

Las pruebas de hipótesis tanto para el estadístico t-student y F, mostraron resultados contundentes como los arrojados por la delta y gamma para el estadístico t-student que solo una de las pruebas de hipótesis no se rechazó tanto para la delta como para la gamma, para este mismo estadístico

para los coeficientes de sensibilidad vega, rho y theta todas las pruebas de hipótesis se rechazaron, con lo cual se pone de manifiesto la eficiencia de dichas formulas.

Para el estadístico F todas las pruebas de hipótesis se rechazaron para los coeficientes de sensibilidad delta, gamma, vega, rho y theta con lo cual se confirma aun más la eficiencia de los coeficientes de sensibilidad propuestos.

Sin embargo, es necesario considerar algunas situaciones específicas, por ejemplo, las diferencias que surgen cuando las opciones se encuentran *dentro del dinero, fuera del dinero y en el dinero*. En este estudio pudo observarse que si éstos se encontraban muy *dentro o fuera del dinero* entonces ambos coeficientes de sensibilidad mostraban valores muy semejantes.

Por todo lo anterior, creemos que las nuevas fórmulas para los coeficientes de sensibilidad modificados para el modelo de Black y Scholes son eficaces, por lo cual son dignas presentarse a la consideración de los inversionistas. La importancia financiera que tiene el coeficiente de sensibilidad *Delta* es notoria, sobre todo al cubrir una posición, pues si no se ofrece exactitud en el cálculo de este valor una posición podrá estar cubierta pero sólo parcialmente, u ocurrirá el caso contrario, es decir, proteger una posición inexistente. En cuanto a las primas *call y put*, lo que podría ocurrir es que en algunos casos existiría un pago más alto en perjuicio del inversionista o, por el contrario, podría ser menor, con lo cual queda cubierto el riesgo, parcialmente, para el proveedor.

BIBLIOGRAFÍA

APÓSTOL, Tom M., *Calculus*, España: Reverte, 2ª ed., Vol I, 1980.

APÓSTOL, Tom M., *Calculus*, España: Reverte, 2ª ed., Vol. II, 1980.

BLACK, Fisher, y Scholes, Myron, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *Journal of Political Economy*, num. 81, Mayo-junio 1973, Pp. 637-659.

BRISYS, Eric et al., *Options, Futures and Exotic Derivatives, Theory, Application and Practice*, Inglaterra: John Wiley & Sons, 1998.

COX, John c. y Mark Rubinstein, *Options Markets*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 3ª ed., 1985.

COURANT, R. y JOHN, F., *Introducción al Cálculo y al Análisis Matemático*, México: Limusa, 1ª ed., Vol I y II, 1979r1.

COSS, B. Raúl, *Simulación*, México: Limusa, 1ª ed., 1986r2.

DIEZ DE CASTRO, Luis y Mascareñas Perez-Iñigo, Juan, *Ingeniería Financiera*, España: McGraw-Hill, 2ª ed., 1994.

FORD, David, *Invertir en el Mercado de Opciones*, España: Folio, 1ª ed., 1994.

GALITZ, Lawrence, *Ingeniería Financiera*, España: Folio, 1ª ed., Vol. I, 1994.

GALITZ, Lawrence, *Ingeniería Financiera*, España: Folio, 1ª ed., Vol. II, 1994.

GRANDE DUFF, W., *Cálculo Infinitesimal*, México: Harla, 1ª ed., 1985.

HARNETT, Donald L. y James L. Murphy, *Introducción al Análisis Estadístico*, México: Sistemas Técnicos de Edición, 1987.

HAASER, Norman B. et al., *Análisis Matemático*, México: Trillas, 1ª ed., Vols. I y II 1980r17.

HOEL, Paul G., *Introducción a la Estadística Matemática*, España: Ariel, 2ª ed., 1976r.

HOGG, Robert V. Y Tanis Elliot A., *Probability and Statistical Inference*, New York: Macmillan, 1ª ed., 1977.

HULL, John C., *Futures, Options and other Derivatives Securities*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 3ª ed., 1996.

LAMOTHE, Prosper, *Opciones sobre Instrumentos Financieros*, Madrid: McGraw Hill, 1ª ed., 1993.

LEVIN, William et al., *Estadística Matemática con Aplicaciones*, México: Grupo Editorial Iberoamérica, 3ª ed., 1986.

MENDENHALL, William et al., *Estadística Matemática con Aplicaciones*, México: Grupo Editorial Iberoamérica, 3ª ed., 1986.

MOOD, William et al., *Mathematical Statistics*, New York: McGraw-Hill, 3ª ed., 1986.

OSTLE, Bernard, *Estadística Aplicada*, México: Limusa, 1ª ed., 1983r8.

RODRÍGUEZ DE CASTRO, J., *Introducción al análisis de los productos financieros derivados*, México: Limusa, 1ª ed., 1995.

RODRÍGUEZ, T. Federico y Delgado, A. Ricardo, *Técnicas y Modelos de Simulación de Sistemas*, México: I.P.N., 1ª ed., 1991.

SHARPE, Williams et al., *Investments*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 5ª ed., 1995.

SPIVAK, Michael, *Cálculo Infinitesimal*, España: Reverte, 1ª ed., Vols. I y II, 1980.



Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

Oficio: PPCA/EG/2003

Asunto: Envío oficio de nombramiento de jurado de Maestría.

Coordinación

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar
de esta Universidad
Presente.

A'tn: Biol. Francisco Javier Incera Ugalde
Jefe de la Unidad de Administración del Posgrado

Me permito hacer de su conocimiento, que el alumno **Alberto de la Rosa Elizalde** presentará Examen de Grado dentro del Plan de Maestría en Finanzas toda vez que ha concluido el Plan de Estudios respectivo y su tesis, por lo que el Comité Académico del Programa de Posgrado, tuvo a bien designar el siguiente jurado:

M.A. Marco Antonio Trejo Trejo	Presidente
M.F. Juan Alberto Adam Siade	Vocal
M.F. Arturo Morales Castro	Secretario
M.F. Juan Carlos Luna Sánchez	Suplente
M.F. Francisco López Herrera	Suplente

Por su atención le doy las gracias y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

"Por mi raza hablará el espíritu"

Ciudad Universitaria, D.F., 12 de noviembre del 2003.

El Coordinador del Programa

Dr. Ricardo Alfredo Varela Juárez

TESIS CON FALLA DE ORIGEN