



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

T e s i s

Optimización del valor en riesgo mediante backtesting a modelos de simulación histórica, Markowitz y Monte Carlo considerando el uso de un ponderador volatilidad – tiempo: El caso del riesgo modelo en los futuros de CETES en el Mexder

Que para obtener el grado de:

Maestro en Finanzas

Presenta: Lic. Carlos Aurelio Argüello Gómez

Tutor: M.F. Arturo Morales Castro



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

México, D.F. Febrero de 2008



Universidad Nacional Autónoma de México

Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

Facultad de Contaduría y Administración

Facultad de Química

Instituto de Investigaciones Sociales

Instituto de Investigaciones Jurídicas

T e s i s

Optimización del valor en riesgo mediante backtesting a modelos de simulación histórica, Markowitz y Monte Carlo considerando el uso de un ponderador volatilidad – tiempo: El caso del riesgo modelo en los futuros de CETES en el Mexder

Que para obtener el grado de:

Maestro en Finanzas

Presenta: Lic. Carlos Aurelio Argüello Gómez

Tutor: M.F. Arturo Morales Castro

*Todos tienen en su corazón el anhelo
Pero el sacrificio les asusta...
Brand*

Dedicatoria

A mi hijo Carlos Eduardo,

Por que el riesgo de no estar a tu lado al realizar este trabajo es demasiado. Te amo.

A mi hija Elizabeth Wendy

Por la pérdida no cuantificable de no compartir tu sonrisa al escribir estas líneas. Preciosa.

A la mujer que con su vida dio vida a mis hijos

Por que a pesar de las diferencias...en promedio somos muy similares.

A mi Madre y Hermanos

Por la volatilidad de la vida y el gran ponderador de su amor

A mi Papá †

Por que eres mi parámetro y modelo de estudio, tú sabes de eso.

A mis amigos

*Por que a pesar de parecer un tanto volátil,
Nuestra amistad no es aleatoria.*

A Mi Señor

*Por permitirme tomar estos riesgos, ajustar las
desviaciones y darme la oportunidad de optimizar mi
tránsito por esta vida.*

*Finalmente... Por que dejé de lado muchas cosas para realizar este trabajo y puse a
mis hijos, mujer, familia, amigos y Fe, que en conjunto son mi mayor Valor... en Riesgo.*

Agradecimientos

En primer lugar, deseo agradecer a mi asesor y Maestro en Finanzas, Arturo Morales Castro, quien valiente y temerariamente aceptó dirigir este trabajo, dando luz a este proyecto.

Deseo agradecer a la Doctora Eugenia Correa Vázquez por su invaluable apoyo para estudiar la Maestría en Finanzas, toda vez que el presente trabajo tiene sus orígenes en mi paso hace algunos años por los diversos proyectos de investigación académica que, en coordinación con la Dra. Alicia Girón González, motivaron mi gusto por las finanzas. Sirva el presente trabajo para reconocer los programas de investigación académica financieros por la DGAPA de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A mis sinodales de examen de Grado, Dra. Alicia Girón González, Dr. Alfredo Díaz Mata, Dr. Juan Alberto Adam Siade y M.F. Alberto De la Rosa Elizalde, por el tiempo dedicado a la lectura de esta investigación.

Al mis amigos, Luis Miguel y Guillermo Frasco, por su gran apoyo en todo momento.

A mis amigos, Ricardo Calvo por su paciencia para escuchar todas las propuestas e ideas que por fin vieron luz y a Julián Martínez que siempre ha tenido una palabra sabiduría para toda ocasión.

Luismi, Memo, Rick y Julián, Gracias.

A toda mi familia y al gran número de amigos y compañeros que de alguna forma contribuyeron a este logro, gracias por ello.

Sinceramente,

CARLOS A. ARGÜELLO GÓMEZ

INDICE GENERAL

	Página
PRÓLOGO	i
INTRODUCCIÓN	ii
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	x
CAPITULO I	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	1
A. Justificación	1
B. Planteamiento del Problema	3
C. Objetivos e Hipótesis Principal y Secundarias	4
D. Metodología	8
E. Marco Teórico	9
CAPITULO II	
BACKTESTING Y VALOR EN RIESGO.	18
REVISIÓN DE LA LITERATURA NACIONAL E INTERNACIONAL.	
A. Revisión de la literatura más recientes a nivel internacional sobre Backtesting aplicado a modelos de Valor en Riesgo	18
B. Revisión de la literatura más recientes a nivel nacional sobre Backtesting aplicado a modelos de Valor en Riesgo	31
CAPITULO III	
EL MODELO VAR EN LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS DE MERCADO. RIESGO OPERATIVO: IMPLICACIONES DEL RIESGO MODELO.	39
A. Valor en Riesgo: Regulación del riesgo de mercado	39
1. Comisión Nacional Bancaria y de Valores	39
2. Banco Internacional de Pagos	42
3. Securities and Exchange Commission (SEC)	43
4. Risk Metrics ^{MR}	44
B. Valor en Riesgo: Riesgo de Mercado-Riesgo Operativo (riesgo modelo)	45
1. Valor en Riesgo	45
2. Riesgo de Mercado	46
3. Riesgo Operativo	47
C. Valor en Riesgo: fundamentos estadísticos	48
1. Eficiencia Estadística	54
2. Tamaño de la Muestra	55
a) Propiedad de ser asintóticamente insesgado (insesgamiento)	55
b) Propiedad de Consistencia	56

D. Backtesting	63
E. Modelos de Valor en Riesgo	65
1. Modelo VaR Markowitz - Delta	65
2. Modelo VaR Simulación Histórica	69
3. Modelo VaR Simulación por Monte Carlo	70
a) Valuación VaR Monte Carlo, El Modelo.	71
b) Generación de números pseudo aleatorios	72
CAPITULO IV	
APLICACIÓN DE LOS MODELOS VAR PARA UNA POSICIÓN TEÓRICA EN CETES Y ANÁLISIS BACKTESTING SIN CONSIDERAR PONDERADOR DE VOLATILIDAD / TIEMPO.	76
A. Aplicación de los modelos VaR y Administración de Riesgos (sin ponderador)	76
1. Modelo Simulación Histórica – Sin Ponderador	76
2. Modelo Markowitz Delta – Sin Ponderador	82
3. Modelo Monte Carlo	88
B. Backtesting del los modelos VaR y Administración de Riesgos (sin ponderador)	96
1. Modelo Simulación Histórica sin ponderador - Backtesting	96
2. Modelo Markowitz Delta sin ponderador - Backtesting	98
3. Modelo Monte Carlo - Backtesting	100
CAPITULO V	
APLICACIÓN DE LOS MODELOS VAR PARA UNA POSICIÓN TEÓRICA EN CETES Y ANÁLISIS BACKTESTING CONSIDERANDO UN PONDERADOR DE VOLATILIDAD / TIEMPO.	103
A. Aplicación de los modelos VaR y Administración de Riesgos (considera ponderador)	103
1. Modelo Simulación Histórica – Ponderador	103
2. Modelo Markowitz Delta - Ponderador	112
B. Backtesting del los modelos VaR y Administración de Riesgos (considera ponderador)	120
1. Modelo Simulación Histórica	120
2. Modelo Markowitz Delta	121
CAPITULO VI	
EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL BACKTESTING ENTRE LOS MODELOS VAR CON PONDERADOR Y SIN PONDERADOR DE VOLATILIDAD / TIEMPO	125
A. Evaluación del Backtesting del Modelo VaR de Simulación Histórica sin ponderador vs. Modelo VaR de Simulación Histórica con ponderador volatilidad / tiempo	125
B. Evaluación del Backtesting del Modelo VaR Markowitz Delta sin ponderador vs. Modelo VaR Markowitz Delta con ponderador volatilidad / tiempo	128
C. Evaluación del Backtesting del Modelo VaR Monte Carlo	131

CONCLUSIONES GENERALES	133
A. Conclusiones Generales	133
1. Primer hipótesis principal	133
2. Segunda hipótesis principal	133
3. Primer hipótesis secundaria	134
4. Segunda hipótesis secundaria	134
5. Tercer hipótesis secundaria	135
B. Comentarios Generales	136
1. Backtesting	137
a) Simulación Histórica	137
b) Markowitz – Delta	139
c) Monte Carlo	141
C. Comentarios Finales	143
BIBLIOGRAFÍA	145
A. Libros	145
B. Artículos en Revistas y Prensa Especializada	146
C. Papers	147
D. Información en Internet	149
E. Información vía correo electrónico	152
ANEXO 1 Términos y condiciones generales de contratación del contrato de futuro sobre el Certificado de la Tesorería de la Federación a 91 días.	153
ANEXO 2 Fisher Report	160
ANEXO 3 Securities and Exchange Commission (Extracto)	176
ANEXO 4 Riskmetrics ^{MR}	183

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 4

TABLA 4.1 Simulación Histórica de Tasas, Periodo de Estudio: Primer Semestre 2007, 124 observaciones. Número de observaciones base 1920 hasta 2044. Total de Datos Simulados: 247,624.

TABLA 4.2 Simulación Histórica, Simulación del Valor de la Posición.

TABLA 4.3 Simulación Histórica, Pérdidas o Ganancias $CT_t - CT_{tA}$.

TABLA 4.4 Simulación Histórica, Serie ordenada para determinar el 5% Como VaR.

TABLA 4.5 Markowitz Delta, Variación Histórica de Tasa de Futuros de CETES.

TABLA 4.6 Markowitz Delta, Matriz de Varianzas

TABLA 4.7 Markowitz Delta, Matriz de Volatilidades en t.

TABLA 4.8 Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 100

TABLA 4.9 Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 2000

TABLA 4.10 Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 2250

TABLA 4.11 Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 3000

TABLA 4.12 Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 4000

TABLA 4.13 Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 7000

TABLA 4.14 Monte Carlo, Vector VaR con base en Monte Carlo con distintos factores de ajuste.

TABLA 4.15 Monte Carlo, VaR Promedio con Factor de Ajuste

TABLA 4.16 Markowitz Delta, Parámetros del VaR.

TABLA 4.17 Monte Carlo, Resultados Backtesting.

CAPÍTULO 5

TABLA 5.1 Simulación Histórica, Prueba de cambio estructural en la serie de futuros sobre CETES.

TABLA 5.1 b Simulación Histórica, Prueba Conjunta de Cambio Estructural en la serie de Futuros sobre CETES

TABLA 5.2 Simulación Histórica, Factor de Ajuste de Pérdidas Esperadas.

TABLA 5.3 Simulación Histórica, Pérdida j_i , ajustada por el factor λ_i .

TABLA 5.4 Simulación Histórica, Serie ordenada, Nivel de confianza 95%.

TABLA 5.5 Markowitz, Matriz de Ponderadores

TABLA 5.6 Markowitz, Matriz de Varianzas Ajustad por Ponderador w_i .

TABLA 5.7 Markowitz, Matriz de Volatilidades Ponderadas por λ en t

TABLA 5.8 Markowitz Delta, Backtesting.

CAPÍTULO 6

TABLA 6.1 Simulación Histórica, Resultados de los modelos con y sin ponderador.

TABLA 6.2 Simulación Histórica, Violaciones al VaR y Pérdidas observadas.

TABLA 6.3 Markowitz Delta, Resultados de los modelos con y sin ponderador.

TABLA 6.4 Markowitz Delta, Violaciones al VaR y Pérdidas observadas.

TABLA 6.5 Factores de ajuste en Monte Carlo y VaR estimado.

CONCLUSIONES

TABLA C.1 Matriz de resultados generales.

TABLA C.2 Comparativo VaR con ponderador simulación histórica y Markowitz

INDICE DE GRÁFICAS

CAPÍTULO 3

GRÁFICA 3.1 Histograma y Test de Normalidad con variaciones logarítmicas.

GRÁFICA 3.2 Histograma y Test de Normalidad con muestreo aleatorio.

GRÁFICA 3.3 Comportamiento lambda (λ) con distintos niveles de alfa (α) para $t = 2000$,
 $\alpha = 0.50$.

GRÁFICA 3.4 Comportamiento lambda (λ) con distintos niveles de alfa (α) para $t = 2000$,
 $\alpha = 1.00$.

GRÁFICA 3.5 Comportamiento lambda (λ) con distintos niveles de alfa (α) para $t = 2000$,
 $\alpha = 2.00$.

GRÁFICA 3.6 Comportamiento lambda (λ) con distintos niveles de alfa (α) para $t = 2000$,
 $\alpha = 5.00$.

GRÁFICA 3.7 Comportamiento lambda (λ) con distintos niveles de alfa (α) para $t = 2000$,
 $\alpha = 50.00$.

CAPÍTULO 4

GRÁFICA 4.1 Simulación Histórica, Vector de variaciones sobre la tasa de futuros sobre
CETES.

GRÁFICA 4.2 Simulación Histórica, VaR Simulación Histórica de pérdidas máximas,
primer semestre de 2007, sin ponderador.

GRÁFICA 4.3 Markowitz Delta, Vector VaR con base en Markowitz, sin ponderador.

GRÁFICA 4.4 Markowitz Delta, Comportamiento de la desviación estándar sobre la
media, sin ponderador.

GRÁFICA 4.5 Monte Carlo, Variación aleatoria Monte Carlo, factor de ajuste igual a
2,250, 10 mil datos aleatorios.

GRÁFICA 4.6 Monte Carlo, Vector VaR con distintos factores de ajuste en Monte Carlo.

GRÁFICA 4.7 Monte Carlo, Vector VaR con factores de ajuste en Monte Carlo con nivel
de confianza de 96.77%.

GRÁFICA 4.8 Monte Carlo, Vector VaR con factores de ajuste en Monte Carlo de 2,250,
Nivel de confianza de 96.77%

- GRÁFICA 4.9 Simulación Histórica, Backtesting, VaR Simulación Histórica vs. Perdidas observadas, sin ponderador.
- GRÁFICA 4.10 Simulación Histórica, tasa de liquidación diaria de futuros sobre CETES, 1999 – 2007.
- GRÁFICA 4.11 Markowitz Delta, Backtesting, VaR Markowitz vs. Perdidas observadas, sin ponderador.
- GRÁFICA 4.12 Monte Carlo, Backtesting modelo VaR Monte Carlos vs. Perdidas observadas.
- GRÁFICA 4.13 Monte Carlo, Backtesting modelo VaR Monte Carlos con factor $\lambda = 100$ vs. Pérdidas observadas.

CAPÍTULO 5

- GRÁFICA 5.1 Simulación Histórica, Modelo base para prueba de Chow.
- GRÁFICA 5.2 Simulación Histórica, Cambio Estructural, prueba de Chow.
- GRÁFICA 5.3 Simulación Histórica, Factor de Ajuste aplicado a las pérdidas,
- GRÁFICA 5.4 Simulación Histórica, Vector VaR con Ponderador. Comparativo serie ajustada por factor λ vs. Serie sin ajuste
- GRÁFICA 5.5 Markowitz, Vector de ponderadores Markowitz - Delta.
- GRÁFICA 5.6 Markowitz, VaR Markowitz con ponderador.
- GRÁFICA 5.7 Simulación Histórica, Backtesting Modelo Simulación Histórica con Ponderador. Pérdidas observadas vs. VaR estimado para el momento t , Nivel de confianza 95%, factor $\alpha = 4$.
- GRÁFICA 5.8 Markowitz, Backtesting, VaR Markowitz con ponderador vs. Perdidas observadas.

CAPÍTULO 6

- GRÁFICA 6.1 Análisis del VaR estimado por Monte Carlo. Evaluación del intervalo de confianza del periodo de estudio.

PRÓLOGO

En el transcurso de las actividades *normales* de cualquier individuo, institución o sociedad, existen múltiples *decisiones* que son tomadas día a día, algunas veces conscientemente otras de forma involuntaria o inconsciente. Cuando se presentan los momentos importantes, en que de *una sola decisión* puede depender el futuro de *la empresa*, es importante evaluar el grado de *riesgo* que se asume, ya que aquello que consideremos como de mayor valor puede estar en serio peligro por una mala decisión o una decisión no planeada o “espontánea”. Tales *decisiones*, no pueden dejarse a la *suerte* o a la mano invisible que todo lo arregla con el *tiempo*.

No puede dejarse al *destino* el futuro de lo que consideramos como valioso.

De ahí, resulta importante *evaluar* todo aquello que en el pasado nos ha afectado o ha puesto en peligro *nuestro tesoro* y en función de ello, se *deben* tomar las decisiones adecuadas, siempre considerando esa última decisión o “*desviación*” de nuestros planes, dando un *gran peso* a los acontecimientos recientes, que finalmente marcarán nuestro presente inmediato y por tanto el futuro.

Si el riesgo de *nuestras decisiones* ha sido mal evaluado, entonces la *pérdida* puede ser incuantificable. Sin embargo, *si* existe la posibilidad de cubrir y solventar una mala evaluación y por tanto una *mala decisión*, debe ponerse todo esfuerzo, recurso y acción posible para corregir y solucionar todos los efectos, así como poner en marcha los recursos y medios necesarios para controlar el riesgo de tales acciones.

Posteriormente, al evaluar el curso de las correcciones que, *en su caso*, se hayan considerado y puesto en marcha, *sólo entonces* estaremos en posibilidad de evaluar si pudimos *administrar* el riesgo que asumimos con tales decisiones.

Carlos Argüello G.

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación, se aborda el problema de la *administración del riesgo*, aspecto esencial en el campo de las finanzas tanto corporativas como bursátiles.

Particularmente se estudia el *riesgo operativo* asociado a los futuros sobre CETES que son negociados en el Mercado Mexicano de productos Derivados (MEXDER). Dentro del marco del riesgo operativo, se aborda el estudio del *riesgo modelo*. Este se asocia a las posibles fallas del modelo estadístico - matemático utilizado para la cuantificación del *riesgo de mercado*. De esta forma, *el modelo* para la evaluación y cuantificación del riesgo de mercado implícito en una posición determinada es una *decisión* esencial a la que se debe prestar especial atención.

Dentro del abanico de modelos paramétricos y no paramétricos para el *análisis* del riesgo de mercado se encuentran los modelos de *Valor en Riesgo (VaR)*, los cuales permiten determinar la pérdida máxima a la que se puede enfrentar el inversionista en un horizonte de tiempo y con un intervalo de confianza definido desde el punto de vista estadístico. Con esto en mente, de las distintas derivaciones que se han estudiado de dichos modelos, la investigación se enfoca en los fundamentos estadísticos y en la estructura original de los modelos VaR más comunes que son empleados para la evaluación del riesgo en materia financiera a saber, el Modelo de Simulación Histórica, el Modelo Markowitz Delta y la simulación por Monte Carlo.

Sin embargo, al estudiar los fundamentos y estructura matemática de los modelos citados, y considerando la problemática y necesidad de aportar nuevos elementos para la administración del riesgo financiero se consideró que, si bien los fundamentos estadísticos y matemáticos aportan la estructura para el análisis, es posible optimizar los resultados de tales modelos mediante la incorporación de un ponderador que permite dar un mayor peso desde el punto de vista estadístico a las variaciones más recientes del precio de liquidación de los CETES mediante el cálculo de la desviación estándar (volatilidad) y el ajuste dinámico de la misma a medida que transcurre el tiempo. A esta propuesta de optimización se le definió, para efectos de simplificación, como un *ponderador de volatilidad - tiempo*.

De esta forma para evaluar los modelos *VaR Con Ponderador* y *Sin Ponderador*, y con el objetivo de estudiar si tal propuesta permitía optimizar el *pronóstico* VaR al aplicar el ponderador de volatilidad – tiempo, fue necesario realizar una comparación entre los resultados de ambos enfoques, es decir, considerando la estructura original de los modelos en estudio (*Modelos Sin Ponderador*) y los modelos que consideran la propuesta del ponderador (*Modelos Con Ponderador*).

La técnica empleada en la investigación es conocida en el mercado financiero como *Backtesting*, la cual consiste en evaluar los resultados de la máxima pérdida pronosticada por cada modelo *VaR* contra la pérdida efectivamente observada. Al respecto, el *Backtesting* considera que si la pérdida *observada* al cierre de operación del mercado supera la pérdida *pronosticada* por el modelo *VaR*, entonces se presenta una *violación al modelo*, es decir, la pérdida observada es superior a la pérdida esperada. Cabe señalar que es *deseable* que el modelo considere un número de violaciones tal que éstas se encuentren dentro de cierto intervalo de confianza asociado al número de observaciones del *periodo* de estudio.

Bajo este panorama, el análisis se realizó para el primer semestre de 2007 sobre el precio diario de liquidación de los futuros sobre CETES desde el 27 de mayo de 1999 hasta el 30 de junio de 2007. El *Backtesting* fue aplicado en primer lugar a los modelos sin ponderador y se determinó si éstos pronosticaban eficientemente las pérdidas máximas en función del intervalo de confianza y el horizonte de tiempo establecido. Asimismo, el análisis *Backtesting* fue aplicado a los modelos en los que se incorporó el ponderador volatilidad – tiempo propuesto.

Una vez desagregadas las ideas, se procedió a ordenarlas e integrarlas, se realizaron los cálculos y fueron contrastados ambos enfoques, concluyendo que para los modelos *VaR* de Simulación Histórica y Markowitz Delta **la incorporación de la propuesta del ponderador volatilidad – tiempo *si permite* optimizar el *VaR* pronosticado frente a los modelos sin ponderador.**

Asimismo, se concluyó que la propuesta de un ponderador de volatilidad – tiempo **no es posible aplicarla a modelos de simulación por Monte Carlo**, toda vez que ésta se construye sobre la generación de números aleatorios, por lo que se pierde cualquier relación en función del orden de los sucesos en el precio de liquidación de los futuros sobre CETES, y toda vez que el fundamento del ponderador volatilidad - tiempo se asocia al tiempo y por tanto al orden dinámico de de la volatilidad no es factible utilizar el ponderador propuesto.

Sin embargo, al evaluar qué alternativa podía ser utilizada para *ponderar* el impacto de las variaciones estocásticas generadas en la simulación por Monte Carlo, se propuso considerar no un ponderador de volatilidad – tiempo sino un *factor de ajuste* que permite calcular una *variación aleatoria* de la posición en estudio, en la que el factor de ajuste es utilizado de forma paramétrica estableciendo la volatilidad y desviación estándar de la variación (estocástica y limitada por el factor de ajuste) hasta un punto tal que el VaR estimado satisfaga el intervalo de confianza establecido.

Para la simulación por Monte Carlo se encontró que este modelo resulta muy sensible ante distintos factores de ajuste por lo que en cualquier Backtesting, al presentar un intervalo de confianza igual a 100% (ninguna violación) debe ponerse en duda la posible sobre estimación del verdadero VaR requerido y por tanto de un *costo de oportunidad* demasiado elevado en razón de la constitución de reservas para afrontar las posibles pérdidas.

Se concluyó que la simulación por Monte Carlo puede ser útil en la elaboración de escenarios extremos y stress test, ya que cubre cualquier pérdida “anormal” en el comportamiento de la variable de estudio. Se demostró que el modelo Monte Carlo, también puede ajustarse para acercarse a las pérdidas efectivamente presentadas. Sin embargo, este modelo y el ajuste, siguen una metodología diferente a la estudiada para los modelos de simulación histórica y Markowitz.

CAPÍTULO I METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se incluye la exposición de motivos de la investigación, se delimita el problema de estudio, objetivo e hipótesis y se indica la metodología a utilizar de acuerdo al tipo de investigación.

A. Justificación

La formalización del análisis para la determinación y administración del riesgo de mercado mediante el uso de técnicas matemáticas y/o estadísticas, permite que la toma de decisiones se realice con base en indicadores y parámetros eficientes y de gran utilidad.

Es importante señalar que la investigación se realizará desde un enfoque estrictamente de análisis técnico; no obstante que, el nivel de la tasa de los Certificados de la Tesorería está en función de diversas variables económicas y financieras como son: nivel de precios, paridad cambiaria, comportamiento de reservas internacionales y la base monetaria entre otras; así como de variables externas tales como el índice del costo de la mano de obra en la industria manufacturera en Estados Unidos. Esta última mantiene estrecha relación con el nivel de inflación en ese país y, a su vez, incide en el rendimiento de los *Treasury Bonds* de la Reserva Federal de Estados Unidos, cuyo precio tiene efectos evidentes en el mercado de dinero mexicano. La presente investigación **no** se enfoca a tratar de establecer la relación entre la tasa de los Certificados de la Tesorería (CETES) con estas u otras variables mediante un estudio econométrico o de análisis fundamental, toda vez que esa es una investigación de Política Monetaria y pertenece al área de economía matemática. Lo que en esencia se proyecta desarrollar es una investigación desde el marco bursátil - financiero, con un enfoque puramente técnico.

En consecuencia, se analizarán los fundamentos del enfoque de Valor en Riesgo (en adelante VaR), que el Banco Internacional de Pagos (BIP) recomienda para el establecimiento de políticas de supervisión y regulación bancaria. Tales políticas han tenido aplicación en otros segmentos distintos de la banca como son: los mercados de dinero, mercados de capitales y aún en el ámbito corporativo en el establecimiento del capital de operación mínimo recomendado para una empresa, flujo de efectivo esperado y valuación de empresas. Asimismo, la presente investigación pretende evaluar la aplicación de estos modelos en la determinación y posible administración del riesgo de mercado implícito de los futuros que tienen como bien subyacente a los CETES y que son negociados en el Mercado Mexicano de Productos Derivados, (Mexder).

La información disponible y no disponible que se refleja en los precios, tasas, índices o divisas subyacentes en los instrumentos derivados como son los futuros financieros (eficiencia en la formación de precios) es una área de investigación reciente que tiene gran aplicación en diversas áreas del campo profesional como son los departamentos de análisis y administración de riesgos de instituciones públicas o privadas que operan instrumentos derivados (*Back Office*). En tal sentido, la importancia del presente trabajo de tesis radica en su utilidad para la comunidad bursátil de México al proveer de una investigación desde el enfoque de análisis técnico, que estudia la posible eficiencia de diferentes modelos de VaR mediante la técnica conocida como Backtesting con la cual se puede evaluar tanto la eficiencia del modelo, así como una posible “calibración” del mismo al tiempo que se administra de forma más efectiva el riesgo de futuros financieros sobre CETES¹, y establecer su posible utilidad para la toma de decisiones en materia de administración de riesgos.

¹ El plazo que se utiliza en los futuros que son negociados en el Mercado Mexicano de Productos Derivados (Mexder) es de 91 días. En adelante cuando se hable de “CETES” se

B. Planteamiento del Problema

De acuerdo al enfoque de análisis técnico, la determinación adecuada *de un modelo* para la evaluación y cuantificación del riesgo implícito en los precios de futuros en el mercado de derivados, es un aspecto fundamental en las estrategias financieras de inversión y particularmente en la administración de riesgos sobre tasas. En virtud de ello, el principal problema de la presente investigación es establecer ¿cuál o cuáles de los enfoques de Valor en Riesgo permiten determinar y administrar con mayor confiabilidad y eficiencia el riesgo de mercado implícito en una posición de futuros sobre CETES?.

estará haciendo referencia al plazo e instrumento señalado o bien a una curva de tasas de 91 días.

C. Objetivos e Hipótesis Principal y Secundarias

PREGUNTAS PRINCIPALES

- 1. ¿Qué efectos tiene aplicar un ponderador de volatilidad / tiempo a los modelos de Valor en Riesgo Simulación Histórica, Markowitz y Monte Carlo?**

Objetivo pregunta 1

Analizar los efectos de aplicar un ponderador de volatilidad / tiempo a los modelos de Valor en Riesgo Simulación Histórica, Markowitz Delta y Monte Carlo.

Hipótesis Principal pregunta 1

La aplicación de ponderadores de volatilidad / tiempo a modelos Valor en Riesgo permite calibrar el modelo a fin de que el número de violaciones al VaR se encuentre dentro del intervalo de confianza establecido.

- 2. ¿De qué forma es posible evaluar cuáles son los efectos de aplicar dicho ponderador?**

Objetivo pregunta 2

Analizar de qué forma es posible evaluar cuáles son los efectos de aplicar dicho ponderador.

Hipótesis Principal pregunta 2

La aplicación de una metodología Backtesting en modelos de Valor en Riesgo permite determinar si la aplicación de un ponderador de volatilidad / tiempo a dichos modelos es útil para calibrarlos de tal forma que el número

de violaciones al VaR se encuentre dentro del intervalo de confianza predeterminado.

PREGUNTAS SECUNDARIAS

- 1. ¿Por qué la aplicación de un ponderador de volatilidad / tiempo permite calibrar los modelos de Valor en Riesgo y obtener un número de violaciones al VaR de acuerdo al intervalo de confianza predeterminado?**

Objetivo pregunta secundaria 1

Analizar por qué la aplicación de un ponderador de volatilidad / tiempo permite calibrar los modelos de Valor en Riesgo y obtener un número de violaciones al VaR de acuerdo al intervalo de confianza predeterminado.

Hipótesis secundaria pregunta 1

El ponderador de volatilidad / tiempo permite capturar los acontecimientos recientes de la variable de estudio (Futuros sobre CETES) toda vez que da un mayor peso a la volatilidad de la últimas observaciones (tiempo) capturando la historia reciente de la serie. Una volatilidad de toda la serie, sin ponderador, puede estar capturando sucesos con fuertes rezagos de tiempo los cuales tienen baja probabilidad de suceder en el intervalo de tiempo de estudio de un día.

2. ¿Cómo podría medirse el efecto de aplicar un ponderador de volatilidad / tiempo a modelos de Valor en Riesgo?

Objetivo pregunta secundaria 2

Determinar cómo podría medirse el efecto de aplicar un ponderador de volatilidad / tiempo a modelos de Valor en Riesgo.

Hipótesis secundaria pregunta 2

Al realizar un análisis de Backtesting al modelo base (sin ponderador) y al modelo con ponderador y contrastar los resultados del VaR pronosticado en cada uno de ellos contra la pérdida real observada (si hay pérdida) es posible determinar si el modelo con ponderador se ajusta mejor al intervalo de confianza, es decir el número de violaciones se mantiene dentro de rango señalado.

Esto se logra mediante una simulación histórica de la posición en el pasado (Mark to Market) de dicha posición versus el Valor en Riesgo esperado.

3. ¿Cuál es el intervalo de confianza óptimo que debe aplicarse en modelos VaR para evaluar tanto el Backtesting como el número de violaciones al VaR?

Objetivo pregunta secundaria 3

Analizar cuál es el intervalo de confianza óptimo que debe aplicarse en modelos VaR para evaluar tanto el Backtesting como el número de violaciones al VaR.

Hipótesis secundaria pregunta 3

El intervalo de confianza para determinar el monto del VaR “óptimo”, se define mediante los estadísticos $\hat{\mu}$ (media muestral) y σ (desviación estándar), es decir para un intervalo definido por $\mu \pm 1.65\sigma$, el intervalo de confianza es aproximadamente del 95%, mientras que para un intervalo definido por $\mu \pm 3\sigma$, el intervalo de confianza es aproximadamente de 99%. El intervalo adecuado es el definido mediante $\mu \pm 1.65\sigma$, toda vez que la dispersión respecto a la media es menor y, por tanto, la variable obtenida $\hat{\mu}$ tiene una menor dispersión respecto del verdadero valor de μ .

Los modelos deben pasar la prueba de Backtesting con un intervalo de confianza del 95%.

D. Metodología

En el análisis de la información se utilizará una metodología DEDUCTIVA - INDUCTIVA en virtud de que se partirá de un conjunto general de información que es el precio diario de liquidación de los futuros sobre CETES y se establecerán conclusiones particulares para un determinado fenómeno a estudiar, es decir la determinación del VaR de un futuro sobre CETES y su “eficiencia” para cuantificar en el tiempo la pérdida máxima, así como su posible “calibración” para establecer un VaR con mayor eficiencia.

Por su parte, el análisis inductivo se utilizará en la presente investigación en virtud de que al establecer conclusiones particulares sobre una posición teórica en CETES considerando el uso del Backtesting-Ponderador, se podrán inferir conclusiones generales sobre la aplicación de modelos VaR en la determinación y administración de riesgos de tasas.

El tipo de investigación a utilizar será observacional de acuerdo con la participación del investigador, toda vez que las variables ya ocurrieron, y la función será la descripción, medición y análisis del fenómeno observado. (Backtesting).

Tipo de investigación: longitudinal

El tipo de investigación a utilizar de acuerdo a la evolución del fenómeno será longitudinal, ya que para su estudio se evaluarán, en un intervalo de tiempo, el precio de liquidación diario de CETES reportado por el MEXDER. A estas series se les aplicarán diversas técnicas estadísticas a fin de poder establecer su media, volatilidad, varianza y covarianza, así como la generación de escenarios con precios estimados con base en simulación de precios y, para el Modelo Monte Carlo, procesos estocásticos.

Se estudiará el fenómeno durante un periodo de tiempo ya observado, considerando para ello información histórica del cierre diario del mercado de CETES en el MEXDER, desde el 25 mayo de 1999 hasta el 29 de junio de 2007. Es importante señalar que éste es el periodo que lleva operando el mercado, por lo que es un periodo representativo de la serie de tiempo a estudiar.

Asimismo, cabe señalar que de los resultados se establecerán conclusiones que, para poder probar si son de uso general, tendrían que aplicarse a cualquier otro periodo de tiempo a fin de evaluar si es posible establecer conclusiones generales a partir de un caso particular. No obstante, dicho análisis no se realizará en la presente investigación por la extensión de tiempo que ello requiere. El periodo de tiempo para el cual se generarán los vectores de VaR y Backtesting será para el primer semestre de 2007, no obstante, la aplicación del ponderador será desde el inicio de la serie, es decir desde mayo de 1999. Ver Anexo 1.

E. Marco Teórico

La aplicación de diversas áreas del conocimiento como la estadística, las matemáticas y la econometría aportan el marco teórico de la presente investigación.

Los modelos de Simulación Histórica, Markowitz y Monte Carlo² en el cálculo del VaR incorporan al análisis financiero herramientas estadísticas que pueden medir la pérdida máxima potencial dado un horizonte de tiempo con un determinado grado de confianza.

² Hull John, 1997.

El análisis VaR en conjunto con pruebas de Backtesting, ambos aplicados en la determinación del Valor en Riesgo “óptimo” en una posición sobre futuros de CETES, puede medir la pérdida máxima de un instrumento *derivado* en un determinado horizonte de tiempo (plazo del derivado) y con un grado de confianza (en función de la volatilidad del subyacente, de las desviaciones respecto a la media muestral y de su correlación con el precio de mercado), en tal sentido, el intervalo de confianza permite conocer la pérdida máxima “óptima” VaR de t_0 a t_n .

A. Enfoque de Eficiencia Estadística:

Se dice que un estadístico Θ ³, es un estimador **insesgado** del parámetro θ si

$$\mu_{\Theta} = E(\Theta) = \theta \quad (1.1)$$

Si se consideran todos los posibles estimadores insesgados de un parámetro θ , el que tenga *la variación más pequeña* se considera como el **estimador más eficiente** de θ .

Esta variación se define por la siguiente función

$$\sigma = E[(X - \mu)^2] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx \quad (1.2)$$

Es decir, el estimador más eficiente es aquel cuyo valor esperado $E(X)$ tenga la menor dispersión respecto de la media, cuando X es una variable aleatoria *continua* con distribución de probabilidad $f(x)$ y con media μ .

³ El estadístico constituye una muestra aleatoria de la población, por lo cual se considera como una variable aleatoria toda vez que su valor depende de datos aleatorios (es un promedio aleatorio).

En tal sentido, y respecto del tema de investigación, puede establecerse el estimador más eficiente para determinar el Valor en Riesgo óptimo de un futuro sobre CETES, al comparar los resultados de cada modelo VaR contra el valor observado de la pérdida para el tiempo t_n . En tal caso, puede considerarse como μ al valor real inicial y como x al valor estimado por cada modelo, concluyendo que aquél modelo cuyo resultado observe la menor desviación respecto del valor esperado $E(x) = \mu$ durante diversos periodos, puede considerarse como el más eficiente desde el punto de vista estadístico.

Linealidad

El enfoque de linealidad establece que un estimador $\hat{\theta}$ es un estimador lineal de θ si es una función lineal de las observaciones muestrales.

De tal forma, la media muestral definida como

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum X_i = \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + \dots + x_N) \quad (1.3)$$

Es un estimador lineal por ser una función lineal de los valores de X .

De las anteriores propiedades, se deriva el *mejor estimador lineal insesgado* (MELI o BLUE por sus siglas en inglés). Éste establece que si $\hat{\theta}$ es lineal, insesgado y tiene varianza mínima, entonces se denomina el mejor estimador, lineal insesgado. En otras palabras, este resultado será el que mejor se aproxime al verdadero valor de la media.

Para el caso de estudio dicha media es aquella que considera la historia de los precios de liquidación al tiempo t_n , de tal forma que el cálculo del VaR para el tiempo t_n , considerará la media muestral de la serie.

$$\text{VaR}_{t_n} \sim f(\bar{X}_{t_n}) \quad (1.4)$$

Dicha media se calculará de forma que el estimador que tenga una menor desviación y que cumpla en la medida de lo posible con las anteriores propiedades de insesgamiento, menor varianza y linealidad, será, desde el enfoque estadístico, el más eficiente para determinar el VaR en el tiempo t_n .

B. Teoría Estadística y Valor en Riesgo

Formalmente el supuesto básico de los modelos de Valor en Riesgo, se fundamenta en la Teoría Estadística.

En tal sentido, se establece que cuando X es una variable aleatoria con una Función de Densidad de Probabilidad (**FDP**) $f(x;\theta)$, donde θ es el parámetro de la distribución. (Suponiendo que únicamente existe un parámetro desconocido).

El VaR supone que se conoce la FDP teórica tal como la distribución t (de Student)⁴, pero que desconoce el valor de θ . Por tanto, se toma una muestra aleatoria de tamaño N , con base en la FDP conocida, y luego se desarrolla la función de los valores muestrales de forma que:

$$\underset{\text{Estadístico o Estimador}}{\hat{\theta}} = f(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N) \quad \leftarrow \text{Estimación} \quad (1.5)$$

Es decir, que tal función proporcione una estimación del verdadero valor de θ .

⁴ La distribución t de Student asume que mediante la transformación:

$$Z = \frac{\chi - \mu}{\sigma}$$

Z_1 es una variable normal estandarizada expresada como:

$$Z_1 \sim (0, 1)$$

Mientras que otra variable sigue la distribución χ^2 (chi-cuadrado) con k grados de libertad (k g de 1) y además está independientemente distribuida de Z_1 , entonces la variable definida como:

$$t = \frac{Z_1}{\sqrt{(Z_2/k)}} = t = \frac{Z_1 \sqrt{k}}{\sqrt{Z_2}}$$

sigue la distribución t de Student con k g de 1. Una variable distribuida como t se suele designar como t_{k1} , donde k denota los grados de libertad.

A $\hat{\theta}$ se le conoce como un **estadístico** o un **estimador** y el valor numérico que tome se conoce como una **estimación**.

Cabe señalar que $\hat{\theta}$ puede considerarse como una variable aleatoria en virtud de que es una función de los datos muestrales, este estadístico proporciona una regla o fórmula que indica como puede estimarse el θ verdadero, de tal forma que:

$$\hat{\theta} = \frac{1}{N} \sum X_i = \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + \dots + x_N) = \bar{X} \quad (1.6)$$

Donde \bar{X} es la **media muestral**, por lo cual éste es un estimador de la verdadera media (μ) de toda la población. Lo anterior, en términos sencillos, no es más que un promedio de la muestra aleatoria de tamaño N.

En un caso específico donde por ejemplo, $\bar{X} = 50$, este valor es una estimación de μ , por lo que el estimador $\hat{\theta}$ obtenido se conoce como un **estimador puntual** por que provee **una sola estimación** para un punto de θ .

Derivado de lo anterior, se puede asumir que en lugar de obtener tan sólo una estimación de θ , ahora se obtendrán **dos estimaciones** de θ construyendo, para tal efecto, dos estimadores:

$$\hat{\theta}_1 = (\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N) \quad \text{y} \quad \hat{\theta}_2 = (\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N) \quad (1.7)$$

Y asumiendo cierta probabilidad (confianza) de que el intervalo entre $\hat{\theta}_1$ y $\hat{\theta}_2$ incluya el valor θ . Entonces la **estimación de intervalos**, proporciona un rango de valores posibles entre los cuales puede estar el θ verdadero.

El concepto clave que fundamenta la estimación de intervalos es la noción de *muestreo* o *distribución de probabilidad de un estimador*. En tal sentido, si una variable X esta normalmente distribuida, la media muestral \bar{X} estará normalmente distribuida con media igual a μ (la verdadera media de toda la población) y varianza σ^2/N , donde N es igual al tamaño de la muestra.

Por tanto, la distribución de probabilidad del estimador \bar{X} es:

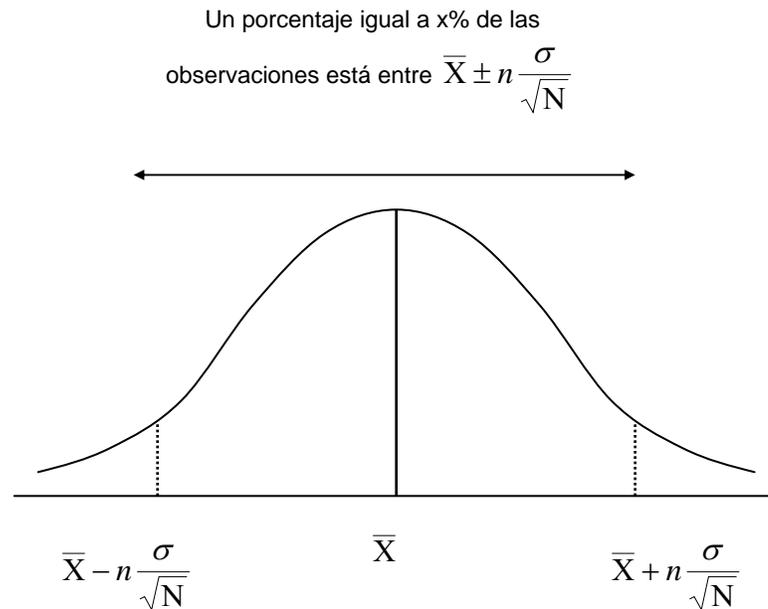
$$\bar{X} \sim N(\mu, \sigma^2/N) \quad (1.8)$$

Con base en ello, si se construye el siguiente intervalo:

$$\bar{X} \pm n \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (1.9)$$

Es decir, la media muestral **más** “ n ” veces la desviación estándar respecto de la raíz del tamaño de la muestra y la media muestral **menos** “ n ” veces la desviación estándar respecto de la raíz del tamaño de la muestra, esto implica **un intervalo alrededor de la media muestral**.⁵

⁵ Fischer Black y Myron Schooles, desarrollan su modelo de valuación de opciones a partir de la estructura de esta función de distribución normal.



Se puede concluir que la probabilidad de que intervalos como éste incluyan la μ verdadera, es igual a un porcentaje tal que permite construir un **estimador de intervalo para μ** .

Por su parte, para la determinación del supuesto básico de los modelos **VaR**, la anterior función se transforma de la siguiente manera:

$$\bar{X} \pm n \frac{\sigma}{\sqrt{t}} \tag{1.10}$$

Donde t, es el horizonte de tiempo para el cual se calculará el VaR. Asimismo, de la forma en que N se define como la muestra de la población total, t se define como la muestra del tiempo T, generalmente T se asume igual a un año, por lo cual $T = 1$ y “n” es el número de desviaciones estándar a considerar.

La determinación del intervalo antes descrito es aleatorio toda vez que esta basado en \bar{X} (media muestral) el cual cambia de una muestra a otra.

En términos más generales, en la estimación de intervalos se construyen los estimadores $\hat{\theta}_1$ y $\hat{\theta}_2$, ambos funciones de los valores muestrales de X , de forma que puede afirmarse que la probabilidad de que el intervalo $\hat{\theta}_1$ a $\hat{\theta}_2$ contenga el verdadero θ , es de $1 - \alpha$.

$$PR\left(\hat{\theta}_1 \leq \theta \leq \hat{\theta}_2\right) = 1 - \alpha \quad (1.11)$$

donde: $0 < \alpha < 1$

Este intervalo se conoce como un **intervalo de confianza** de tamaño $1 - \alpha$ por θ ; donde $1 - \alpha$ se conoce como el **coeficiente de confianza**. Si $\alpha = 0.05$, entonces $1 - \alpha \approx 0.95$, lo cual significa que si se construye un intervalo de confianza con un coeficiente de confianza del 0.95, después de haber tomado varias muestras en forma repetitiva, se tendrá que en 95 de cada 100 veces el intervalo contendrá el valor verdadero de θ . Cuando el coeficiente de confianza es de 0.95 se dice que existe un intervalo de confianza del 95%. En general si el coeficiente de confianza es $1 - \alpha$ se dice que existe un intervalo de confianza $100 \times (1 - \alpha)$ por ciento. **Este es el supuesto básico de los modelos de Valor en Riesgo.**

Con base en lo anterior, y según el modelo en estudio, se obtiene un vector de VaR del tiempo t_0 al tiempo t_n . Dicha serie se ordenan de la menor a la mayor pérdida y , de acuerdo al intervalo de confianza especificado, número de observaciones y horizonte de tiempo se establece el VaR a comparar con la pérdida observada para el tiempo t_{n+1} .

CAPITULO II

BACKTESTING Y VALOR EN RIESGO

REVISIÓN DE INVESTIGACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES

A. Revisión de la literatura más recientes a nivel internacional sobre Backtesting aplicado a modelos de Valor en Riesgo

En este capítulo se revisan una serie investigaciones en materia de Valor en Riesgo y *Backtesting*. Se indica qué es lo que se propone en cada investigación, la forma en que el investigador realizó las pruebas o aplicó su método, los resultados encontrados, en su caso, las líneas de investigación que deja pendientes y se explica cual es la diferencia entre dichos trabajos y la presente investigación.

En este sentido, Campbell (2005)⁵, revisa un conjunto de pruebas "Backtest" en las que se examina qué tan adecuadas son las medidas de Valor en Riesgo. En su investigación, señala el actual marco regulatorio de la Reserva Federal de los Estados Unidos⁶ (FED por sus siglas en inglés), basado en el **enfoque del "semáforo"** en el que existen tres niveles de precisión. Considera una muestra de 250 observaciones y establece el número de veces que se violó el VaR reportado en donde el factor St que determina el número de violaciones, se encuentra en uno de los siguientes intervalos:

$$\begin{array}{llll} \text{Verde:} & St & 3.0 & \text{si } N < 4 \\ \text{Amarillo:} & St & 3.0+0.2(N-4) & \text{si } 5 \leq N < 9 \\ \text{Rojo:} & St & 4.0 & \text{si } 10 \leq N \end{array} \quad (2.1)$$

Donde "N" es el número de violaciones que fue observada en el VaR.

⁵ Campbell, Sean, 2005.

⁶ La investigación de Campbell forma parte de los trabajos desarrollados por la Divisions of Research & Statistics and Monetary Affairs, Finance and Economics Discussion Series, Federal Reserve Board, Washington D.C.

Campbell, revisa los procedimientos backtesting desde el enfoque estadístico así como del enfoque de administración de riesgos. Además, define las **propiedades de la cobertura incondicional así como las de independencia** y analiza la relación de estas con los procedimientos *backtesting*.

De esta forma, los procedimientos backtesting son clasificados de acuerdo a la forma en que examinan la propiedad de cobertura incondicional, la propiedad de independencia o ambas propiedades del VaR. Asimismo, analiza las pruebas backtesting que examinan la precisión de un modelo VaR en múltiples quintiles, además de examinar las pruebas de *backtest* basadas en una función de pérdida pre especificada.

El poder de las propiedades estadísticas de estas pruebas se examina en un experimento de simulación. Campbell establece que la mayoría de las pruebas VaR se basan en considerar el evento en el que la pérdida observada en un portafolio excede el VaR reportado, $VaR_t(\alpha)$. Indicando la utilidad o pérdida del portafolio sobre un intervalo de tiempo fijo, por ejemplo diario, de forma que $x_{t, t+1}$, entonces se define que cuando en una fecha el VaR observado es superior al VaR reportado, se presenta un “golpe” o violación del VaR. La función para definir dicho golpe es la siguiente:

$$I_{t+1} = \begin{cases} 1 & \text{si } X_{t,t+1} \leq -VaR_t(\alpha) \\ 0 & \text{si } X_{t,t+1} > -VaR_t(\alpha) \end{cases} \quad (2.2)$$

Esto es similar al uso de las variables dummy en modelos econométricos para capturar eventos no estadísticos, aunque su uso e interpretación es muy diferente, en tanto que en un modelo econométrico se mide si dicha variable es estadísticamente significativa o no, en este caso únicamente es un indicador que

señala si ocurrió un evento fuera de un intervalo de confianza, sin considerar ningún otro tipo de prueba estadística.

De esta forma, la función de “secuencias de golpe” $[0,0,1,0,0,\dots,1]$, lleva la cuenta de la historia que indica en dónde ha ocurrido una pérdida que excede el monto estimado por el VaR. En relación a este enfoque del “golpe” o violación del VaR, Christoffersen (2003)⁷ señala que el problema para determinar la exactitud de un Modelo VaR puede ser reducida al problema de establecer donde “el golpe” satisface dos propiedades:

a) Propiedad de Cobertura Incondicional⁸

La probabilidad de realizar una pérdida superior a la estimada por el VaR, debe ser precisamente $\alpha \times 100\%$ o bien, en términos de la función de “golpe” se define como $\Pr (I_{1+\alpha}(\alpha) = 1) = \alpha$. Si este fuera el caso de que las pérdidas en exceso al VaR ocurren de forma más frecuente que $\alpha \times 100\%$, entonces esto podría sugerir que la medida de VaR reportada sistemáticamente subestima el actual nivel de riesgo del portafolio. De forma inversa, Campbell, sugiere que encontrar muy pocas violaciones del VaR podría alternativamente ser una señal de una medida de VaR demasiado conservadora (intervalo de confianza muy elevado).

b) Propiedad de independencia

Mientras que la propiedad de cobertura incondicional establece una restricción sobre la frecuencia de las violaciones al VaR, la propiedad de independencia establece una restricción más fuerte sobre la forma en que estas violaciones pueden ocurrir. Específicamente, se refiere a que dos elementos cualquiera de la

⁷ Christoffersen Peter, 2003.

⁸ En términos estadísticos una probabilidad condicional, se refiere a la probabilidad de que suceda el evento B dado que ha sucedido el evento A, en tal sentido se puede denotar como $P(B/A)$. En contraparte, la probabilidad incondicional implica independencia estadística en los eventos, es decir es la probabilidad “simple” de que se presente un evento.

secuencia que violen el VaR, $(I_{t+j}(\alpha), I_{t+k}(\alpha))$ deben ser independientes uno de otro.

De forma intuitiva, esta condición requiere que no se “transmita” ninguna información sobre la historia previa de las violaciones del VaR $\{\dots, I_{t-1}(\alpha), I_t(\alpha)\}$ al evento sucesivo, que pueda sugerir si podrá o no ocurrir una violación al VaR $I_{t-1}(\alpha) = 1$. Campbell señala que un modelo VaR que resulta en una serie de violaciones predecibles, implica que el modelo VaR subyacente no reacciona lo suficientemente rápido para ajustarse a las condiciones del mercado.

Campbell concluye que cuando estas dos propiedades de violaciones a la serie del VaR se cumplen de forma simultánea, entonces la serie que incluye las violaciones al VaR se encuentre idéntica e independientemente distribuida como una variable aleatoria Bernoulli con probabilidad (α) . Asimismo, considera que para verificar la precisión de los modelos de riesgo interno utilizados para establecer los requerimientos de capital con base en el riesgo mercado es necesario realizar pruebas de *backtesting*. El actual marco regulatorio de la FED utiliza el enfoque de “semáforo” como prueba de *backtesting* la cual se relaciona con la prueba de proporción de fallas de Kupiec’s (1995)⁹. Campbell logra definir las propiedades fundamentales respecto de la precisión de un modelo VaR en cuanto al enfoque de independencia y cobertura incondicional. El resultado del experimento de simulación sugiere que el poder estadístico de las ganancias moderadas en comparación con el poder de una prueba que sólo examina el 1er punto porcentual puede alcanzarse al examinar un mayor porcentaje, además del primer punto porcentual (99%). Campbell concluye que las pruebas de *backtesting* que examinan múltiples porcentajes son más exitosas en identificar modelos VaR imprecisos en presencia de un reporte de riesgo sistemático.

⁹ Kupiec P.H., 1995.

Por otra parte, Hass (2005)¹⁰ considerando la investigación desarrollada por Christofer y Pelletier (2003)¹¹, propone un enfoque basado en la duración. Su método permite probar tanto la cobertura condicional e incondicional contra alternativas absolutamente generales. A pesar de la naturaleza discreta del problema, Hass utiliza la distribución continua de Weibull al poner en práctica su método, no obstante, emplea las contrapartes discretas de este modelo.

Hass considera que el concepto del valor en riesgo (VaR) ha emergido como una de las medidas más prominentes del riesgo de mercado (véase, Jorion 2000) y señala que el VaR se puede definir en términos del “quintil” condicional de la distribución del rendimiento del portafolio para un horizonte dado (típicamente un día o una semana) y una probabilidad dada de la pérdida (elegida típicamente entre el 1% y el 5%). A la luz de la importancia práctica del concepto del VaR, tanto los reguladores como los administradores de riesgo se preocupan por la evaluación, o el *backtesting*, de los modelos del VaR utilizados por las instituciones financieras.

Hass plantea que al considerar una serie de tiempo del rendimiento de un portafolio, rt y de una serie asociada de pronósticos anteriores del VaR con la probabilidad objetivo igual a p , $VaR_t(p)$ el $VaR_t(p)$ implícito en un modelo M se define de la siguiente forma:

$$\Pr^M_{t-1}(rt < -VaR_t(p)) = p \quad (2.3)$$

Donde \Pr^M_{t-1} denota una probabilidad a partir del modelo M utilizando la información hasta el tiempo $t-1$. El signo negativo antepuesto al VaR, se debe a la convención de reportar el VaR como un número positivo.

¹⁰ Hass Markus, 2005.

¹¹ Op. Cit.

Una violación o un “golpe” se dice que ocurre en el tiempo t si $r_t < -VaR_t(p)$, por ejemplo, cuando la pérdida del portafolio excede el VaR. La mayoría de los procedimientos *backtesting* se basan en la secuencia binaria:

$$I_t = \begin{cases} 1, & \text{si } -r_t < -VAR_T \\ 0, & \text{si } -r_t > -VAR_T \end{cases} \quad (2.4)$$

Según la prueba de estrés de Christoffersen (1998), un método *backtesting* satisfactorio debe poder detectar ambas desviaciones de la probabilidad nominal incondicional de la pérdida p , así como la violación del clustering o agrupamiento. Por ejemplo, un pronóstico VaR que no puede explicar una dinámica de orden superior en la densidad del rendimiento (eg., los efectos del ARCH) puede estar correcto en promedio (es decir que tenga probabilidad incondicional p de la pérdida), pero en cualquier período dado tendrá una violación incorrecta de la probabilidad, produciendo una violación del agrupamiento (clustering).

El enfoque discreto tiene dos ventajas. Primero, los parámetros tienen una interpretación bien definida en términos de administración del riesgo, por otra parte, y de forma más importante, las simulaciones indican que el modelo discreto tiene características más poderosas que el enfoque continuo. La distribución discreta de Weibull no es muy conocida en la literatura de administración de riesgos, por ello Hass analiza sus características y la relevancia para el *backtesting*.

El documento investiga la fortaleza de las características de las propiedades tanto de las distribuciones continuas y discretas en el marco de un pronóstico VaR - *Backtesting* basado en la duración (duration) que recientemente fue propuesto por Christoffersen y Pelletier (2003). Sin embargo, mientras que estos autores sugirieron el uso de la distribución continua de Weibull, Hass propone el uso de sus contrapartes discretas, que ha sido definido por Nakagawa y Osaki (1975)¹².

¹² Nakagawa y Osaka, 1975.

Las características de esta distribución se han discutido a tal grado que han resultado ser relevantes para el *backtesting*.

Para comparar las características estadísticas de las pruebas basadas en el modelo discreto de por vida con aquellas en las que se usaba la densidad continua, se adoptó el marco de la simulación de Christoffersen y Pelletier (2003).

Los resultados demuestran que la distribución discreta tiene poderes superiores para detectar la violación del agrupamiento (clustering) para los pronósticos del VaR generados por el método histórico de la simulación, además de mejorar la dependencia del VaR con el tamaño de la muestra del *Backtesting*.

Sin embargo, un resultado importante - también divulgado por Christoffersen y Pelletier (2003) es que estas pruebas generalmente tienen una muy baja capacidad si se utiliza un nivel del VaR del 1% en combinación con tamaños de muestra *backtesting* realistas. Si este hallazgo se considera correcto, la combinación del enfoque basado en la duración propuesto por Christoffersen y Pelletier (2003) con la distribución discreta de Weibull, discutida en ese punto, resulta un método intuitivamente atractivo y poderoso para el *backtesting* condicional de los pronósticos de valor en riesgo.

En otra investigación, Escanciano y Olmo (2007)¹³ muestran que el uso de procedimientos estándar *backtesting* incondicionales para evaluar modelos VaR es completamente engañoso, toda vez que estas pruebas no consideran el impacto de la estimación de riesgo y, por tanto, utilizan valores críticos erróneos para valuar el riesgo de mercado.

Escanciano y Olmo, tienen como propósito cuantificar las estimaciones de riesgo en una clase muy general de modelos VaR dinámico – paramétricos y de esta

¹³ Escanciano Juan Carlos y Olmo José, 2007.

forma corregir los procedimientos *backtesting* estándar para estar en posibilidad de proveer una inferencia válida en el análisis de especificación del modelo *backtesting*. Para lo anterior utilizan un estudio Monte Carlo mediante el cual ilustran sus hallazgos teóricos en muestras finitas. Asimismo, aplican su enfoque sobre el S&P500 Index y muestran la importancia de esta corrección y su impacto sobre los requerimientos de capital impuestos por el Acuerdo de Basilea II, así como la opción de aplicar modelos paramétricos dinámicos para la administración del riesgo.

La implementación de técnicas de administración de riesgos derivadas de los acuerdos de Basilea se encuentran en el centro de una discusión entre los bancos Europeos - Reguladores y sus contrapartes en Estados Unidos. Mientras que las instituciones Europeas ven con buenos ojos este nuevo marco regulatorio, los reguladores en Estados Unidos son más conservadores acerca del éxito de estas medidas de riesgo. Los norteamericanos argumentan que los Acuerdos de Basilea se basan muy fuertemente en los modelos internos de cada banco y pretenden proponer un número adicional de salvaguardas para mantener los requerimientos de capital elevados.

Los Acuerdos de Basilea y Basilea II proponen utilizar técnicas de *backtesting* para evaluar la precisión y confiabilidad de los modelos de administración de riesgo interno, generalmente en el marco del Valor en Riesgo, y establecen diferentes áreas de riesgo para las instituciones que fracasan en reportar modelos de riesgo válidos.

Una correcta especificación de la técnica de *backtesting* empleada es de suprema importancia para la confiabilidad del monitoreo en su conjunto de los procesos internos y externos. Concluyen que las pruebas incondicionales estándar de *backtesting* utilizadas por los bancos y reguladores para evaluar las estimaciones del VaR paramétrico son “engañosas”. Escanciano y Olmo señalan que cualquier

conclusión respecto de la validez de estos modelos de riesgo basados sobre procedimientos *backtesting* estándar podría ser falsa.

Esto se debe a que el punto de "corte" que determina la validez del modelo de administración de riesgo es erróneo. Sin embargo, el punto de corte apropiado se obtiene al corregir la varianza en la prueba estadística relevante. La importancia de su "corrección" la prueban en una aplicación empírica sobre rendimientos financieros del S&P500 Index. El resultado es que los procedimientos estándar *backtesting* fallan en reportar avisos de zonas rojas que representan dramáticas implicaciones sobre requerimientos extra de capital para las instituciones financieras.

En el modelo ARMA (1,1) – GARCH (1,1) con una distribución t_{10} , el error se comporta mucho mejor al utilizar una administración dinámica del riesgo en lugar de la distribución normal y como un resultado Escanciano y Olmo concluyen que la raíz cuadrada del tiempo para registrar medidas de riesgo para intervalos de tiempo mayores a un día debe ser aplicada con mucha precaución o incluso rechazada.

Los hallazgos de Escanciano y Olmo, sustentan el escepticismo de los reguladores Norteamericanos acerca de la implementación de las técnicas de monitoreo y cuantificación de riesgos contemplados en Basilea II y podrían ayudar a restaurar la confianza en los sistemas internos de administración de riesgos validados por este procedimiento para corrección del *backtesting*. A partir de su investigación sobre la estimación del riesgo *backtesting*, los métodos estándar para un *backtesting* condicional (prueba que busca establecer si existe dependencia serial en una secuencia de valores "excedentes" al VaR estimado) se encuentran libres de este efecto. En el caso del método de simulación histórica del VaR que es ampliamente utilizado, el uso de un *backtesting* incondicional no es apropiado para discriminar entre los modelos que están especificados de forma

correcta y aquellos que no lo están, toda vez que no cuentan con poder estadístico en comparación con la técnica de VaR propuesta por Escanciano y Olmo.

Por su parte, Angelidis y Degiannakis (2007a)¹⁴ proponen un procedimiento *backtesting* “en dos etapas” para seleccionar un modelo y no solamente pronósticos de VaR, pero también pronostican las pérdidas más allá del VaR. Su primer paso es establecer el conjunto total de modelos a evaluar, posteriormente la primer etapa de evaluación analiza las hipótesis de cobertura incondicional e independencia, la segunda etapa evalúa la pérdida esperada (ES, Expected Shortfall por sus siglas en inglés) con base en una función de pérdida.

Con la estimación de un número considerable de modelos de volatilidad condicional capturan las principales características de los rendimientos de los activos (distribución asimétrica y distribución leptocúrtica¹⁵ incondicional de los rendimientos, poder de transformación e integración fraccional de la varianza condicional) y consideran algunos supuestos de distribución (normal, T de Student y T de Student sesgada). Con base en esto, el objetivo es hallar el mejor modelo para tres mercados financieros con posiciones cortas y largas y dos intervalos de confianza.

Mediante el uso de un procedimiento *backtesting* combinado en dos etapas, se examina el rendimiento de las técnicas más recientes de administración de riesgos. Al igual que Escanciano y Olmo (2007), el análisis se realiza sobre el S&P500 Index, Oro (commodity) y la paridad Dólar / Libra esterlina. Sobre estas series¹⁶ calculan el VaR y la pérdida esperada (ES) con intervalos de confianza del 95% al 99% y para dos posiciones (corta y larga). De esta forma Angelidis y Degiannakis logran determinar en qué puntos los modelos pronostican de forma precisa el

¹⁴ Angelidis Timotheos y Degiannakis Stavros, 2007a.

¹⁵ Leptokurtosis: colas pesadas en la distribución.

¹⁶ Op. Cit.

número esperado de violaciones, asimismo establecen que es posible generar violaciones al VaR independientes y, por tanto, predecir la pérdida esperada.

Mediante la aplicación del método en dos etapas, el administrador de riesgo puede reducir de forma significativa el número de modelos que predicen de forma precisa tanto el VaR como las pérdidas esperadas. Asimismo, es importante considerar que se debe tomar en cuenta un procedimiento depurado para una exploración exhaustiva de los datos, antes de establecer alguna conclusión legítima de las diferencias estadísticas entre los modelos VaR en estudio. Cabe señalar que la reducción de los modelos bajo estudio se logra debido a la evaluación que realizaron en dos etapas. Para la primer etapa, se implementó el marco desarrollado por Kupiec (1995)¹⁷ y Christofersen (1998)¹⁸ y en la segunda etapa, se aplicó la prueba de hipótesis de Habilidad de Pronóstico Superior (SPA por sus siglas en inglés) desarrollada por Hansen (2005)¹⁹. Encuentran que diferentes modelos de volatilidad tienen diferente precisión en el pronóstico del VaR de la PE (ES). De esta forma al analizar diferentes modelos se logran pronósticos precisos para la PE y el VaR.

En otra investigación Angelidis y Degiannakis (2007b)²⁰ se investiga la precisión de los métodos paramétricos, semiparamétricos y no paramétricos en cuanto a su capacidad para predecir el Valor en Riesgo con un horizonte de un día para tres tipos de mercados: acciones, tipos de cambio y commodities, en cada caso el análisis se realiza para posiciones cortas y largas. El método para analizar las técnicas de administración de riesgo está diseñado para capturar las principales características del rendimiento de los activos, tales como la leptokurtosis y la distribución asimétrica, la volatilidad en grupos, la relación asimétrica entre los

¹⁷ Op. Cit.

¹⁸ Christofersen, Peter, 1998.

¹⁹ Hansen P.R., 2005.

²⁰ Angelidis, Timotheos / Degiannakis, Stavros, 2007b. Este documento se obtuvo directamente de los investigadores del Departamento de Economía de la Universidad Peloponense, en Grecia vía correo electrónico, de fecha 3 de julio de 2007.

rendimientos de las acciones y su varianza condicional y el poder de transformación de la varianza condicional.

Con base en pruebas *backtesting* y un método de evaluación de la función de pérdida esperada, encuentran que el modelado de las principales características del rendimiento de los activos produce el pronóstico más preciso del VaR. Cuando se consideran intervalos de confianza especialmente elevados, el administrador de riesgos debe emplear diferentes técnicas para evaluar la volatilidad a fin de pronosticar de forma precisa el VaR para ambas posiciones corta y larga.

A diferencia de Campbell (2005), quien trata de medir la efectividad de los procedimientos *backtesting*, la presente investigación no utiliza diversos enfoques de *backtesting* si no que utiliza uno sólo de ellos para medir el riesgo de diferentes modelos VaR. A diferencia de lo señalado por Campbell, en cuanto al “rezago” con el que un modelo VaR reacciona, la tesis aborda esta problemática con la incorporación del factor lambda (λ) propuesto por De Lara (2003)²¹, conocido como *decay factor* en la determinación del VaR, el cual es una especie de ponderador que da mayor peso a las volatilidades más recientes.

Es importante señalar que el *time decay factor*²², es un concepto aplicado al cálculo de volatilidades. Su principal aplicación es sobre la volatilidad para valuación de opciones, toda vez que por la naturaleza de estos instrumentos el valor de la opción tiende a reducirse conforme se acerca o varía la fecha de ejercicio, es decir, mide la sensibilidad del precio de la opción ante un cambio en la fecha de vencimiento. Este efecto se estudia mediante la aplicación de la griega Theta (t).

²¹ De Lara Haro, A., 2003.

²² En la literatura sobre instrumentos derivados, existen grandes referencias sobre la aplicación de la griega Theta y la forma de incorporar el decay factor al cálculo de la volatilidad.

Campbell no sugiere cómo demostrar que existe independencia estadística en las violaciones del VaR, esto sería un análisis análogo a la autocorrelación en los términos de error en un modelo econométrico. Campbell no profundiza en la medición del riesgo modelo, más bien evalúa qué procedimiento *backtesting* pronostica de mejor forma el riesgo default.

Por lo que se refiere a la investigación de Hass (2005), este no aborda el tema del cumplimiento simultáneo de la prueba de cobertura incondicional e independencia en conjunto. Hass considera un ejercicio sobre series de tiempo distintas a la que se va a estudiar en la presente Tesis, por lo que el enfoque y conclusiones pueden diferir notablemente para el caso mexicano, (Futuros sobre CETES).

Al igual que en las investigaciones anteriores, Escanciano y Olmo (2007) se enfocan sobre la técnica *backtesting* para evaluar el VaR, dejando pendiente una combinación entre calibración del modelo VaR y la técnica *backtesting*. A diferencia de lo propuesto por Escanciano y Olmo la tesis sólo se enfocará a medir horizontes de pérdida de un día, en tanto que el autor profundiza en el estudio de intervalos mayores a un día.

Mientras que Escanciano y Olmo (2007) se enfocan a calibrar el modelo *backtesting*, la Tesis se orienta a evaluar cuál de los modelos VaR es el que mejor “pasa” la prueba de no violación del VaR reportado, y su posible calibración para que el modelo pase la prueba del backtest mediante la incorporación de un factor lambda, ponderador de la volatilidad, siguiendo lo propuesto por De Lara (2003).

Por su parte, Angelidis y Degiannakis (2007a)²³ aparentemente no se enfocan a “afinar” el modelo para establecer el nivel de VaR adecuado, si no que el modelo o modelos utilizados simplemente son puestos a prueba, sin precisar en la forma de “ajustarlos”. A diferencia de lo analizado por estos investigadores, la Tesis aborda

²³ Op. Cit. “a”.

el tema de la precisión de un modelo VaR tradicional y se enfoca en un modelo propuesto para “ponderar” las volatilidades más recientes con mayor peso y las más lejanas con un menor peso. Angelidis y Degiannakis abordan las propiedades estadísticas de los modelos sin profundizar en afinarlos. La hipótesis propuesta en la Tesis podría sugerir que la aplicación de un factor dinámico de volatilidad a los modelos en estudio, permitirá un mejor “ajuste” entre el Valor en Riesgo *observado* con las pérdidas y/o ganancias *reales*, cuya aceptación o rechazo, se demostrará con una técnica *backtesting*.

En su segunda investigación, Angelidis y Degiannakis (2007b)²⁴ no abordan el problema de las propiedades de cobertura incondicional e independencia en las violaciones del VaR. De esta forma, la tesis se enfoca en utilizar un modelo *backtesting* propio en el que se analizan las violaciones al VaR, pero lo que se “afina” es el modelo para pronosticar el VaR y no el modelo *backtesting*.

En la tesis se desarrolla una ponderación de la volatilidad en donde el factor w_i ²⁵ tiene más peso en los datos recientes de volatilidad. De esta forma se afina el modelo VaR y no el modelo *backtesting*.

B. Revisión de la literatura más recientes a nivel nacional sobre Backtesting aplicado a modelos de Valor en Riesgo

Es importante señalar que a pesar de que la aplicación del factor lambda (decay factor), si ha sido aplicado a modelos VaR, en la revisión de las investigaciones del caso mexicano y en particular, las investigaciones publicadas por el Mexder, no fue posible localizar alguna trabajo que estudie de forma específica y concreta el efecto de un factor lambda en la afinación de los modelos VaR para evaluar el riesgo modelo implícito de los futuros sobre CETES que son operados en el Mexder.

²⁴ Op. Cit. “b”

²⁵ Ponderador W de la volatilidad i en la serie analizada.

Las investigaciones que han sido desarrolladas para el caso mexicano abordan el estudio desde enfoques distintos al que se desarrollará en la presente investigación. Al respecto, Benavides (2007)²⁶ desarrolla un estudio de los procesos GARCH en modelos de Valor en Riesgo, desde un análisis empírico de los futuros sobre tasas de interés.

Benavides (2007), utiliza procesos GARCH para estimar el Valor en Riesgo (VaR) de un portafolio hipotético de futuros de tasas de interés. Señala que los modelos GARCH tienden a sobreestimar el VaR debido a que capturan la persistencia en la volatilidad. El principal objetivo de la investigación de Benavides (2007) es poner a prueba si los modelos GARCH en realidad sobreestiman el VaR.

El análisis se lleva a cabo para diferentes horizontes en el tiempo para el activo previamente mencionado, el cual tiene negociación en el Mercado Mexicano de Derivados (Mexder). Para analizar el VaR con horizontes de tiempo de más de un día de negociación (trading day) estima densidades del mundo real con procesos GARCH y simulaciones Bootstrapping.

Benavides concluye que los resultados muestran que los modelos GARCH son relativamente certeros para horizontes de un día de negociación. Sin embargo, la volatilidad persistente capturada por este tipo de modelos se refleja con estimados de VaR relativamente altos para horizontes de tiempo mayores (Ej. de diez días de negociación ó más).

En términos de análisis de riesgos lo anterior es considerado subóptimo ya que cantidades innecesarias de capital tendrían que destinarse para cubrir los requerimientos mínimos de capital en riesgo (Minimum Capital Risk Requirements). Lo anterior para una posición (corta ó larga) en un portafolio de futuros de tasas de

²⁶ Benavides Guillermo, 2007.

interés. Los métodos aquí explicados pueden servir para pronosticar tasas de interés, ya que estas se estiman a través de estimaciones de densidades del mundo real. La investigación realizada por Benavides (2007) tiene implicaciones para bancos centrales, ya que se obtienen predicciones de distribuciones de tasas de interés y se analizan estimaciones de VaR. Esto último es relevante para un banco central considerando su función de supervisor financiero.

Benavides, investiga sobre la determinación del VaR óptimo mediante proceso de pronóstico de corto plazo de tasas mediante modelos GARCH, comparando horizontes de tiempo de uno a diez días o más, en cambio, la presente Tesis, si bien aborda el problema del VaR óptimo, lo hace para un periodo de un día de horizonte de tiempo y en lugar de pronosticar los precios, realiza un análisis de la historia mediante un backtesting.

Por su parte, De Alba (2007)²⁷ realiza un análisis actuarial desde el enfoque Bayesiano²⁸ definido como Claim Reserving (requerimiento de reservas), aplicado a modelos de Valor en Riesgo, seguros, inferencia Bayesiana y simulación por Monte Carlo. Es decir, su campo de estudio es la determinación de la “reserva óptima” mediante la aplicación de modelos Bayesianos.

El paper realiza una revisión breve de la historia del uso de métodos Bayesianos en el campo de la investigación actuarial. La investigación de De Alba (2007), trata de establecer un marco de referencia de este tipo de investigaciones. Asimismo, describe en términos generales los modelos Bayesianos, enfatizando sus principales ventajas, entre ellas: a) Permiten al investigador (actuario) incorporar información previa a la muestra de estudio y; b) Se utilizan distribuciones completas para este tipo de análisis. En tal sentido, se presentan algunos ejemplos del uso del enfoque Bayesiano Claim Reservign.

²⁷ De Alba, Enrique, 2007.

²⁸ Es importante recordar que el fundamento de la teoría Bayesiana, es el estudio y aplicación de la probabilidad condicional.

De Alba (2007), señala que a la fecha, la metodología Bayesiana es utilizada en diversas áreas con enfoque actuarial, entre ellas la generación de reservas para cubrir pérdidas, en tal sentido, las primeras aplicaciones explícitas de métodos Bayesianos para realizar estimaciones pueden encontrarse en autores como Jewell (1989)²⁹, aunque pueden encontrarse algunas aplicaciones implícitas de métodos Bayesianos para la determinación de reservas mediante la aplicación de métodos estadísticos desarrollados para dicho propósito.

Los métodos de requerimiento de reservas generalmente son clasificados en estocásticos y no estocásticos (determinísticos), dependiendo que si estos permiten o no una variación aleatoria. De Alba (2007) considera que los métodos Bayesianos permiten al actuario llevar a cabo inferencia estadística de estimación del nivel de reservas al tiempo que se oponen a los modelos determinísticos. Como proceso de inferencia, el enfoque Bayesiano es una alternativa a la inferencia estadística clásica tradicional.

De Alba considera que los métodos Bayesianos tienen algunas características que los hacen particularmente atractivos para el uso de la práctica actuarial, específicamente en la determinación del requerimiento de reservas.

Primero, permiten al actuario incorporar formalmente información previa a la muestra de estudio, práctica muy frecuentemente en el campo de la actuaría. En segundo lugar, De alba (2007) considera que la ventaja de utilizar modelos Bayesianos es que el análisis siempre se realiza a través de la distribución de probabilidad completa de las cantidades o valores a estudiar, tanto en los parámetros como en los valores futuros de la variable aleatoria.

²⁹ Jewell, W.S, 1989.

El autor concluye que sorprendentemente, dichos métodos son poco utilizados en el campo de requerimiento de reservas, estudio análogo a la determinación del Valor en Riesgo. De Alba, señala que la ciencia actuarial es un campo donde la comprensión adecuada y el conocimiento de la distribución completa de la variable de estudio son esenciales. Adicionalmente a los valores esperados, generalmente se buscan ciertas características de las distribuciones de probabilidad de modelos tales como “probabilidad de ruina”, “valores extremos”, “Valor en Riesgo VaR” y muchos otros.

El estudio de las propiedades de los modelos Bayesianos aplicados a la determinación de reservas, entre ellas los modelos VaR, es el objeto de la investigación de De Alba (2007), a diferencia de la presente investigación, no se realizará un comparativo con otras ramas de la estadística, si no que se aplicarán los modelos y fundamentos de VaR para determinar el monto “óptimo” mediante la incorporación del ponderador de volatilidad – tiempo, comparando ambos enfoques mediante una técnica de Backtesting.

En fechas recientes es cuando están apareciendo estudios estadísticos y actuariales sobre los diferentes instrumentos derivados que son operados en el MEXDER, esto en parte tiene su explicación en virtud de que la información comienza a ser la suficiente como para poder realizar un estudio estadístico y se encuentra a disponibilidad del público en general, a inicios de operación del MEXDER, no existía la información suficiente como para realizar tales investigaciones.

Se considera factible desarrollar un análisis en el que se combinen ambos enfoques, es decir mediante la afinación tanto de los modelos VaR en estudio como de la técnica o técnicas *backtesting* empleadas para evaluar el riesgo modelo, con ello podría lograrse un mayor nivel de precisión en el pronóstico del VaR.

En la presente investigación no se “afinarán” el modelo Backtesting empleado, únicamente se enfocará a la “calibración” de los modelos VaR.

Por otra parte, es importante considerar que la necesidad de que las diversas instituciones y organismos reguladores surgen con el rompimiento del patrón oro – dólar a principios de los años setenta por el presidente Nixon, periodo a partir del cual se presenta el auge tanto de los mercados de divisas y así como la necesidad de establecer mecanismos de cobertura ante el surgimiento de la volatilidad de las monedas frente al dólar.

Al respecto Correa Vazquez (2000), señala que: “La liberalización y la desregulación financieras son procesos presentes en la economía mundial en el período posterior a Bretton Woods que modifican profundamente las estructuras financieras, las condiciones de financiamiento de la inversión y el reparto de la riqueza mundial. El insuficiente crecimiento económico en los años ochenta y noventa, junto con la creciente fragilidad financiera, han conducido a los mercados a la innovación financiera y a la reestructuración institucional con el fin tanto de elevar la cobertura contra los riesgos y la rentabilidad de los activos financieros, cuanto de enfrentar la competencia incrementada y proveerse de liquidez incluso en condiciones adversas de mercado.”³⁰

Asimismo, otra de las razones por las que el control del riesgo se hace necesario en el mercado de productos derivados, es por el tamaño del mismo. Correa Vazquez (2000)³¹, considera que el mercado más dinámico de los años noventa ha sido el de productos derivados, señalando que a fines de 1998, el Banco de Pagos Internacionales (BPI) calculó en 72 billones de dólares el monto de las operaciones privadas (over-the-counter, OTC) y en 13.5 billones las del mercado organizado. En estas últimas, Estados Unidos es el primero, con 7.3 billones, seguido de Europa, con 4.4 billones, y Asia, con 1.8 billones.¹¹

³⁰ Correa Vázquez, María Eugenia (2000).

³¹ Ibid.

En este sentido, Correa Vázquez³², considera que el incremento en el volumen de operación, necesariamente ha tenido que estar acompañado de una modernización en los procesos de regulación de riesgos, al tiempo que resulta evidente la preocupación sobre la solvencia de los sectores bancarios y la evaluación de su vulnerabilidad, después de más de 130 crisis bancarias en los últimos años y la expectativa de otras más en los años por venir. En virtud de que éstas se atribuyen principalmente a la **debilidad de los marcos supervisores y normativos contables**, las acciones se encaminan a la transparencia y la estandarización contables. Sin embargo, Correa Vázquez indica que entre aquellas de mayor trascendencia se encuentra el Programa de Evaluación del Sector Financiero (Financial Sector Assessment Program, FSAP), creado por el Comité de Vinculación Banco-Fondo sobre el Sector Financiero (Bank-Fund Financial Sector Liaison Committee, FSLC), que a su vez fue establecido por el FMI y el Banco Mundial. Para el año 2000, dicho programa ya se aplicaba de manera piloto en 12 países e incluía, entre otras cuestiones:

- 1) Desarrollar indicadores de solvencia y manejo prudencial de las instituciones financieras, así como indicadores del sector corporativo para prevenir burbujas en el mercado accionario.
- 2) Identificar fortalezas y debilidades en los mercados financieros, en la estructura, **eficiencia** y liquidez en **los mercados de dinero y capitales**, así como en los mercados de divisas y deuda.
- 3) Identificar las **políticas de préstamo** de los bancos centrales, incluyendo sus actividades como prestamistas de última instancia y proveedores contingentes de liquidez.
- 4) Revisar y evaluar los sistemas de pagos, incluidos los **procedimientos de administración de riesgos**.
- 5) **Reformar el marco legal, la regulación prudencial y la supervisión, para la observancia de estándares y buenas prácticas.**

³² Ibidem.

- 6) Adecuar las políticas, la regulación y el marco supervisor de las instituciones financieras, incluyendo la aplicación de los **principios de capitalización adecuada recomendados por el Comité de Basilea**.
- 7) Adhesión a los estándares internacionales en políticas monetaria y financiera, así como en materias contable y de información.
- 8) Acuerdos para administrar crisis con redes de seguridad financiera, desarrollos para la liquidación de bancos y de programas de seguro de depósitos y otras garantías.
- 9) **Fórmulas para evaluar la vulnerabilidad estructural sustantiva y las desviaciones de las buenas prácticas para minimizar los riesgos sistémicos**³³ mediante un programa de reformas al sistema financiero, incluyendo su secuencia y las necesidades de asistencia técnica.²⁷ Asimismo, se instrumentan sistemas de monitoreo de la deuda privada de corto plazo y también de las líneas interbancarias (este último ya está vigente en Argentina, Brasil, Ecuador, Indonesia, Corea, México, Filipinas, Tailandia y Turquía).

Como puede observarse, en México y el mundo se ha estudiado desde diversos enfoques la cuestión del riesgo en sus distintos ámbitos. En las investigaciones presentadas en el presente capítulo, se observa como se ha abordado este tema desde diversas áreas del conocimiento: estadístico – matemático, la investigación académica, bancos centrales y autoridades reguladoras, todo con el propósito de administrar y supervisar el riesgo asociado a los mercados financieros.

³³ En dichas fórmulas puede considerarse el uso de modelos de Valor en Riesgo para evaluar la vulnerabilidad del sector bancario, tal como lo indica la Comisión Nacional Bancaria y de Valores.

CAPITULO III

EL MODELO VAR EN LA ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO DE MERCADO. RIESGO OPERATIVO: IMPLICACIONES DEL RIESGO MODELO

A. VALOR EN RIESGO: REGULACIÓN DEL RIESGO DE MERCADO.

1. COMISIÓN NACIONAL BANCARIA Y DE VALORES

En materia de regulación de riesgo de mercado en el sector bancario mexicano, la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) emitió una circular única para instituciones bancarias, la cual tiene por objeto establecer lineamientos mínimos que deben observar tales instituciones en el desarrollo de la actividad crediticia. La CNBV delimita las distintas funciones y responsabilidades de los órganos sociales, áreas, funcionarios y personal involucrados en dicha actividad. Asimismo, entre los objetivos de la circular, está la creación de **mecanismos de control** en la realización de las operaciones de crédito, así como fomentar los sanos usos y prácticas bancarias y evitar conflictos de interés.³⁴

En la circular, se indica que las instituciones de crédito en la **administración del riesgo de mercado**, por lo que hace a títulos para negociar, títulos disponibles para la venta, operaciones de reporto, otras operaciones con valores y los **instrumentos derivados** clasificados como de negociación así como los de cobertura para las posiciones primarias deben **analizar, evaluar y dar seguimiento a todas las posiciones sujetas a riesgo de mercado, utilizando para tal efecto modelos de valor en riesgo**, los cuales pueden definirse como aquellos modelos que tienen la capacidad de **medir la pérdida potencial en dichas posiciones, asociada a movimientos de precios, tasas de interés o tipos de cambio, con un nivel de probabilidad dado y sobre un período específico, comúnmente llamado horizonte de tiempo**. Es decir, las instituciones por instrucción de la CNBV deben utilizar en el mercado mexicano de

³⁴ Comisión Nacional Bancaria y de Valores, 2007.

crédito, modelos VaR para la cuantificación del riesgo de mercado. La especificación del VaR en su forma genérica es la siguiente:

$$VaR = F \times S \times \sigma \times \sqrt{t} \quad (3.1)$$

donde:

F = Factor que determina el nivel de confianza del cálculo. Para un nivel de confianza de 95%, $F = 1.65$, y para un nivel de confianza de 99%, $F = 2.33$

S = Monto total de la inversión o la exposición total en riesgo.

σ = Desviación estándar de los rendimientos (variaciones) del activo.

t = Horizonte de tiempo en que se desea calcular el VaR (*holding period*)

Asimismo, la CNBV señala que las instituciones de crédito, deben procurar la consistencia entre los modelos de valuación de las posiciones en instrumentos financieros, **incluyendo los derivados**, utilizados por la unidad para la Administración Integral de Riesgos de cada institución y aquéllos aplicados por las diversas Unidades de Negocio. Las instituciones deben evaluar la concentración de sus posiciones sujetas a riesgo de mercado y comparar las exposiciones de riesgo de mercado estimadas con los resultados efectivamente observados. En caso de que los resultados proyectados y los observados difieran significativamente, se deben realizar las correcciones necesarias. Es decir, la CNBV señala de forma implícita que se deben “afinar” los modelos VaR utilizados para la medición del riesgo de mercado.

La CNBV señala que las instituciones deben contar con la información histórica de los Factores de Riesgo necesaria para el cálculo del riesgo de mercado y que deben calcular las pérdidas potenciales bajo distintos escenarios, incluyendo escenarios extremos.

En lo que se refiere a los mecanismos de control arriba señalados, las instituciones de crédito están obligadas a revelar al público inversionista, mediante notas a sus estados financieros, la información relativa a las políticas, **metodologías, niveles de riesgo asumidos** y demás medidas relevantes adoptadas para la administración **de cada tipo de riesgo**.

Particularmente en lo que se refiere a la información cuantitativa que debe ser revelada, se contemplan los **riesgos de mercado**, crédito, liquidez **y operativo**, incluyendo el tecnológico y legal, a que esté expuesta la Institución a la fecha de emisión de los estados financieros. En este sentido la CNBV señala que las instituciones deberán revelar, cuando menos lo siguiente³⁵:

- a) **Valor en riesgo.**
- b) *Evaluación de variaciones en los ingresos financieros y en el valor económico.*
- c) *Estadística descriptiva del riesgo de crédito o crediticio, incluyendo, entre otros, los niveles de riesgo y las **pérdidas esperadas**.*
- d) *Valores promedio de la exposición por tipo de riesgo correspondiente al período de revelación.*
- e) *Informe de las consecuencias y pérdidas que sobre el negocio generaría la **materialización de los riesgos operativos** identificados.*

De esta forma, las instituciones bancarias en México se encuentran obligadas a presentar información sobre el **valor en riesgo de mercado** promedio del período y señalar el **porcentaje que representa el VaR de su Capital Neto** al cierre del período. No obstante, la CNBV se reserva la facultad de hacer requerimientos adicionales de revelación de información, o bien, a criterio de la Comisión, modificar la metodología utilizada por la institución para cuantificar el riesgo de mercado. Es justamente, en esta última parte, donde la presente Tesis aporta al mercado mexicano una herramienta de análisis, en cuanto a la medición del riesgo operativo, derivado del modelo o modelos empleados para el cálculo del VaR.

³⁵ Comisión Nacional Bancaria y de Valores, 2007.

2. BANCO INTERNACIONAL DE PAGOS

El Banco Internacional de Pagos (BIS), es una organización internacional que inició sus actividades en Basilea, Suiza, el 17 de mayo de 1930, con lo que es la institución multilateral más antigua en la actualidad. Su objetivo es fomentar la cooperación financiera y monetaria global que, según sus estatutos, actúa como banco de bancos centrales. En tal sentido, emite opiniones respecto de la política en materia financiera que, de acuerdo a sus estudios y evaluaciones, considera adecuada en términos de regulación financiera.

Las reuniones de gobernadores de bancos centrales conocido como el grupo de los diez (G-10)³⁶, es el foro base de las actividades más importantes de estabilidad financiera y monetaria del BIS. En 1974, los gobernadores del G-10 crearon el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea para mejorar la colaboración sobre supervisión bancaria, de este grupo, nace el Acuerdo de Basilea en 1988, mejor conocido como el Comité de Basilea I. Así, en septiembre de 1994, entre otros reportes, los banqueros centrales del G-10, emitieron un reporte sobre la revelación pública de los riesgos de mercado y crédito por los intermediarios financieros, conocido como el “Reporte Fisher” (Ver Anexo 2)³⁷, el cual, recomienda utilizar el VaR como una herramienta esencial para la administración de riesgos, entre sus recomendaciones, el reporte señala lo siguiente:

“Los mercados financieros funcionan más **eficientemente** cuando los participantes del mercado tienen información suficiente acerca de los **riesgos** y los rendimientos, para realizar inversiones y tomar decisiones operativas con información suficiente... durante los episodios de tensión en el mercado, esta falta de transparencia puede crear un ambiente tal, en el cual el rumor por sí solo puede ocasionar que el acceso de una empresa al mercado y su financiamiento se vean perjudicados”.

³⁶ Los miembros del Comité de Basilea son funcionarios ejecutivos del G-10: Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Holanda, Suecia, Reino Unido y los Estados Unidos, además de Luxemburgo y Suiza. Este grupo se reúne cuatro veces por año, usualmente en Basilea, Suiza. bajo el foro del Banco Internacional de Pagos.

³⁷ Banco Internacional de Pagos c, 1994.

El reporte concluye señalando que la revelación es altamente deseable y probablemente evolucionará a un esquema fundamentado en el VaR, toda vez que los instrumentos financieros derivados son registrados a valor en libros y su valor de mercado puede diferir sustancialmente del primero, de tal forma que la contabilidad puede reportar una situación financiera sana y ocultar pérdidas por movimientos del mercado.

3. SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION (SEC)

En diciembre 28 de 1995, la Securities and Exchange Commission (Ver Anexo 3), mediante el Reporte RIN 3235-AG42³⁸, emitió una propuesta mediante la cual se requirió a las compañías revelar información cuantitativa respecto de los instrumentos sensitivos al riesgo de mercado, utilizando una o más de las siguientes alternativas:

- *Presentación tabular del valor preciso y de los términos relevantes de cada contrato, a fin de determinar los flujos de efectivo futuros, clasificados por las fechas de vencimiento esperadas.*
- *Análisis de sensibilidad que exprese las **perdidas potenciales** en ganancias futuras, valor justo, o cambios en lo flujos de efectivo resultado de cambios hipotéticos en las tasas de mercado o en los precios o,*
- ***Divulgación del Valor en Riesgo**, que expresen las pérdidas potenciales en las ganancias futuras, fair values, o los flujos de efectivo provenientes de movimientos de mercado sobre un determinado periodo de tiempo con una determinada probabilidad de ocurrencia.*

Asimismo, el documento señala que en la preparación de esta información cuantitativa, los participantes deben clasificar los instrumentos sensitivos al **riesgo de mercado** en instrumentos utilizados para propósitos de negociación e

³⁸ Securities and Exchange Comisión, 1995.

instrumentos utilizados para otros propósitos distintos a la negociación. La información, tanto de negociación así como de otros portafolios, debe separar la información cuantitativa y presentarla para cada mercado según su exposición al riesgo (ej. Riesgo de tasa de interés, riesgo de tipo de cambio en divisas extranjeras, riesgo de precio del commodity, otros riesgos de mercado relevantes tales como precios de acciones) para complementar el material de información. Los participantes pueden utilizar diferentes alternativas para presentar la información sobre la sensibilidad al riesgo para cada una de sus posiciones. Ver Anexo 3.

4. RISK METRICS^{MR} ³⁹

En octubre de 1994, J.P. Morgan dio a conocer su sistema “Risk Metrics^{MR}”, disponible en Internet. Esta herramienta proporciona una base de datos para cuantificar el VaR.

No obstante, Jorion 1999⁴⁰ señala que el VaR, no es la panacea, toda vez que estas mediciones son útiles sólo en la medida en que los usuarios dominen las limitaciones del enfoque de Valor en Riesgo. En tal sentido, resulta claro que en evaluación del riesgo de mercado, “Risk Metrics^{MR}” al igual que cualquier otra metodología, no es el sustituto de una buena administración, experiencia y criterio en la medición de riesgo, en virtud de que a pesar de ser una herramienta poderosa, requiere del “*expertise*” que se obtiene del riesgo del activo en cuestión.

Risk Metrics^{MR} inició haciendo mediciones de riesgo para 300 instrumentos financieros a través de 14 países, pero se ha expandido considerablemente desde 1994. Básicamente, lo que este sistema produce es una matriz de varianza covarianza de riesgo y medidas de correlación que evolucionan a través del tiempo.

³⁹ Risk Metrics es una Marca Registrada de J.P Morgan. Ver Morgan, J.P., 1995.

⁴⁰ Jorion, Philippe, 1999.

Este sistema tiene como objetivo el promover una mayor transparencia del riesgo de mercado, así como poner al alcance del mayor número de usuarios una herramienta de administración de riesgo, especialmente para quienes no cuentan con los recursos para desarrollar sus propios sistemas y en el fondo, establecer la metodología de J.P. Morgan como un estándar en la medición y administración de riesgos. Para una mayor descripción del sistema ver el Anexo 4 Risk Metrics^{MR} en la presente tesis.

De esta forma, el enfoque del VaR es más general, toda vez que permite a los inversionistas incluir varios activos tales como divisas extranjeras, commodities y acciones, los cuales están expuestos a otras fuentes de riesgo además de los movimientos de las tasas de interés. Por lo tanto, el VaR constituye un gran avance en las mediciones convencionales del riesgo, tales como el vencimiento, la duración o los análisis de intervalos de probabilidad.

B. VALOR EN RIESGO: RIESGO DE MERCADO, RIESGO OPERATIVO (RIESGO MODELO)

1. VALOR EN RIESGO

La presente Tesis se enfoca sobre un tipo de riesgo financiero, el riesgo de mercado, el cual es solamente uno de los múltiples tipos de riesgos financieros que enfrentan las empresas. Generalmente los riesgos financieros se clasifican en riesgo de mercado, riesgo crédito, riesgo de liquidez, **riesgo operativo**, riesgo legal, riesgo sistémico, riesgo país y recientemente el riesgo del modelo, el cual forma parte del riesgo operativo.

2. RIESGO DE MERCADO

El riesgo de mercado se deriva de cambios en los precios de los activos y pasivos financieros (o volatilidad) y se mide a través de los cambios en el valor de las posiciones abiertas (cortas o largas).

En tal sentido, el Valor en Riesgo (VaR) mide la pérdida máxima en el valor de las posiciones en un horizonte de tiempo y con un intervalo de confianza tal que permite conocer las posibles contingencias de la inversión, con base en la historia de los precios de los activos y pasivos, la cual se supone tiene un comportamiento normal estandarizado, con media cero y desviación estándar igual a 1 (uno).

Muchos de los modelos para pronóstico de precios de instrumentos financieros toman como referencia la distribución de la serie de tiempo, que para fines de simplificación del análisis suponen distribuciones normales estandarizadas⁴¹ cuya función de distribución es la siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right\}, \quad -\infty < x < \infty \quad (3.2)$$

El riesgo de mercado incluye el riesgo base, el cual se presenta cuando se rompe o cambia la relación entre los productos utilizados para cubrirse mutuamente (*cambio en las correlaciones*), y el riesgo gamma, ocasionado por relaciones no lineales entre los subyacentes y el precio o valor del derivado (*cambios porcentuales en el precio respecto a cambios en el valor del subyacente, por lo cual, el riesgo gamma puede deducirse al encontrar la derivada de la función*).

⁴¹ Ver el Anexo 5 para una explicación detallada de las propiedades de la distribución normal.

El riesgo de mercado puede asumir dos formas: el riesgo absoluto, medido por la pérdida potencial en términos de dólares y el riesgo relativo, relacionado con un índice base. El primero estudia la volatilidad de las ganancias totales como resultado de un cambio en el valor del activo, mientras que el riesgo relativo mide el riesgo en términos de la desviación respecto al índice (*función de distribución normal estandarizada*).

Además de las medidas lineales del riesgo, el VaR puede cuantificar el riesgo base y el riesgo gama (*correlaciones y pendiente*). El principal propósito del VaR es cuantificar el riesgo de mercado.

3. RIESGO OPERATIVO

Este es un concepto muy amplio asociado a diversas “fallas” en que pueden incurrir las instituciones vinculadas al riesgo de mercado tales como fallas en los sistemas informáticos, procedimientos que no se apegan a la operación real como por ejemplo no considerar en el procedimiento alguna nueva regulación en materia de administración de riesgos, por ejemplo, la circular única para banca comercial emitida por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores denominada “Disposiciones de Carácter General Aplicables a las Instituciones de Crédito” (lo cual se asocia al riesgo legal), **los modelos utilizados para identificar, cuantificar, medir y en su caso anular el riesgo de mercado a que está sujeta dicha institución**, o bien el riesgo asociado a fallas humanas en la operación. Este riesgo también se relaciona con fraudes o problemas derivados de la falta de capacitación de algún funcionario de la institución.

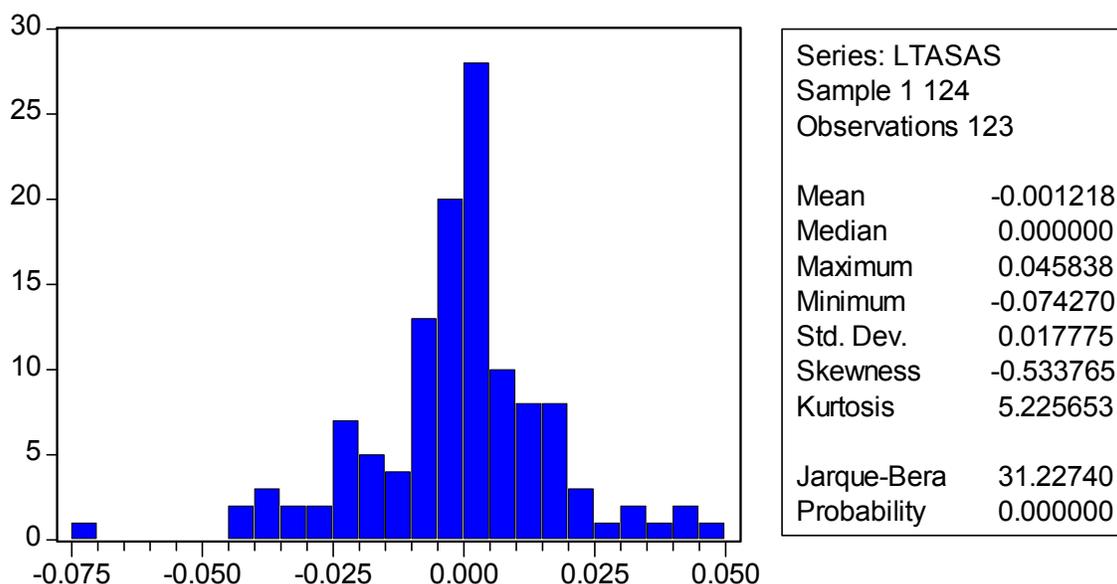
Además, este tipo de riesgo se atribuye a las pérdidas en que puede incurrir una institución por la eventual renuncia de algún empleado quien durante el periodo en que laboró concentró todo el conocimiento especializado en algún proceso clave, tal como la administración de los modelos de riesgo.⁴²

⁴² De Lara, Alfonso, 2003.

C. VALOR EN RIESGO: FUNDAMENTOS ESTADÍSTICOS

Como se indicó en el capítulo primero, los modelos de Valor en Riesgo tienen como fundamento la teoría estadística. Para la presente investigación, se consideró el supuesto de normalidad en la distribución de la variable. La prueba econométrica de Jarque Bera nos indica el grado de normalidad de la serie de estudio, esta se aprecia en la Gráfica 3.1.

GRÁFICA 3.1
HISTOGRAMA Y TEST DE NORMALIDAD CON VARIACIONES LOGARÍTMICAS



La aplicación de la prueba de normalidad de Jarque Bera, en realidad fue diseñada para determinar si los residuos de un modelo econométrico se distribuyen de forma normal. Sin embargo, dicha prueba puede ser utilizada para probar la normalidad de una serie individual.

Para el caso de los futuros sobre CETES, se re expresó la tasa en términos del logaritmo de la variación de dichas tasas, a fin de medir con un menor grado de varianza la dispersión respecto a la media.

Como se observa en la Gráfica 3.1 la prueba de Jarque Bera, si la variable analizada se encuentra normalmente distribuida, el histograma debe presentar una forma de campana, lo cual se puede apreciar en la gráfica, salvo una observación que se encuentra fuera del intervalo, misma que puede ser precisamente, el punto donde ocurren las violaciones al VaR.

Jarque – Bera es una prueba estadística que mide la diferencia entre la asimetría y la curtosis de la serie respecto de los valores que presenta una distribución normal y viene dado por la siguiente expresión:

$$JB = \frac{(n-k)}{6} \left(S^2 + \frac{1}{4}(k-3)^2 \right) \quad (3.3)$$

Donde:

n: n° observaciones de la serie de los residuos

k: número de regresores del modelo, que en el caso de analizarse una serie ordinaria cualquiera (como los residuos de una regresión), $k = 0$.

S: coeficiente de asimetría

K: coeficiente de curtosis.

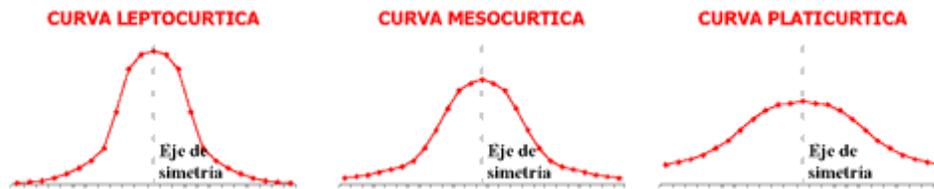
La discrepancia JB resume las características de forma de la muestra y adoptará valores bajos si la distribución observada es aproximadamente simétrica y mesocúrtica⁴³. En caso contrario, a medida que se detectan asimetrías (positivas y negativas) o desviaciones en la curtosis (distribuciones platicúrticas⁴⁴ o leptocúrticas⁴⁵) la discrepancia aumenta de valor.

Las concentraciones arriba descritas se presentan en los siguientes diagramas:

⁴³ Presenta un grado de concentración **medio** alrededor de los valores centrales de la variable (el mismo que presenta una distribución normal).

⁴⁴ Presenta un **reducido** grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable.

⁴⁵ Presenta un **elevado** grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable.



Bajo la hipótesis nula de normalidad (H_0), el estadístico Jarque-Bera (JB) se distribuye según un modelo Chi-Cuadrado con 2 grados de libertad cuyo valor crítico de tablas se aproxima a 6 para una probabilidad del 95%. Si $JB < 6$, la significación asociada a la distribución Chi-cuadrado es distinta y claramente superior a cero, con lo que aceptamos la hipótesis nula de normalidad. Si $JB > 6$, la significación asociada a la distribución Chi-cuadrado será cercana a cero, con lo que rechazamos la hipótesis nula de normalidad.

Para el caso de estudio, la prueba de $JB > 6$, con un valor de 31.22, de esta forma la probabilidad de cero, confirma que puede considerarse a la serie de futuros sobre CETES⁴⁶ como una serie distribuida de forma normal.

Para el caso de estudio de la Tesis, el parámetro $\hat{\theta}$ puede evaluarse como una variable aleatoria si se toma una muestra de los datos y se calcula la media de los mismos. Sin embargo, para la presente tesis, no se realizará ningún muestreo toda vez que se considerará la población total de observaciones, de tal forma que la muestra será la misma población.

De esta forma, la media estimada será la media verdadera de la población, donde $E(x)$ para la función continua, es el valor esperado del estimador, por lo cual éste es un estimador de la verdadera media (μ) de toda la población.

⁴⁶ Transformada en el logaritmo de la variación.

Por lo que se refiere al intervalo de confianza que será utilizado para calcular el VaR, este considera una distribución del 95%, tomando en consideración las pérdidas acumuladas, es decir, empezando de la menor pérdida a la mayor.

Supongamos una variable aleatoria x con distribución $N(\mu ; \sigma)$ en donde la media μ es desconocida y la varianza σ^2 , la suponemos por ahora conocida. Con el fin de estimar μ (nivel medio de las tasas de futuros sobre CETES.) Se va a tomar una muestra aleatoria x_1, x_2, \dots, x_n que proporciona una media que será una estimación puntual de μ , como se indicó en el capítulo primero:

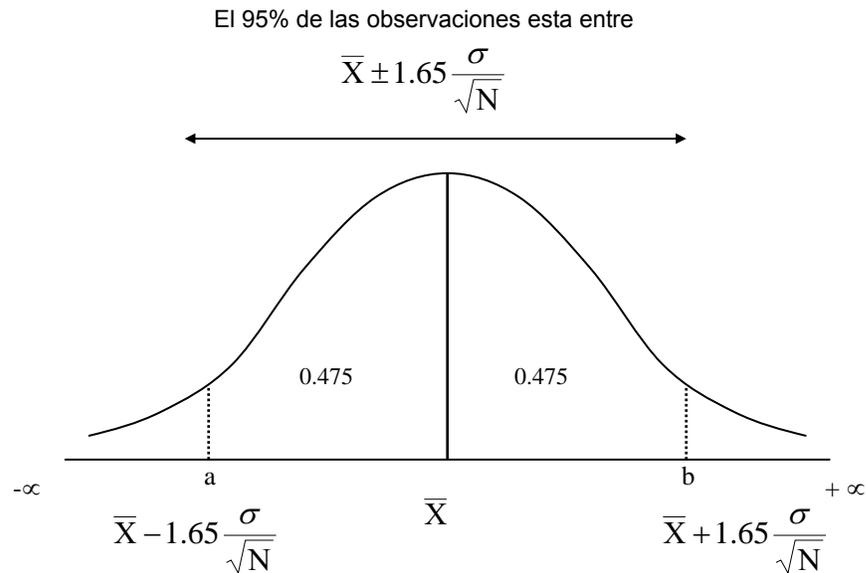
$$\bar{x} - 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3.4)$$

con probabilidad del 95%, y así tenemos el intervalo buscado. Esta expresión debe interpretarse adecuadamente. Ella indica que el 95% de las muestras de tamaño n tendrán una media que, al sustituirla en la expresión, da lugar a un intervalo que contiene en su interior a μ , en tanto que otro 5% no sucederá esto. Este último 5% es precisamente el valor buscado como VaR, es decir, la probabilidad de encontrar la pérdida ubicada en el lugar donde ocurre el 5% precisamente de todas las pérdidas observadas.

Es importante observar que se ha dicho que "el intervalo contiene en su interior a μ , y no que " μ cae en el interior del intervalo"; la primera afirmación es cierta pues los extremos del intervalo son variables aleatorias por depender de \bar{x} que también lo es; la segunda afirmación para el caso de la presente Tesis es falsa pues μ es un parámetro (valor fijo aunque desconocido), no una variable aleatoria, no pudiendo variar para el momento t en que se calcula el VaR.

Así pues debe decirse que hay una probabilidad del 95% de que el intervalo contenga al parámetro.

El mismo diagrama que se presentó en el primer capítulo, se reproduce a continuación pero considerando el intervalo de confianza del 95% para el caso en estudio en la presente Tesis.

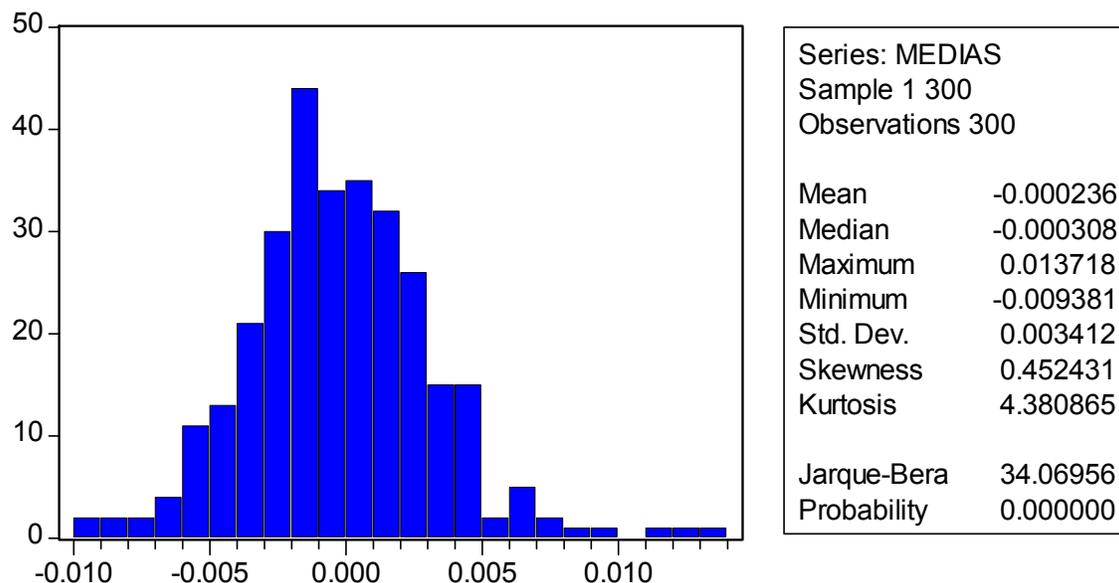


Para poder determinar si las variaciones de las tasas de futuros sobre CETES siguen una distribución normal, además de la prueba de normalidad de Jarque Bera, se realizó un muestreo de 70 datos aleatorios sobre toda la población (2044 datos) y se generaron 300 muestreos de 70 datos, para evaluar si en cada uno de ellos la media de la población tiende al valor medio. De tal forma que se tomaron 21,000 datos aleatorios sobre la población para evaluar su media muestral.

En la Gráfica 3.2 se presenta la prueba de normalidad de Jarque Bera aplicado al vector de medias calculado.

Este vector es de 300 muestras, en donde cada muestra considera 70 observaciones (variaciones observadas de la tasa de futuros sobre CETES) dichas observaciones se seleccionaron de forma aleatoria de los 2044 que conforman la población total.

GRÁFICA 3.2
Histograma y Test de Normalidad con muestreo aleatorio



Al realizar este muestreo, se comprueba que las variaciones de la tasa de futuros sobre CETES presentan una distribución de probabilidad normal. Al igual que la prueba sobre las variaciones logarítmicas, la prueba realizada sobre las variaciones aleatorias (21,000 muestras aleatorias), arroja un estadístico JB > 6, y una probabilidad de cero, por lo que se confirma que los supuestos del VaR pueden aplicarse a dichas variaciones para establecer el nivel óptimo de VaR.

1. EFICIENCIA ESTADÍSTICA

Se dice que un estadístico Θ , es un estimador **insesgado** del parámetro θ si

$$\mu_{\Theta} = E(\Theta) = \theta \quad (3.5)$$

Si se consideran todos los posibles estimadores insesgados de un parámetro θ , el que tenga *la variación más pequeña* se considera como el **estimador más eficiente** de θ .

Esta variación se define por la siguiente función:

$$\sigma = E[(X - \mu)^2] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx \quad (3.6)$$

es decir, el estimador más eficiente es aquel cuyo valor esperado $E(X)$ tenga la menor dispersión respecto de la media, cuando X es una variable aleatoria *continua* con distribución de probabilidad $f(x)$ y con media μ .

En tal sentido, y respecto del tema de investigación, **el estimador más eficiente para cuantificar el VaR de un futuro sobre CETES será el que observe el menor número de violaciones al VaR reportado**. Esto puede determinarse al comparar los resultados de cada modelo VaR contra el valor observado. En tal caso puede considerarse como μ al valor real reportado de pérdida o ganancia y como x al VaR estimado por cada modelo, concluyendo que **aquel modelo cuyo resultado observe el menor número de desviaciones respecto del valor esperado $E(x) = \mu$ durante diversos periodos, puede considerarse como el más eficiente desde el punto de vista estadístico**.

2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Cuando se utiliza una muestra pequeña, es muy probable que el estimador utilizado no satisfaga las propiedades de insesgamiento, varianza mínima, eficiencia y linealidad, sin embargo, a medida que el tamaño de la muestra es mayor, el estimador comienza a satisfacer estas propiedades, las cuales son conocidas como propiedades de *muestras grandes* o *asintóticas*. Para el caso de la presente investigación el tamaño de la muestra de acuerdo a la teoría estadística debería ser igual a la raíz de las observaciones es decir raíz de 2044, lo cual arroja un valor de 45.21, por lo que la muestra de 70 observaciones cubre dicho requisito de acuerdo a la teoría estadística.

a. Propiedad de ser asintóticamente insesgado (insesgamiento).

Esta propiedad establece que un estimador $\hat{\theta}$, es un estimador asintóticamente insesgado de θ si:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} E\left(\hat{\theta}\right) = \theta \quad (3.7)$$

donde \lim significa límite y N denota el tamaño de la muestra. Expresado en forma sencilla, significa que $\hat{\theta}$ es un estimador asintóticamente insesgado de θ si su valor esperado o medio, se aproxima al verdadero valor, a medida que el tamaño de la muestra crece. Cuando la muestra tiende a infinito, $\hat{\theta}$ se “aproxima” al verdadero valor θ .

Los modelos de Valor en Riesgo requieren por tanto una muestra “grande”⁴⁷ a fin de cumplir con esta propiedad, lo cual garantiza que el resultado tenga el menor margen de error posible. En tal caso, para la presente investigación se ha considerado una muestra de los precios de liquidación diaria de los futuros sobre CETES desde 1999 hasta 2007 de 2,044 observaciones aproximadamente. En virtud de ello, con este tamaño de muestra, pueden generarse series aleatorias adicionales, o bien generar muestras aleatorias de dicha serie, sobre todo para el caso del VaR con base en Monte Carlo, y de esa forma garantizar el cumplimiento de 3.7.

b. Propiedad de Consistencia.

Dicha propiedad establece que:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} P \left\{ \left| \hat{\theta} - \theta \right| < \delta \right\} = 1 \quad = \quad P \lim_{N \rightarrow \infty} \hat{\theta} = \theta \quad (3.8)$$

para $\delta > 0$

Esto significa que $\hat{\theta}$ es un estimador *consistente* de θ si la probabilidad de que el valor absoluto de la diferencia entre $\hat{\theta}$ y θ sea menor que δ (una cifra arbitrariamente positiva y sumamente pequeña).

Es necesario aclarar que las propiedades de inesgamiento y de consistencia son conceptualmente muy distintas, La de no sesgo se cumple para una muestra de cualquier tamaño mientras que la de consistencia es estrictamente una propiedad de muestras grandes, por tanto, en la presente investigación deberá cumplirse que, de los Modelos de Valor en riesgo será mas eficiente aquel que cumpla con lo siguiente:

⁴⁷ Por convención el tamaño mínimo de una muestra debe ser de 250 observaciones para el sector financiero, lo cual equivale a un año de operación.

$$\lim_{N \rightarrow \infty} E\left(\hat{\theta}\right) = \theta \quad (3.9)$$

y

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \text{var}\left(\hat{\theta}\right) = 0 \quad , \quad \text{var} = \text{varianza}^{48} \quad (3.10)$$

Estadísticamente, para modelos de Valor en Riesgo, la distribución de $\hat{\theta}$ con muestras donde $N \rightarrow \infty$, deberán tender a concentrarse cada vez mas en torno al verdadero valor de θ . Para ello, se incluirá un ajuste en la volatilidad de la serie, dando un mayor peso a la volatilidad más reciente mediante la aplicación de un *decay factor*, es decir, un ponderador que da mayor peso a las observaciones más recientes al momento de calcular la volatilidad. En la presente Tesis se incorpora dicho factor, ajustando la fórmula de la varianza. Antes de proceder a desarrollar el principal punto de estudio de la Tesis, es importante partir de los conceptos clave.

En tal sentido, cabe señalar que la media o valor esperado $E(x)$ de una variable aleatoria X , es el punto de partida para el análisis, toda vez que dicho valor describe dónde está centrada la distribución de probabilidad en el momento t . Sin embargo, la media por si misma no es una descripción adecuada de la forma que tiene la distribución, para ello es necesario conocer cómo se “dispersan” las observaciones respecto de la media. La medida de variabilidad más importante de una variable aleatoria X se obtiene considerando:

$$f(x) = (X - \mu)^2 \quad (3.11)$$

A dicha diferencia se le conoce como varianza de la variable aleatoria. En la Tesis se ponderará el valor X en el momento t con mayor peso que X en $t-1$. También se

⁴⁸ No debe confundirse la expresión **var** con minúsculas que se refiere a la varianza, con la expresión **VaR** la que se refiere al término Valor en Riesgo.

define la diferencia en 3.11 como varianza de la distribución de probabilidad de X, definiéndola como σ^2 , así para el caso discreto tenemos que:

$$\sigma^2 = E[(X - \mu)^2] = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \quad (3.12)$$

A la raíz cuadrada de la varianza, σ , se le conoce como desviación estándar de X, parámetro mejor conocido como volatilidad de la serie, lo cual es el promedio de las desviaciones respecto a la media. Al incorporar el ponderador directamente al cálculo de la varianza, la ecuación se transforma a:

$$\sigma_w = E\lambda_i \left(\sqrt{[(x_i - \mu)^2]} \right) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \lambda_i (x_i - \mu)^2} \quad (3.13)$$

Donde λ_i , se determina de la siguiente forma:

$$\lambda_i = \frac{t_i^\alpha}{\sum_{i=1}^n t_i^\alpha} \quad (3.14)$$

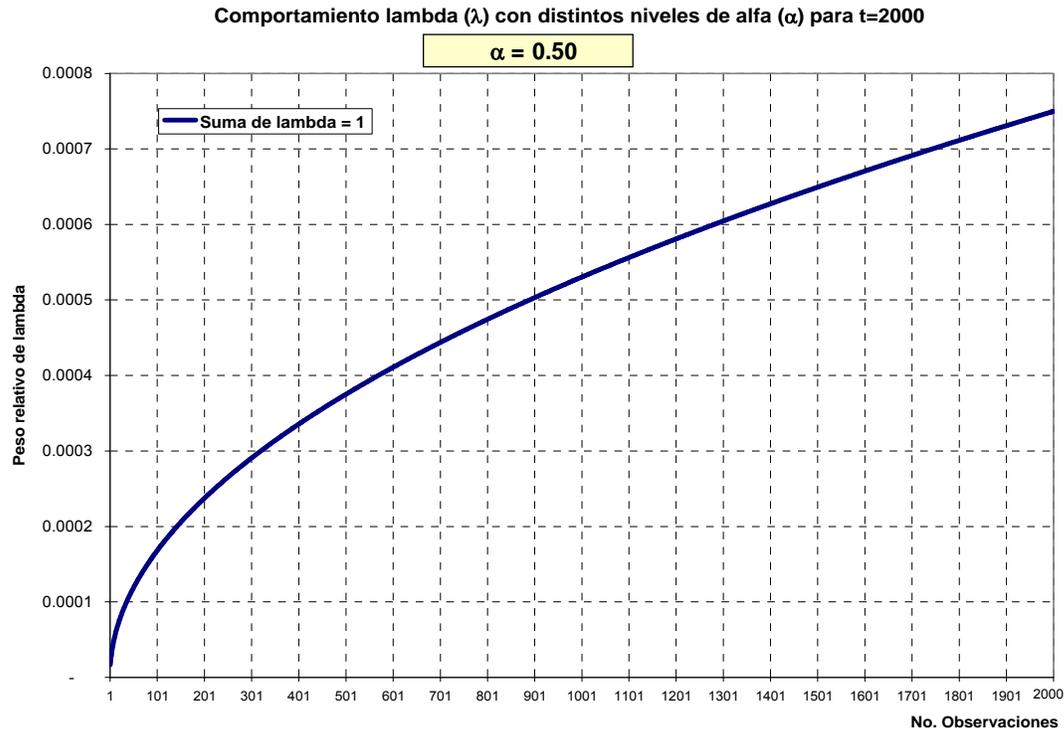
α = **decay factor** o factor de decaimiento, determinado de forma discrecional, cuyo valor determina el “peso” de la serie para diferentes valores de α .

Para la tesis α será la variable a determinar, para “ajustar” el modelo VaR y de esta forma evaluar mediante una técnica de backtesting, si la incorporación de dicho factor permite establecer el VaR de forma más eficiente. Incorporando 3.14 en 3.13, se obtiene:

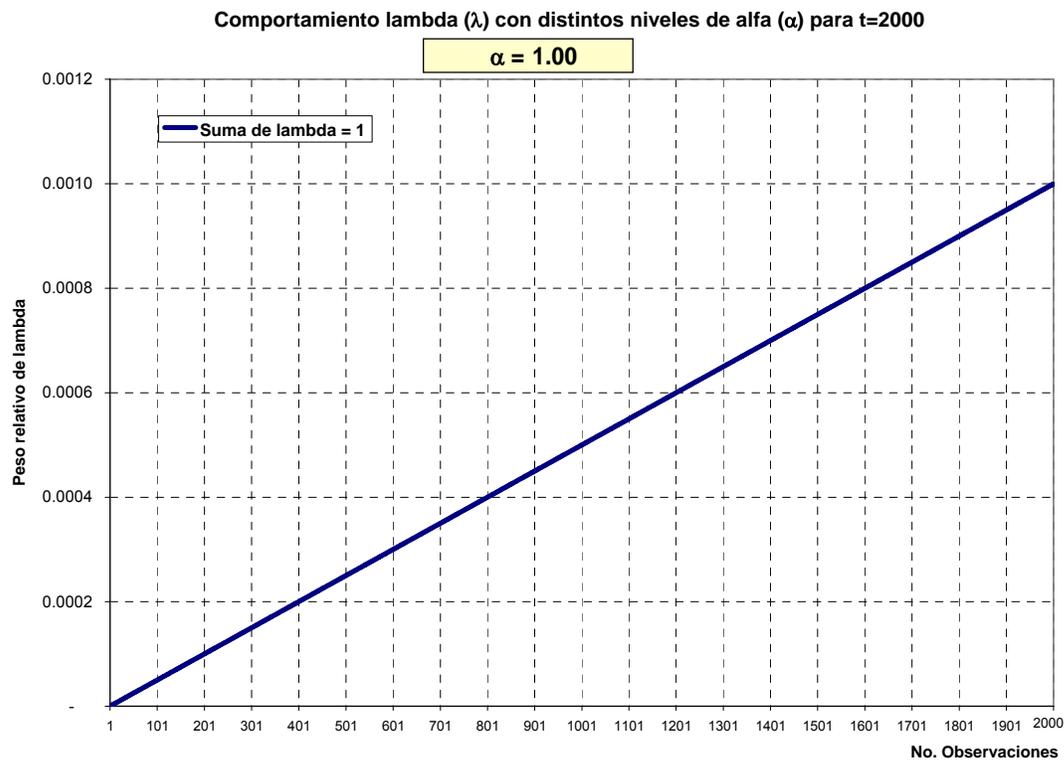
$$\sigma_w = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{t_i^\alpha}{\sum_{i=1}^n t_i^\alpha} (x_i - \mu)^2} \quad (3.15)$$

En las gráficas 3.3 a la 3.7 se puede apreciar el comportamiento del ponderador para valores de alfa (α) del orden de 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 y 50.0.

GRÁFICA 3.3

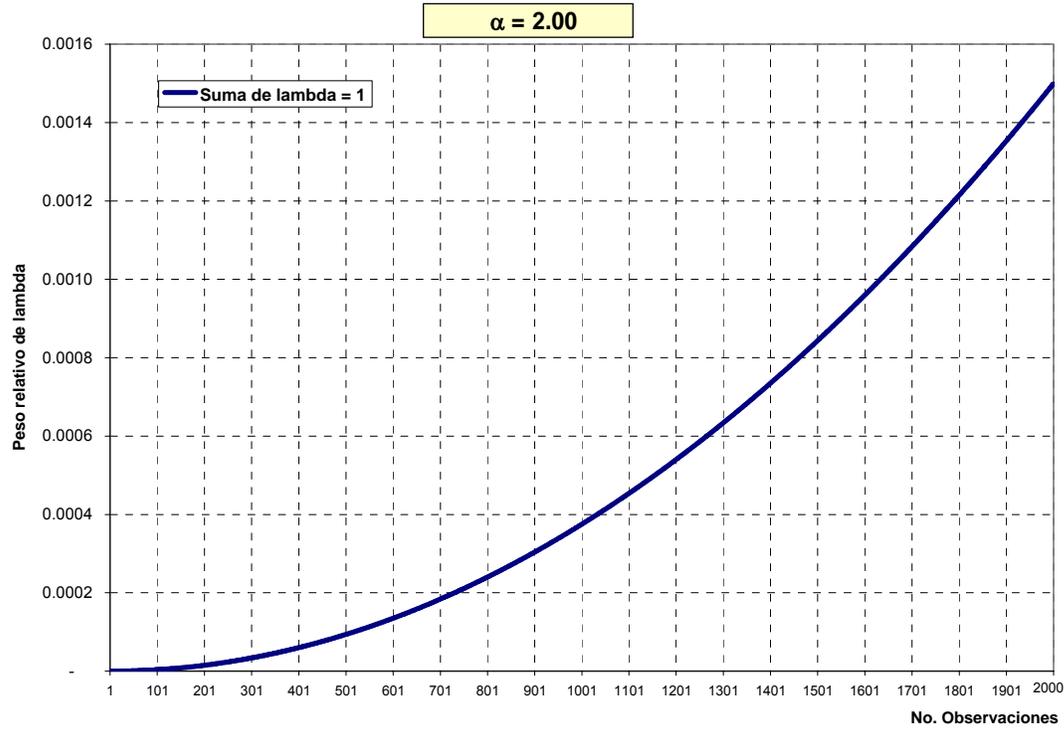


GRÁFICA 3.4



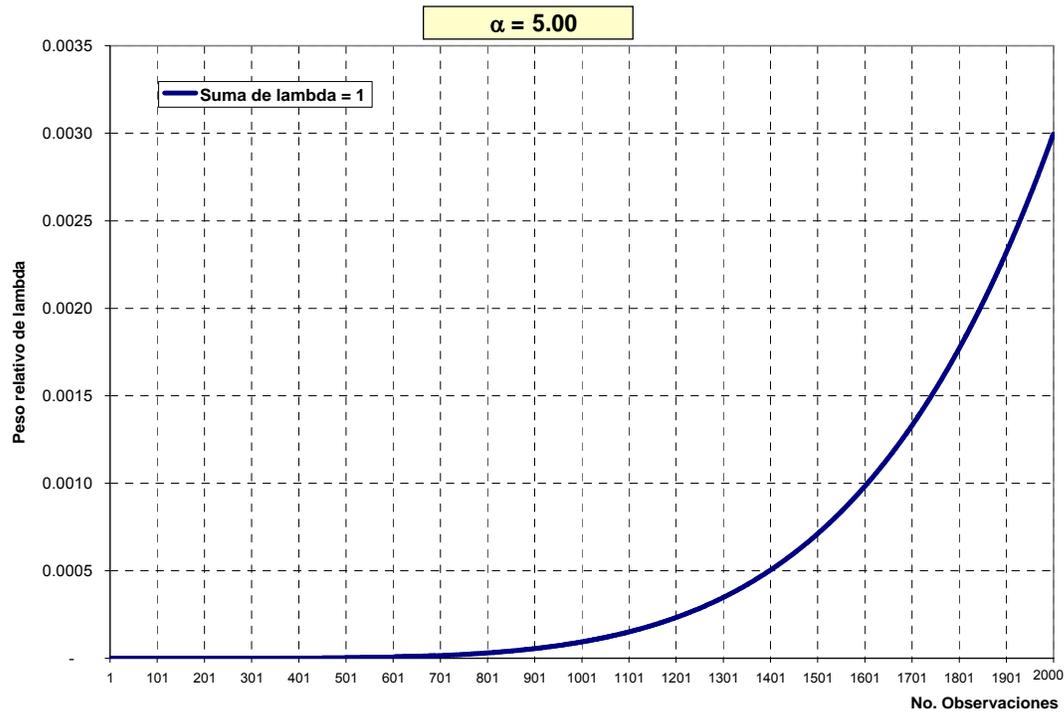
GRÁFICA 3.5

Comportamiento lambda (λ) con distintos niveles de alfa (α) para t=2000

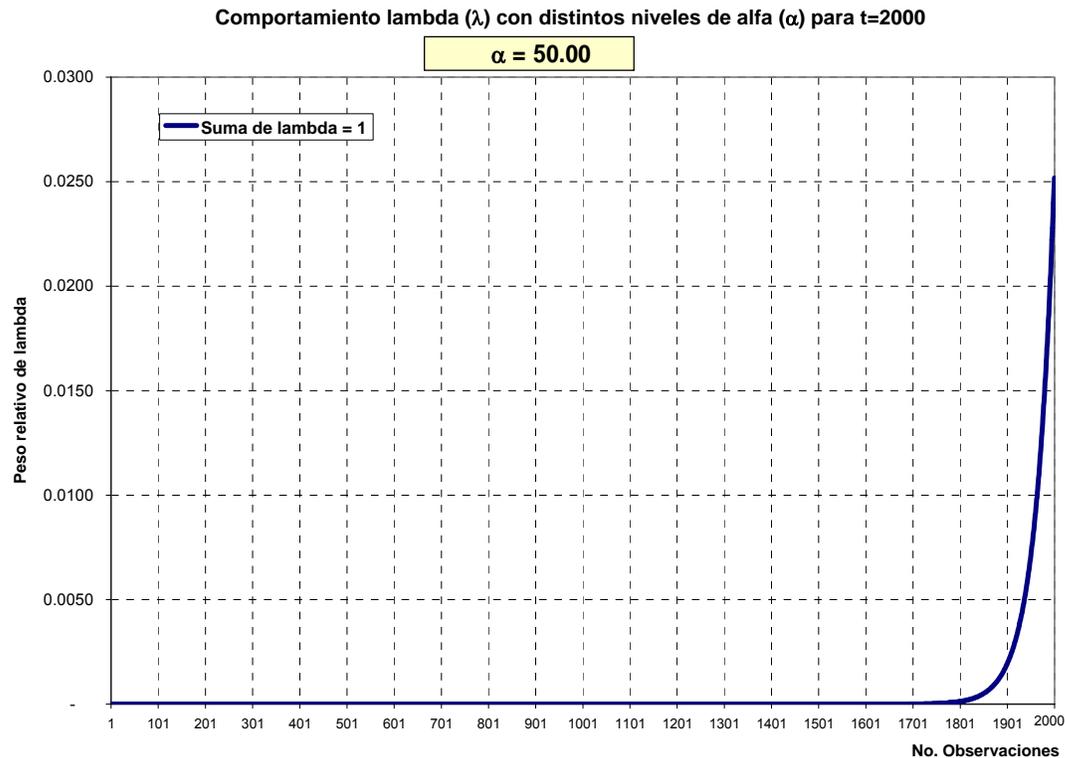


GRÁFICA 3.6

Comportamiento lambda (λ) con distintos niveles de alfa (α) para t=2000



GRÁFICA 3.7



Como puede observarse, la suma de lambda (λ) debe ser igual al 1, toda vez que:

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{t_i^\alpha}{\sum_{i=1}^n t_i^\alpha} \right] = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^\alpha}{\sum_{i=1}^n t_i^\alpha} = 1 \quad (3.16)$$

Con dicho ajuste, podrán cumplirse ambas propiedades. La forma de evaluar este supuesto, será aplicando una técnica de **backtesting**, que permitirá evaluar si la incorporación de un valor lambda (λ) mejora los resultados del VaR. De esta forma vincula el **riesgo operativo**, asociado al riesgo modelo mediante la aplicación del backtesting, con el **riesgo de mercado**, el cual es cuantificado por los modelos VaR.

D. BACKTESTING

Formalmente, el Backtesting es la evaluación de las pérdidas realmente observadas (π) versus las pérdidas estimadas por el modelo (m) con el que fueron determinadas.

Si π es mayor a m , entonces puede afirmarse que se presenta una violación o excepción al VaR determinado por el modelo m . Si el número de violaciones es superior al establecido de acuerdo al intervalo de confianza, el modelo m , podría estar subestimando el verdadero valor del VaR.

Por el contrario si no se presenta ninguna violación y además la diferencia entre π y m resulta sumamente elevada, el VaR podría estarse sobre estimando.

Esta hipótesis es la que se validará o refutará en la Tesis a fin de establecer cuál o cuáles de los enfoques de Valor en Riesgo es eficiente o bien, si en su caso, ninguno de ellos cumple satisfactoriamente con este supuesto básico, aún aplicando el factor λ .

Un factor importante del Backtesting, es tomar en cuenta los cambios en la posición que se esta evaluando, es decir, en el caso de un portafolio, es importante considerar los cambios de los activos que lo integran. Para la presente investigación, no se realizará ningún cambio en el valor de la posición (diez millones de pesos), por lo que este factor no afectará los resultados.

En la práctica, el VaR se calcula para un portafolio de activos de alguna institución, ya que eso es lo que sucede en la realidad. En ese sentido, el Backtesting se realiza bajo dos posibles escenarios. El primero, es suponer el cambio hipotético del valor del portafolio, suponiendo que éste se mantiene sin cambios durante cierto periodo de tiempo, es decir, los activos que lo integran son

los mismos. El segundo escenario, es comparar el VaR contra el cambio actual en el valor de portafolio durante cierto periodo de tiempo.

Supuestos:

- A. Los activos del portafolio permanece sin cambios.
- B. Los activos del portafolio cambian con el tiempo.

En la práctica el backtesting se realiza para ambos supuestos.

E. MODELOS DE VALOR EN RIESGO

El cálculo del VaR, se basa en un conjunto de entradas de datos ordenados, generalmente considera un horizonte determinado de tiempo de 1 a 10 días, un intervalo de confianza del 95 al 99 por ciento y un periodo de observación basado en, al menos, cinco años de datos históricos y actualizados con la información disponible en el mercado.⁴⁹

Para la presente investigación se establecerá un análisis para un horizonte de tiempo de un día, toda vez que extender el horizonte a un periodo mayor (hasta 10 días) implica un estudio diferente basado en la sensibilidad del VaR ante cambios en el periodo de estudio, el cual no es el objetivo de la Tesis. El objetivo es, al tener un horizonte de tiempo e intervalo de confianza dados, determinar que tan factible es “afinar” los modelos VaR mediante la aplicación del *decay factor* sobre la volatilidad, evaluando los resultados con una técnica de *backtesting*.

Por otra parte, un horizonte de tiempo mayor de VaR, corre el riesgo de ignorar el cambio en las posiciones como resultado de pérdidas o de una volatilidad inesperada, por tal motivo, es importante realizar una evaluación con un horizonte de tiempo breve en periodos de alta volatilidad e inestabilidad.

1. MODELO VAR - MARKOWITZ - DELTA

Este modelo considera la utilización de la matriz varianza-covarianza, por lo cual implica el análisis de portafolios, en cuyo caso el activo n en el portafolios tiene un peso específico w_i , de tal forma que:

⁴⁹ En el caso de modelos VaR con base en Monte Carlo, el periodo se amplía toda vez que se consideran series estocásticas, pudiendo llegar a generar de forma aleatoria hasta 10 mil observaciones, muestra recomendada para dicho modelo.

Para el caso discreto:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3.17)$$

Para el caso continuo:

$$\int (w_i) f(x) dx \quad (3.18)$$

De acuerdo con la teoría desarrollada por Markowitz, la varianza del portafolio de dos activos se determina de la siguiente forma:

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2 \quad (3.19)$$

Lo cual no es otra cosa que la suma ponderada de las varianzas, tomando en cuenta la correlación de los rendimientos entre instrumentos. Para el caso general en que se tienen más de dos activos en el portafolio, el VaR se determina de la siguiente forma:

$$VaR_p = F \sigma_p S \sqrt{t} = F [w C \sigma w^T]^{1/2} S \sqrt{t} = [VaR \times C \times VaR^T]^{1/2} \quad (3.20)$$

donde:

VaR: Es un vector de VaR individuales de dimensiones $(1 \times n)$,

C: Es la matriz de correlaciones de dimensiones $(n \times n)$

VaR^T: Es el vector transpuesto de VaR individuales de dimensiones $(n \times 1)$

Si las correlaciones son menores que uno, entonces el VaR diversificado es menor que la suma de los VaR individuales. Cuando se trata del cálculo del VaR de un portafolios de n activos, es necesario utilizar matrices y manipular este tipo de instrumentos.

Para el caso específico del VaR para futuros sobre CETES, el modelo Markowitz-Delta se ajustará de la siguiente forma:

$$\text{VaR}_\theta = [\mu_\delta - \beta \sigma] \quad (3.21)$$

donde:

$$\theta = 1\% < \theta < 5\%$$

μ_δ = Media considerando la *duration modificada*, calculada de la siguiente forma:

$$\mu_\delta = \mu_{\Phi t} \varepsilon \delta \pi \quad (3.21.1)$$

$\mu_{\Phi t}$ = Media de la variación del precio de liquidación, definida como:

$$\Delta_i = \frac{t_i}{t-1} - 1 ; \quad \mu_{\theta t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i - 1}{N} \quad (3.21.2)$$

ε = Precio de liquidación del futuro sobre CETES para el tiempo t.

δ = Duration Modificada, de acuerdo a:

$$\delta = \frac{\frac{\tau}{360}}{\left[1 + t \times \frac{\tau}{360} \right]} \quad (3.21.3)$$

π = Valor de la posición.

β = Número de desviaciones para determinar el intervalo de confianza, por lo general se aplica el 1.65 para un nivel de confianza del 96%.

σ = desviación estándar de la posición

$$\sigma = E = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \mu)^2} \quad (3.21.4)$$

2. MODELO VAR - SIMULACIÓN HISTÓRICA

Para este modelo se re expresa toda serie en términos de la variación de t_i a t_{i-1} , respecto del ultimo valor en t . El primer paso es calcular las variaciones entre cada valor.

$$\Delta_i = \frac{t_i}{t_{i-1}} - 1 \quad (3.22)$$

El siguiente paso es generar la nueva seria a partir de Δ_i .

$$CT_{\Delta} = CT_t \Delta_i \quad (3.23)$$

donde $1 < i \leq n$

El siguiente paso es generar la diferencia entre el valor más reciente en la posición en CETES (CT_t) y la serie CT_{Δ} . Para efectos de simplicidad se está considerando una posición teórica la cual se obtiene al multiplicar el número de títulos de la posición, para el caso de futuros sobre CETES se consideran cien contratos de futuros, equivalentes a un millón de CETES, o diez millones de pesos.⁵⁰

$$CT_t - CT_{\Delta} = \Delta'_i \quad (3.24)$$

La serie así generada, por simulación histórica, se ordena de mayor a menor y se determina el valor que ocupa el 5% de las “n” observaciones, empezando por el VaR de menor valor. Ese dato será el VaR generado mediante este modelo.

⁵⁰ Ver Anexo 1.

3. MODELO VAR – SIMULACIÓN POR MONTE CARLO

Este método fue propuesto por Boyle y consiste en la generación de números aleatorios (random) para calcular el valor de un portafolio generando escenarios. Para el caso de la presente Tesis, se generarán valores aleatorios de liquidación de futuros sobre CETES.

Cada número aleatorio, sirve para generar un nuevo valor con igual probabilidad de ocurrencia que los demás así como para determinar la pérdida o ganancia de la posición. Este proceso se repite un gran número de veces, para el caso de la presente Tesis se generarán diez mil (10,000) escenarios y los resultados se ordenarán de tal forma que pueda determinarse un nivel de confianza específico.

La ventaja de utilizar este método es la posibilidad de valuar instrumentos no lineales, como las opciones. Este efecto no se puede obtener en metodologías tales como la propuesta por Markowitz.

La función de dicho modelo es la siguiente:

$$\Delta\theta = \hat{m}\theta\Delta t + s\theta\varepsilon\sqrt{\Delta t} \quad (3.25)$$

Donde $\Delta\theta$ es el cambio en θ en el tiempo Δt y ε es una muestra generada de forma aleatoria de una distribución normal estandarizada. Para generar la simulación, las muestras aleatorias N independientes deben forzosamente partir de una distribución normal estandarizada. Cuando dichas muestras aleatorias son incorporadas a la ecuación 3.25, el valor de $\Delta\theta$ en los tiempos $0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, T$. se genera la serie aleatoria. De esta forma se genera una trayectoria simulada para θ y permite calcular un precio de liquidación a partir de una muestra de dicha serie.

Considerando lo anterior, puede decirse que este método estima la pérdida para un intervalo de tiempo y un grado de confianza del 95%, ello aporta información útil para la toma de decisiones, es decir, indica el máximo cambio negativo o positivo para una determinada serie de tiempo.

Dado que las tasas de interés de CETES se consideran una serie de tiempo, es posible estimar la variación máxima negativa para los CETES dado un horizonte de tiempo y un intervalo de confianza, dicho horizonte de tiempo puede ser la emisión del título el cual es de una semana (7 días) o bien puede considerar el nivel observado en el mercado secundario de forma diaria.

En el campo de las finanzas corporativas la determinación del costo del dinero es una variable clave en virtud de que la tasa libre de riesgo determina el costo de las distintas fuentes de financiamiento para una empresa. De ello se deriva la importancia de poder precisar los posibles cambios en el mercado de dinero y sus efectos en la tesorería de la empresa.

Asimismo, esto permite evaluar a la empresa si su actual política de crédito refleja el costo de oportunidad adecuado en términos del rendimiento libre de riesgo.

a. Valuación Valor en Riesgo Monte Carlo, El Modelo.

El modelo de valuación Monte Carlo considera la utilización de series de tiempo en las que se presume existe un nivel de correlación tal que permite sugerir la existencia de variables interconectadas entre sí y que por tanto pueden explicar el comportamiento a futuro de una o más variables de serie de tiempo.

Los métodos de muestreo, en esencia, se encuentran basados sobre ideas de probabilidad. Su utilidad radica en resolver problemas de optimización, ecuaciones no lineales y cálculo de integrales. Estos métodos son frecuentemente llamados

métodos de *Monte Carlo*, e incluyen técnicas de aproximación estocástica, algoritmos y simulación por aproximaciones sucesivas.

A diferencia de otros métodos, los métodos de Monte Carlo permiten manejar problemas de gran complejidad y tamaño. Su fortaleza y sencillez son una de sus cualidades más importantes, asimismo, se encuentran basados en la ley de los grandes números y en el teorema del límite central⁵¹.

La naturaleza probabilística de los modelos de Monte Carlo tiene importantes implicaciones, toda vez que el resultado de cualquier procedimiento de Monte Carlo es una variable aleatoria. Cualquier método numérico implica un cierto grado de error, por su parte, la naturaleza probabilística del error de Monte Carlo es un punto a favor del que se puede sacar provecho. En particular, la exactitud y precisión del método de Monte Carlo puede ajustarse al controlar el tamaño de la muestra, es decir, con ésta metodología se puede considerar como objetivo un resultado de una baja pero a la vez útil exactitud así como resultados de gran exactitud, en los cuales es posible estimar el costo de mejorar la precisión de los resultados.

b. Generación de Números pseudo aleatorios

Estrictamente hablando, los procedimientos de Monte Carlo casi nunca son utilizados debido a la dificultad para construir una variable aleatoria. Han existido intentos por construir “verdaderas” variables aleatorias, no obstante, dichos métodos son costosos y complicados. Más aún, en general no es práctico reutilizar cálculos que satisfacen los supuestos y condiciones de aleatoriedad, en virtud de que ello requeriría recopilar una cantidad considerable de series aleatorias que excederían por mucho la capacidad de cualquier sistema de almacenamiento.

⁵¹ En términos muy simples indica que en la dispersión de una serie (método gráfico) existen áreas donde se observa una gran concentración de puntos y áreas donde hay pocos puntos.

La construcción de variables aleatorias también puede desviar el objetivo principal de estudio en problemas adyacentes al estudio principal. Es decir, al suponer que se genera una serie aleatoria a fin de utilizarla para simular alguna variable y conservar el resultado, surge un conflicto al utilizar esta secuencia para resolver otro problema, en virtud de que al considerar su aplicación en el otro problema surgen las siguientes incógnitas: ¿se debe asumir tal serie como determinística de la variable de estudio?, o bien, ¿puede considerarse estocástico en virtud de que, en su origen, la secuencia provino de un proceso estocástico?. Si se afirma que es estocástico, ¿podría cambiar la respuesta si se encuentra que ese proceso genera una cadena constante de ceros y por tanto no es aleatorio? y finalmente, ¿qué propiedad matemática de la secuencia grabada puede cambiar, si se descubre que esta ha sido construida de acuerdo a una regla determinística o algoritmo?

Debido a estas dificultades, las verdaderas variables aleatorias son, muy rara vez, utilizadas en procesos de Monte Carlo. Este hecho hace que *se tenga que suponer que las series generadas para la presente investigación, cumplen con las características de una serie aleatoria de tiempo, es decir, correlación cero y no existen propiedades determinísticas como por ejemplo una función que explique el comportamiento.*

Asimismo, esto hace que la discusión relacionada a la aleatoriedad y las ventajas de eventos fortuitos sobre los enfoques determinísticos no sean relevantes o posean valor alguno *en la presente investigación.*

Casi todas las aplicaciones de los métodos de Monte Carlo, en la práctica, utilizan secuencias seudo aleatorias, es decir, secuencias determinísticas tales como:

$$X_k, \text{ donde } k = 1, 2, \dots, N \quad (3.26)$$

El término “seudo aleatorio” esencialmente significa que una serie o secuencia muestra algunas propiedades que satisfacen las variables aleatorias.

Dos propiedades básicas de este tipo de series son:

1. Correlación serial cero ($\rho \approx 0$)
2. Frecuencia correcta de corridas

Una corrida es cualquier patrón secuencial o regla a observar, tal como “cinco resultados menores a 0.1” o “seis resultados cada uno mayor al previo”.

La condición de serie correlación cero consiste en que si tomamos una parte de la serie de longitud $n < N$, X_k , donde $k = 1, n$, y se calcula su regresión mediante X_{k+1} , sobre X_k el coeficiente de regresión no es “estadísticamente significativo” diferente de cero. No existe estadística pura involucrada toda vez que la secuencia X_k es determinística. Lo que esto significa es que si aplicamos técnicas estadísticas a X_k asumiendo que X_k fuera aleatoria, podría encontrarse que no existe evidencia estadística de una correlación en la series.

En términos generales, para considerar una secuencia como aleatoria debe mostrar una correlación cero a lo largo de todos los rezagos⁵² de la serie. *Sin embargo, con el propósito de mantener la atención en el objetivo central de la presente investigación en cuanto al pronóstico de precios futuros, cuando se utilice una serie aleatoria se asumirá que cumple con las propiedades antes descritas, no obstante que ésta pueda ser considerada como pseudo aleatoria.*

⁵² En el análisis económico la dependencia de la variable Y (variable dependiente) con respecto a otras variables X (variables explicatorias) suele no ser instantánea. Con frecuencia Y responde a X después de cierto tiempo; este lapso (lag) recibe el nombre de rezago o retraso.

Autocorrelación o Correlación serial

Generalmente se han definido los anteriores términos de la siguiente forma.⁵³

Autocorrelación: La correlación entre dos series de tiempo como u_1, u_2, \dots, u_{10} , y u_2, u_3, \dots, u_{11} donde la primera es igual a la segunda retrasada (rezago o lag) en un periodo se define como Autocorrelación.

Correlación Serial: La correlación entre las series de tiempo tales como u_1, u_2, \dots, u_{10} , y v_2, v_3, \dots, v_{11} , donde u y v son dos series de tiempo diferentes se define como Correlación Serial

En la presente investigación se realizarán las distinciones necesarias, indicando cuando se habla de autocorrelación o de correlación serial, toda vez que para los fines de la investigación el resultado toma en cuenta tanto la autocorrelación (para la generación de series aleatorias) como la correlación serial (para el pronóstico del precio de los futuros sobre CETES).

No obstante, en la práctica se utilizan ambos términos de manera indistinta en el estudio de observaciones ordenadas en el tiempo (series de tiempo) o en el espacio (cifras de corte transversal).

Es importante señalar la diferencia entre la correlación requerida entre las variables a utilizar para el cálculo de la pérdida máxima mediante la aplicación de un modelo de Valor en Riesgo por el método de Monte Carlo y la correlación cero como condición en la generación de números aleatorios.

⁵³ Gujarati Damodar, 1981.

CAPITULO IV APLICACIÓN DE LOS MODELOS VAR PARA UNA POSICIÓN TEÓRICA EN CETES Y ANÁLISIS *BACKTESTING* SIN CONSIDERAR PONDERADOR DE VOLATILIDAD - TIEMPO

A. APLICACIÓN DE LOS MODELOS VAR Y ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS (SIN PONDERADOR).

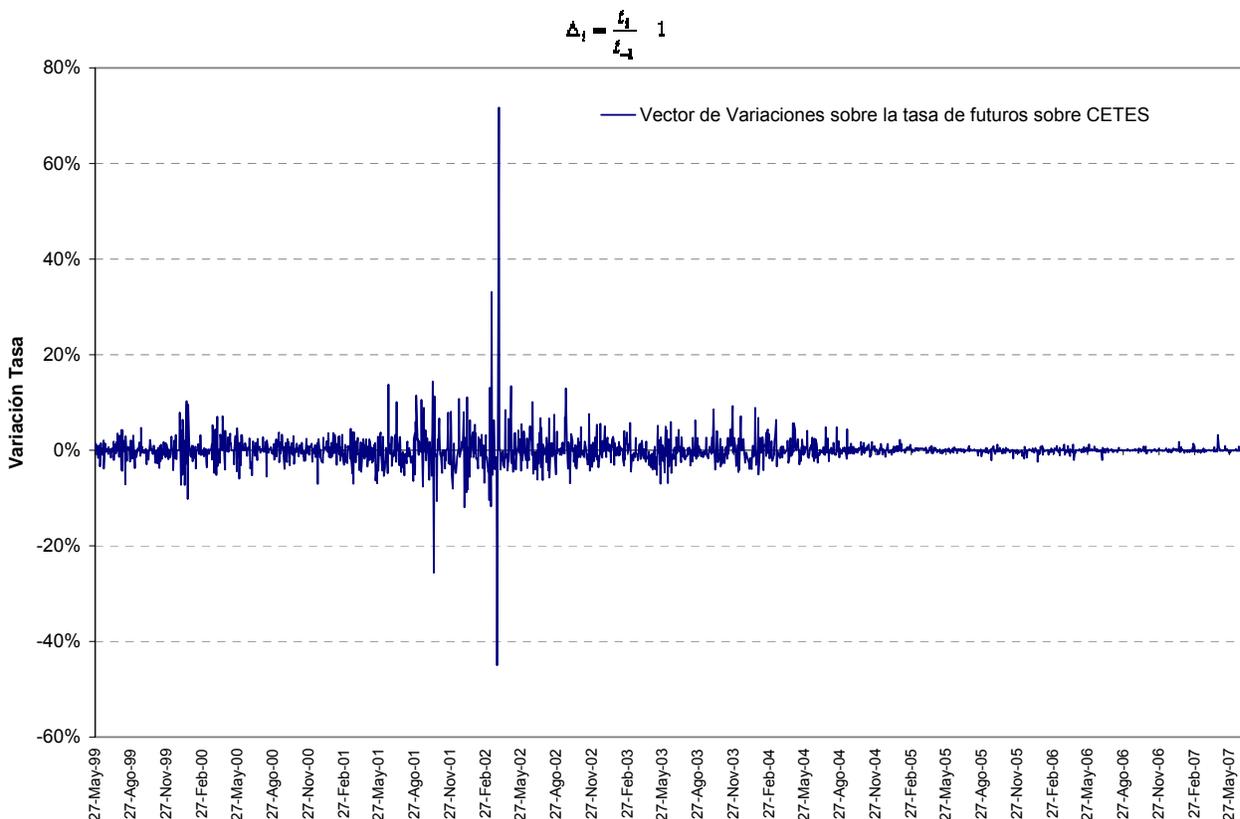
1. MODELO SIMULACIÓN HISTÓRICA – SIN PONDERADOR

Como se indicó en el capítulo anterior, para este modelo la serie de liquidación de futuros sobre CETES se re expresó, mediante un enfoque discreto, en términos de la variación de t_i a t_{i-1} , con base en la ecuación 3.22.

Dicha re expresión, consiste en simular el periodo de estudio considerando las variaciones observadas en cada día de operación y aplicando dicha variación al dato más reciente, obteniendo así un nuevo vector de tasas.

GRÁFICA 4.1 SIMULACIÓN HISTÓRICA

Vector de Variaciones sobre la tasa de futuros sobre CETES



Una vez obtenido el vector de variaciones, se procedió a generar la simulación histórica de tasas con base en las variaciones del cierre presentadas en la gráfica 4.1.

En el primer semestre de 2007, se tienen 124 días de operación⁵⁴ y 2044 observaciones, para cada una de esas observaciones se generó su vector histórico de tasas, de esta forma para el primer día de operación de 2007, se simularon 1920 tasas, para el segundo día de operación 1921 tasas y así sucesivamente, hasta el 29 de junio de 2007 que fueron generadas 2044 tasas, en total, se simularon 247,624 datos. Ver Tabla 4.1.

TABLA 4.1
SIMULACIÓN HISTÓRICA DE TASAS
PERIODO DE ESTUDIO: PRIMER SEMESTRE 2007, 124 OBSERVACIONES.
NÚMERO DE OBSERVACIONES BASE 1920 HASTA 2044
TOTAL DE DATOS SIMULADOS: 247,624

Periodo de Estudio →		1	2	3	...	...	...	122	123	124
No.	Fecha	02/01/2007	03/01/2007	04/01/2007	...	...	...	27/06/2007	28/06/2007	29/06/2007
Observaciones	Operación									
1	27/05/1999	7.08%	7.11%	7.14%	...	...	...	7.40%	7.38%	7.39%
2	28/05/1999	7.17%	7.20%	7.24%	...	...	...	7.50%	7.48%	7.49%
3	31/05/1999	7.02%	7.05%	7.08%	...	...	...	7.33%	7.31%	7.32%
...
...
1920	29/12/2006	7.05%	7.08%	7.11%	...	...	...	7.37%	7.35%	7.36%
1921	02/01/2007		7.14%	7.17%	...	...	...	7.43%	7.41%	7.42%
1922	03/01/2007			7.17%	...	...	...	7.43%	7.41%	7.42%
...
...
2042	27/06/2007				...	...	...	7.39%	7.37%	7.38%
2043	28/06/2007				...	...	...		7.36%	7.37%
2044	29/06/2007				...	...	...			7.40%

Fuente: Elaborado con base en información reportada por el MEXDER en su sitio Web.

⁵⁴ En adelante, cuando se indique que se realiza algún cálculo para los días o periodo de operación, se estará haciendo referencia al periodo de estudio que corresponde al primer semestre de 2007.

Posteriormente, se generó el valor de la posición para cada una de las 247,624 tasas simuladas. En la Tabla 4.2 se presenta un concentrado de dicho ejercicio. Como se indicó en el capítulo tercero, la posición analizada es por un valor de diez millones de pesos (\$10,000,000), ajustada por el nivel de la tasa en el momento t.

TABLA 4.2
SIMULACIÓN HISTÓRICA
SIMULACIÓN DEL VALOR DE LA POSICIÓN

No. Observaciones	Fecha Operación	1	2	3	...	...	...	122	123	124
		02/01/2007	03/01/2007	04/01/2007	...	...	...	27/06/2007	28/06/2007	29/06/2007
1	27/05/1999	9,824,180	9,823,448	9,822,716	...	...	...	9,816,379	9,816,866	9,816,623
2	28/05/1999	9,821,873	9,821,132	9,820,391	...	...	...	9,813,972	9,814,465	9,814,219
3	31/05/1999	9,825,750	9,825,025	9,824,300	...	...	...	9,818,018	9,818,501	9,818,260
...
...
1920	29/12/2006	9,824,909	9,824,180	9,823,451	...	...	...	9,817,140	9,817,625	9,817,382
1921	02/01/2007		9,822,713	9,821,979	...	...	...	9,815,615	9,816,105	9,815,860
1922	03/01/2007			9,821,982	...	...	...	9,815,619	9,816,108	9,815,863
...
...
2042	27/06/2007				...	...	...	9,816,622	9,817,109	9,816,866
2043	28/06/2007				...	...	...		9,817,352	9,817,109
2044	29/06/2007				...	...	...			9,816,379

Fuente: Elaborado con base en información reportada por el MEXDER en su sitio Web.

El siguiente paso fue generar la diferencia entre el valor más reciente en la posición en CETES y el valor simulado en el momento t ($CT_{t\Delta}$) con base en la ecuación 3.31. Las pérdidas respecto del valor de la posición en el momento t, se presentan en la tabla 4.3.

TABLA 4.3
SIMULACIÓN HISTÓRICA
PÉRDIDAS O GANANCIAS $CT_t - CT_{t\Delta}$

		1	2	3	...	...	...	122	123	124
No.	Fecha									
Observaciones	Operación	02/01/2007	03/01/2007	04/01/2007	...	...	...	27/06/2007	28/06/2007	29/06/2007
1	27/05/1999	0	0	0	...	...	...	0	0	0
2	28/05/1999	2,307	2,316	2,326	...	...	...	2,407	2,401	2,404
3	31/05/1999	-1,571	-1,577	-1,583	...	...	...	-1,639	-1,635	-1,637
...
...
1920	29/12/2006	243	244	245	...	...	...	254	253	254
1921	02/01/2007	-729	-732	-735	...	...	...	-761	-759	-760
1922	03/01/2007		735	738	...	...	...	764	762	763
...
...
2042	27/06/2007				...	...	...	-243	-243	-243
2043	28/06/2007				...	...	...		-486	-487
2044	29/06/2007				...	...	...			244

Fuente: Elaborado con base en información reportada por el MEXDER en su sitio Web.

Como se observa en la Tabla 4.3, las pérdidas o ganancias durante el periodo de estudio son mínimas en razón de que las variaciones en tasa también fueron pequeñas con cambios no mayores a 3 puntos base. Es importante recordar que 100 puntos base son equivalentes a un 1%. En tal sentido, los cambios resultantes en el valor del portafolio para el periodo de estudio son pequeños en comparación con los cambios registrados durante las primeras mil observaciones, ver Gráfica 4.1.

El siguiente paso, fue ordenar de manera individual y de forma descendente, cada uno de los vectores de pérdidas o ganancias para poder establecer el VaR correspondiente a cada uno de los 124 días que fueron analizados. Ver Tabla 4.4.

TABLA 4.4
SIMULACIÓN HISTÓRICA
SERIE ORDENADA PARA DETERMINAR EL 5% COMO VAR

	1	2	3	...	...	...	122	123	124
Serie									
Ordenada	02/01/2007	03/01/2007	04/01/2007	...	...	...	27/06/2007	28/06/2007	29/06/2007
Ganancias	122,325	122,819	123,312	...	...	...	127,581	127,253	127,417
	56,860	57,091	57,322	...	...	...	59,321	59,167	59,244
	24,835	24,936	25,037	...	...	...	25,913	25,846	25,880

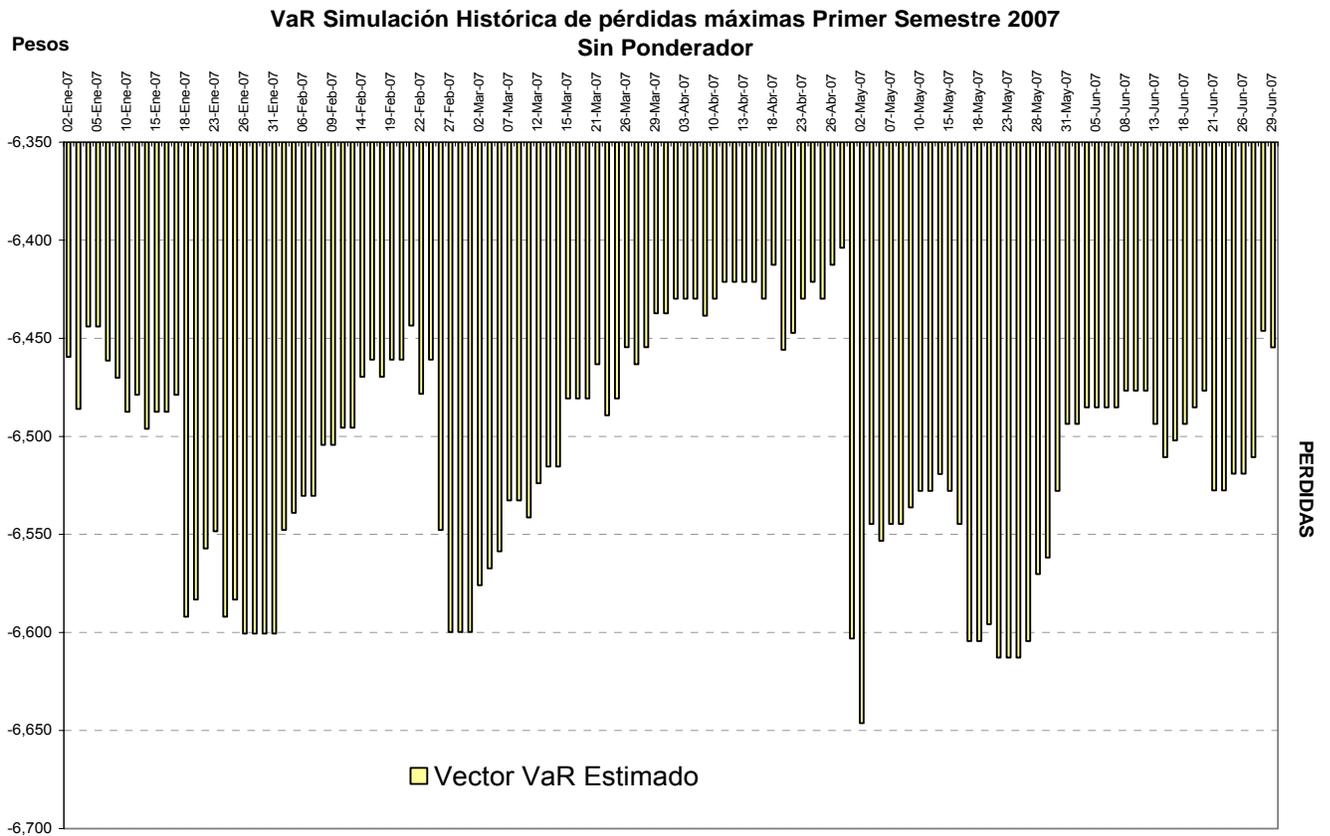
Pérdidas	-78,252	-44,584	-20,822	...	...	...	-5,878	-5,809	-5,810
		-78,574	-44,767	...	...	...	-5,913	-5,863	-5,817
			-78,897	...	...	...	-5,965	-5,898	-5,870
			
			
				...	...	...	-81,688	-46,223	-21,526
				...	...	...		-81,473	-46,284
				...	...	...			-81,581

Fuente: Elaborado con base en información reportada por el MEXDER en su sitio Web.

La Tabla 4.4 indica que durante las 2044 observaciones analizadas, la mayor ganancia registrada fue de 127,417 pesos, en tanto que la mayor pérdida observada fue de -81,581 pesos.

Con base en un intervalo de confianza preestablecido al 95%, se determinó el valor de la pérdida que ocupa la posición ubicada en el 5% de las “n” observaciones, empezando por la mayor pérdida. El comportamiento del vector VaR de pérdidas simuladas para el periodo de estudio se presenta en la gráfica 4.2.

GRÁFICA 4.2
SIMULACIÓN HISTÓRICA



En resumen, este primer modelo de simulación histórica presenta distintos niveles de VaR que oscilan en un rango de -6,400 a -6,650 pesos. En el apartado B del presente capítulo se comparará dichos resultados con las pérdidas efectivamente registradas.

2. MODELO MARKOWITZ DELTA – SIN PONDERADOR

Tradicionalmente el modelo Markowitz es utilizado para evaluar un portafolios de activos del cual se desea establecer el VaR mediante el uso de la matriz de varianza – covarianza y en el cual, se le asigna un peso w_i a cada activo.

Sin embargo, para los propósitos de la presente investigación, el modelo se utilizará únicamente para valuar un solo activo por lo que el factor $w_i=1$ y se utilizará la ecuación 3.21 para determinar el VaR de dicho activo.

Para tal efecto, el primer paso fue establecer mediante un análisis discreto la variación histórica de las tasas de liquidación de futuros sobre CETES. Para dicha variación se aplicó la ecuación 3.22. Cabe señalar que al igual que en el modelo de simulación histórica el número de datos que fueron simulados para la variación son 247,624.

TABLA 4.5
MARKOWITZ DELTA – SIN PONDERADOR
VARIACIÓN HISTÓRICA DE TASA DE FUTUROS DE CETES

No.	Fecha									
Obs.	Operación	02/01/2007	03/01/2007	04/01/2007	...	...	...	27/06/2007	28/06/2007	29/06/2007
1	28/05/1999	1.34%	1.34%	1.34%	...	...	...	1.34%	1.34%	1.34%
2	31/05/1999	-0.91%	-0.91%	-0.91%	...	...	...	-0.91%	-0.91%	-0.91%
3	01/06/1999	1.01%	1.01%	1.01%	...	...	...	1.01%	1.01%	1.01%
...
1920	29/12/2006	-0.42%	-0.42%	-0.42%	...	...	...	-0.42%	-0.42%	-0.42%
1921	02/01/2007		0.42%	0.42%	...	...	...	0.42%	0.42%	0.42%
1922	03/01/2007			0.42%	...	...	...	0.42%	0.42%	0.42%
...
2042	27/06/2007							-0.13%	-0.13%	-0.13%
2043	28/06/2007								-0.27%	-0.27%
2044	29/06/2007									0.14%
Media		-0.009991%	-0.009765%	-0.009541%				-0.00717%	-0.00730%	-0.00723%
Varianza		0.0010122	0.0010117	0.0010111				0.0009533	0.0009528	0.0009524
Desv. Estd.		0.0318146	0.0318065	0.0317984				0.0308756	0.0308681	0.0308605

Fuente: Elaborado con base en información reportada por el MEXDER en su sitio Web.

De acuerdo a la metodología de Markowitz se procedió a calcular el valor medio de dichas variaciones de acuerdo a la ecuación 3.21.2, su varianza y su desviación estándar conforme a la ecuación 3.21.4, para cada uno de los días del periodo de estudio, las cuales se incorporan en la misma tabla 4.4. Es importante señalar que la matriz de varianzas se calculó de tal forma, que en el caso del modelo que considera el ponderador, dicha matriz pueda ser modificada.

Matriz de Varianzas

$$\sigma^2 = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12}^2 & \sigma_{13}^2 & \cdots & \sigma_{1j}^2 \\ & \sigma_{22}^2 & \sigma_{23}^2 & \cdots & \sigma_{2j}^2 \\ & & \sigma_{33}^2 & \cdots & \sigma_{3j}^2 \\ & & & \cdots & \cdots \\ & & & & \sigma_{ij}^2 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

El cálculo de la matriz de varianzas para las 2044 observaciones se presenta resumido en la Tabla 4.6.

El cálculo de la matriz de volatilidades se presenta resumido en la Tabla 4.7.

TABLA 4.7
SIMULACIÓN HISTÓRICA
MATRIZ DE VOLATILIDADES EN T

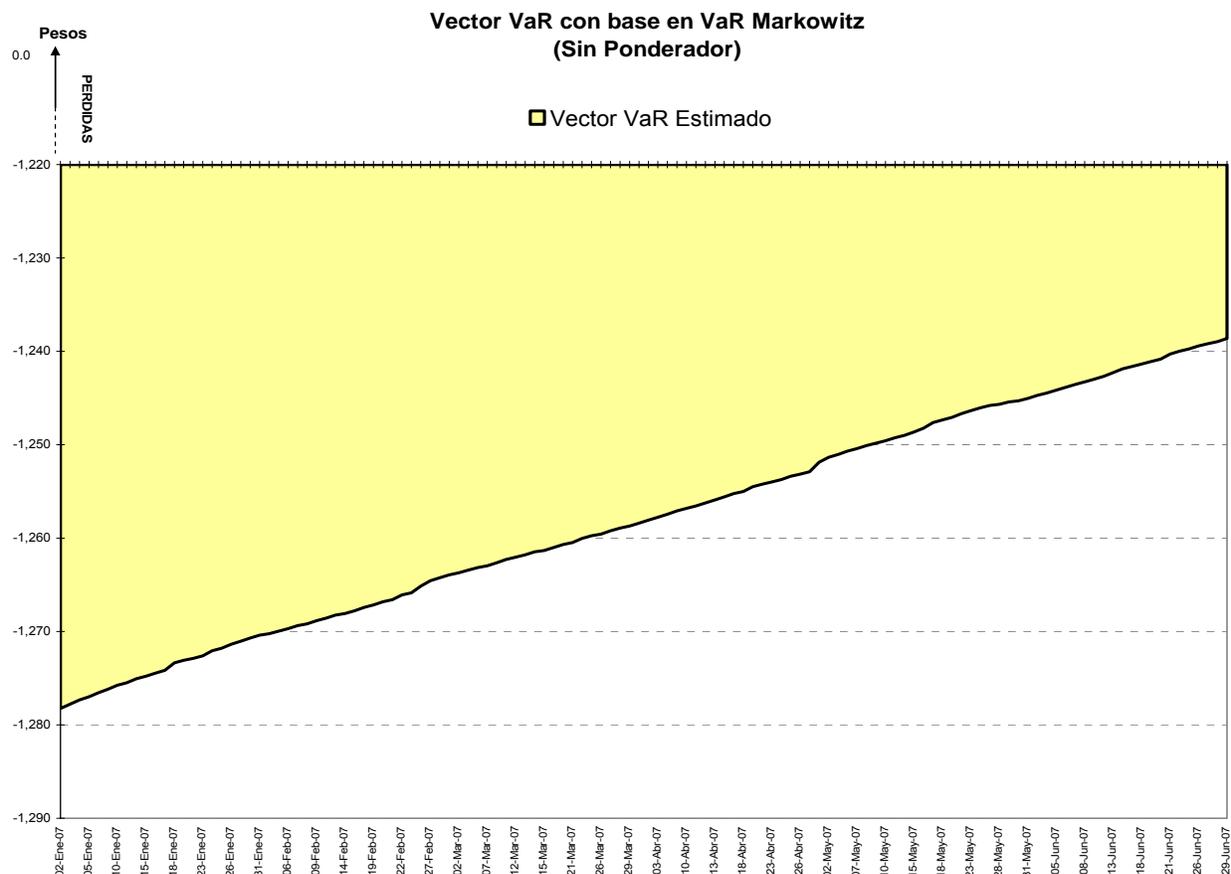
No. Observaciones	1	2	3	...	...	...	122	123	124
1	3.181E-02								
2		3.181E-02							
3			3.180E-02						
.				.					
.					.				
.						.			
2042							3.087E-02		
2043								3.086E-02	
2044									3.085E-02

Fuente: Elaborado con base en información reportada por el MEXDER en su sitio Web.

Para este caso sin ponderador, las volatilidades están reflejando toda la historia de las series, capturando las variaciones de la gráfica 4.1 las cuales, como ya se indicó, fueron muy elevadas de 1999 al año 2004.

Posteriormente, se calculó el vector de duration (ecuación 3.21.3) para cada día de operación y, finalmente, se determinó el VaR de acuerdo a la ecuación 3.21, obteniendo el comportamiento señalado en la Gráfica 4.3.

GRAFICA 4.3 MARKOWITZ DELTA



Como se observa, el VaR tiende a presentar una reducción en su valor una vez que se aleja de los periodos de alta inestabilidad, llegando a un nivel de -1,238.35 como VaR al último día del periodo de estudio.

En este modelo, a medida que se utilizan más observaciones de la serie, la volatilidad, determinada por la desviación estándar, tiende a presentar un intervalo menor conforme se aleja de los puntos en que se presentan altos periodos de volatilidad.

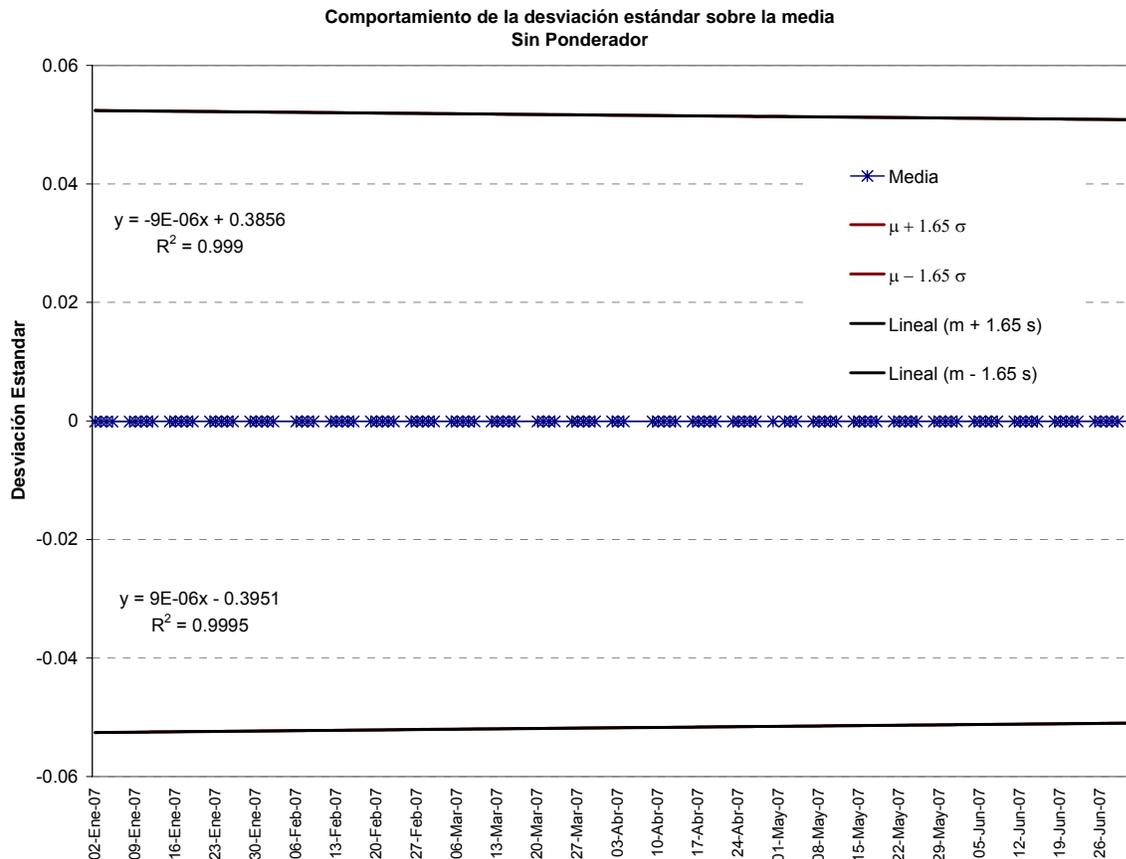
Lo anterior puede confirmarse de forma sencilla al establecer la ecuación que representa el comportamiento de la desviación estándar donde la pendiente de la volatilidad sobre la media se define por las ecuaciones 4.3 y 4.4

$$y = -mx + b; \quad y = -9E-06x + 0.3856 \quad (4.3)$$

$$y = mx + b; \quad y = 9E-06x - 0.3951 \quad (4.4)$$

En la ecuación 4.3, puede observarse claramente que la pendiente es negativa y de forma inversa en la ecuación 4.4 dicha pendiente es positiva. Esto demuestra que la volatilidad comienza a disminuir, de forma lenta, a medida que la serie se aleja de los periodos de alta volatilidad (Ver Gráfica 4.1). Visualmente, lo anterior se comprueba en la Gráfica 4.4.

GRÁFICA 4.4
Markowitz Delta



En resumen, con base en el modelo de Markowitz se obtienen niveles de VaR que oscilan en un intervalo de -1,230 a -1,280 pesos, el cual resulta muy inferior respecto al intervalo determinado con el modelo de simulación histórica. La evaluación de ambos modelos se realizará en el apartado B del presente capítulo mediante un Backtesting contra las pérdidas efectivamente registradas.

3. MODELO MONTE CARLO

De acuerdo al modelo Monte Carlo, el objetivo de dicha metodología es generar una serie de cambios aleatorios en el valor del portafolio de tal forma que se asume que el comportamiento de la variable de estudio no tendrá un patrón definido de conducta.

En la presente Tesis, en un principio se consideró aplicar el ponderador de volatilidad – tiempo a la simulación por Monte Carlo; sin embargo, al estudiar la estructura matemática de éste, desde un primer momento fue posible establecer que no era factible su aplicación, por esta razón en la investigación se incluye el modelo Monte Carlo únicamente para fines comparativos, toda vez que no es posible aplicar un ponderador a la historia de las variaciones, ya que éstas al determinarse de forma aleatoria, dejan de lado la historia y sobre todo la secuencia en que ocurrieron las mismas, razón por la que cualquier derivación del modelo Monte Carlo no permite el uso de un ponderador para la volatilidad observada. En las Tablas 4.7 a la 4.12, se presentan matrices de datos aleatorios generados con distintos factores de ajuste, cada matriz contiene un volumen de 1,250,000 variaciones aleatorias.

Es importante señalar el mecanismo para determinar la variación aleatoria de la posición del portafolio se calculó con el siguiente algoritmo.

$$\Delta\theta = \frac{\varepsilon^2}{\lambda} \quad (4.5)$$

donde:

$\Delta\theta$ = Variación aleatoria

ε = Número generado por aproximación estocástica.

λ = Factor de ajuste discrecional para Monte Carlo.

TABLA 4.8

Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 100

	1	2	3 . . .	122	123	124
1	0.01%	0.10%	0.02% . . .	0.08%	0.09%	0.16%
2	0.44%	0.33%	0.09% . . .	0.19%	0.98%	0.35%
3	0.05%	0.41%	0.03% . . .	0.65%	0.14%	0.34%
...
5000	0.88%	0.38%	0.64% . . .	0.05%	0.70%	0.18%
5001	0.19%	0.80%	0.00% . . .	0.36%	0.64%	0.11%
5002	0.81%	0.21%	0.08% . . .	0.04%	0.69%	0.29%
...
9998	0.00%	0.00%	0.19% . . .	0.45%	0.25%	0.10%
9999	0.01%	0.00%	0.14% . . .	0.01%	0.46%	0.28%
10000	0.23%	0.40%	0.06% . . .	0.50%	0.09%	0.73%

TABLA 4.9

Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 2000

	1	2	3 . . .	122	123	124
1	0.012%	0.042%	0.026% . . .	0.048%	0.011%	0.046%
2	0.027%	0.044%	0.010% . . .	0.009%	0.029%	0.011%
3	0.023%	0.003%	0.003% . . .	0.047%	0.000%	0.044%
...
5000	0.018%	0.014%	0.001% . . .	0.001%	0.024%	0.001%
5001	0.000%	0.049%	0.007% . . .	0.000%	0.002%	0.023%
5002	0.023%	0.013%	0.032% . . .	0.047%	0.001%	0.019%
...
9998	0.000%	0.037%	0.004% . . .	0.049%	0.000%	0.001%
9999	0.036%	0.004%	0.002% . . .	0.036%	0.000%	0.049%
10000	0.000%	0.002%	0.016% . . .	0.024%	0.004%	0.006%

OPTIMIZACIÓN DEL VALOR EN RIESGO MEDIANTE BACKTESTING A MODELOS DE SIMULACIÓN HISTÓRICA,
 MARKOWITZ Y MONTE CARLO CONSIDERANDO EL USO DE UN PONDERADOR VOLATILIDAD – TIEMPO:
 EL CASO DEL RIESGO MODELO EN LOS FUTUROS DE CETES EN EL MEXDER.

TABLA 4.10

Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 2250

	1	2	3 . . .	122	123	124
1	0.011%	0.022%	0.038%	0.020%	0.012%	0.003%
2	0.012%	0.017%	0.000%	0.020%	0.005%	0.015%
3	0.003%	0.013%	0.023%	0.021%	0.040%	0.004%
5000	0.024%	0.019%	0.005%	0.014%	0.004%	0.044%
5001	0.009%	0.000%	0.007%	0.004%	0.005%	0.012%
5002	0.020%	0.031%	0.043%	0.000%	0.023%	0.040%
9998	0.010%	0.002%	0.002%	0.044%	0.034%	0.000%
9999	0.019%	0.017%	0.038%	0.013%	0.023%	0.002%
10000	0.030%	0.039%	0.043%	0.005%	0.044%	0.024%

TABLA 4.11

Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 3000

	1	2	3 . . .	122	123	124
1	0.012%	0.031%	0.027%	0.000%	0.009%	0.009%
2	0.007%	0.027%	0.016%	0.009%	0.000%	0.003%
3	0.010%	0.002%	0.001%	0.027%	0.017%	0.000%
5000	0.027%	0.004%	0.031%	0.000%	0.001%	0.016%
5001	0.023%	0.009%	0.010%	0.000%	0.029%	0.002%
5002	0.001%	0.023%	0.033%	0.006%	0.000%	0.015%
9998	0.010%	0.003%	0.004%	0.025%	0.005%	0.001%
9999	0.028%	0.000%	0.017%	0.032%	0.015%	0.033%
10000	0.019%	0.025%	0.033%	0.033%	0.002%	0.004%

TABLA 4.12

Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 4000

	1	2	3 . . .	122	123	124
1	0.001%	0.006%	0.010%	0.003%	0.024%	0.014%
2	0.024%	0.025%	0.016%	0.001%	0.002%	0.001%
3	0.001%	0.004%	0.007%	0.000%	0.002%	0.001%
5000	0.012%	0.002%	0.003%	0.000%	0.001%	0.017%
5001	0.000%	0.002%	0.017%	0.015%	0.017%	0.002%
5002	0.020%	0.000%	0.018%	0.010%	0.025%	0.002%
9998	0.009%	0.024%	0.008%	0.019%	0.024%	0.007%
9999	0.007%	0.003%	0.006%	0.020%	0.002%	0.000%
10000	0.025%	0.014%	0.012%	0.005%	0.003%	0.002%

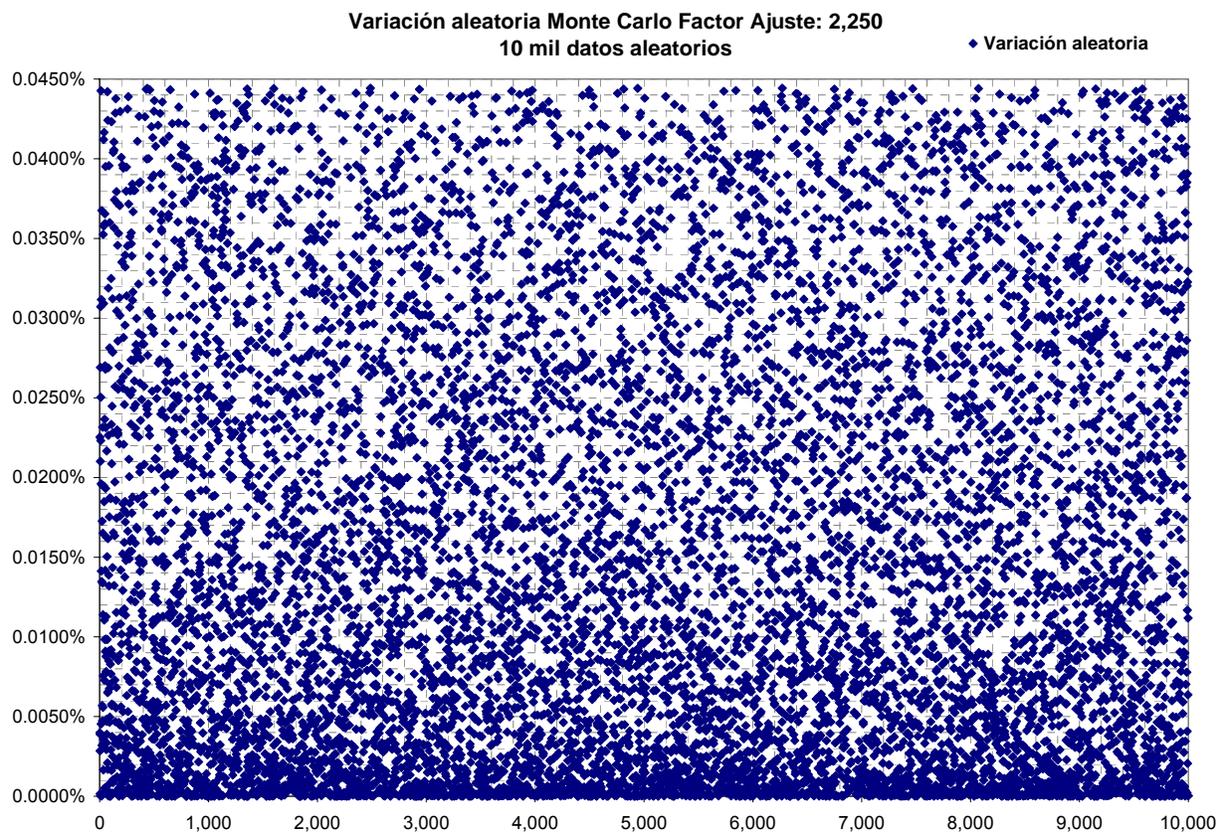
TABLA 4.13

Variación Aleatoria Monte Carlo con Factor de Ajuste = 7000

	1	2	3 . . .	122	123	124
1	0.001%	0.012%	0.005% . . .	0.013%	0.012%	0.003%
2	0.000%	0.009%	0.003% . . .	0.008%	0.004%	0.001%
3	0.002%	0.007%	0.002% . . .	0.012%	0.002%	0.005%
...
5000	0.012%	0.000%	0.005% . . .	0.014%	0.001%	0.011%
5001	0.010%	0.005%	0.002% . . .	0.007%	0.004%	0.000%
5002	0.004%	0.003%	0.000% . . .	0.000%	0.008%	0.005%
...
9998	0.001%	0.006%	0.005% . . .	0.010%	0.005%	0.003%
9999	0.003%	0.001%	0.009% . . .	0.001%	0.009%	0.001%
10000	0.013%	0.001%	0.000% . . .	0.004%	0.005%	0.001%

En este orden de ideas, se utilizaron diversos factores de ajuste en Monte Carlo, para cada factor fueron generados 10 mil datos aleatorios por cada día del periodo de estudio. Con estos valores aleatorios, se establecieron las variaciones que fueron aplicadas directamente al valor total de la posición, es decir, sobre los 10 millones de pesos. La gráfica 4.5 de variaciones aleatorias considera un factor de ajuste de 2,250, factor que permitió ajustar el Modelo Monte Carlo, lo cual se explicará en el apartado de evaluación Backtesting.

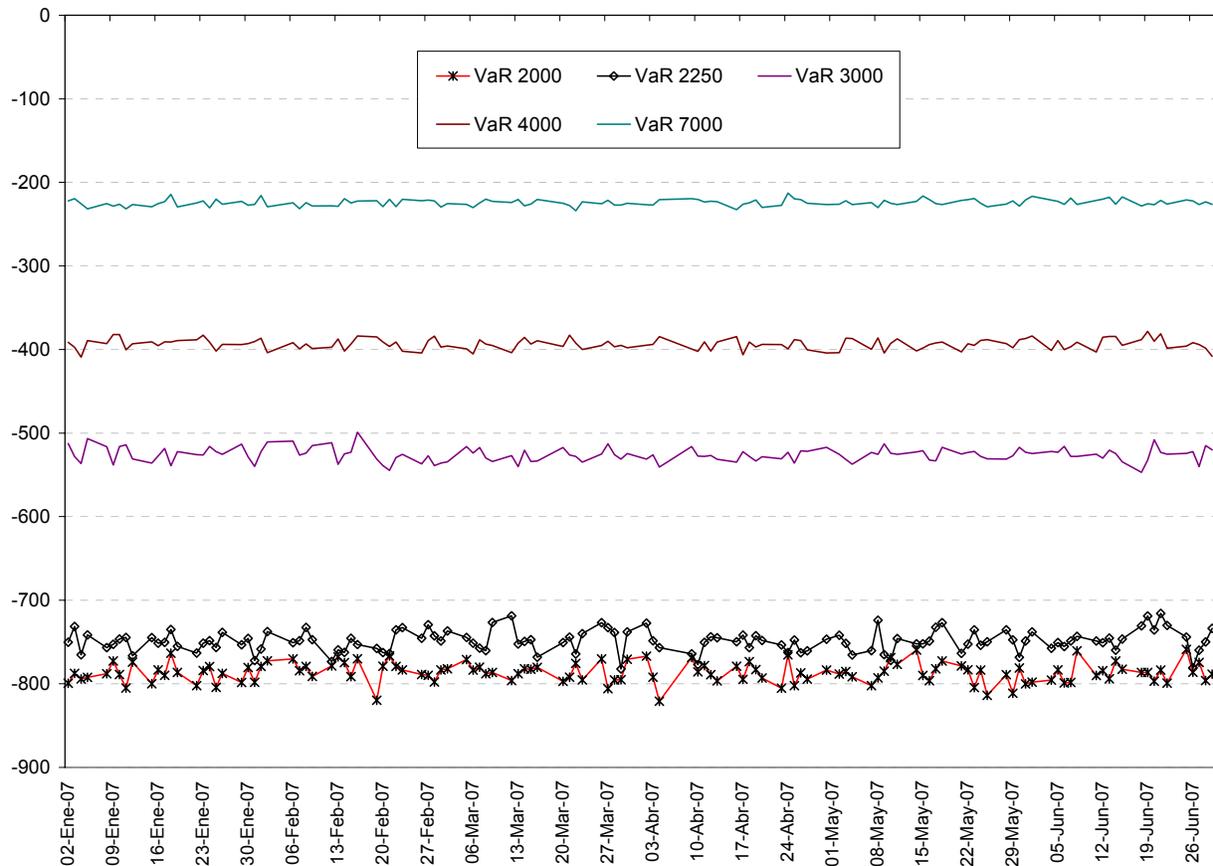
GRÁFICA 4.5 MONTE CARLO



Para cada factor de ajuste, se calcularon las variaciones del portafolio y el VaR para cada día de operación. De esta forma, se encontraron distintos niveles de VaR lo cual se presenta en la gráfica 4.6, en la cual se demuestra que es posible ajustar el valor del VaR.

GRÁFICA 4.6 MONTE CARLO

Vector VaR con distintos factores de ajuste en Monte Carlo



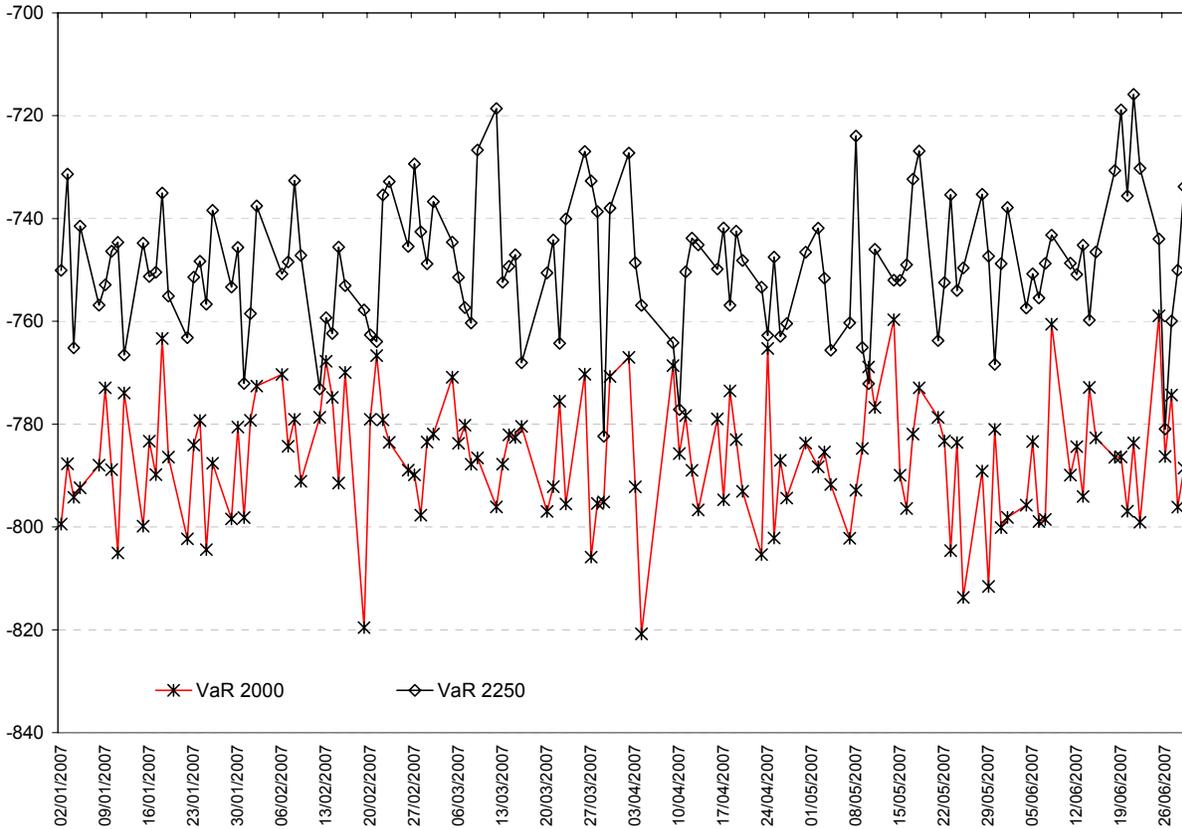
Los factores que se ajustaron mejor a las pérdidas efectivamente observadas, se presentan de forma más detallada en la gráfica 4.7. Los anteriores vectores, se resumen en la Tabla 4.14.

TABLA 4.14

Monte Carlo, Vector VaR con base en Monte Carlo con distintos niveles de ajuste							
	1	2	3	...	122	123	124
Factor 100	-15,480.72	-15,803.77	-15,766.65	. . .	-15,655.67	-15,678.68	-15,573.26
Factor 2000	-799.42	-787.72	-794.21	. . .	-774.36	-796.14	-788.56
Factor 2250	-750.09	-731.34	-765.17	. . .	-759.95	-750.03	-733.82
Factor 3000	-512.44	-528.02	-536.46	. . .	-540.10	-514.82	-520.16
Factor 4000	-391.46	-397.34	-409.03	. . .	-394.10	-398.42	-408.26
Factor 7000	-222.06	-219.51	-225.64	. . .	-226.66	-223.37	-226.34

GRÁFICA 4.7

Vector VaR con factores de ajuste en Monte Carlo
 Nivel de confianza 96.77%



En la gráfica anterior, con ambos factores de ajuste (2,000 y 2,250) se obtiene el mismo intervalo de confianza de 96.77%. Sin embargo, el factor 2,250 permite utilizar un menor nivel de VaR, lo cual se refleja en menores costos de oportunidad al tener una menor reserva para pérdidas esperadas, esto se resume en la Tabla 4.15

TABLA 4.15
MONTE CARLO
VAR PROMEDIO CON FACTOR DE AJUSTE

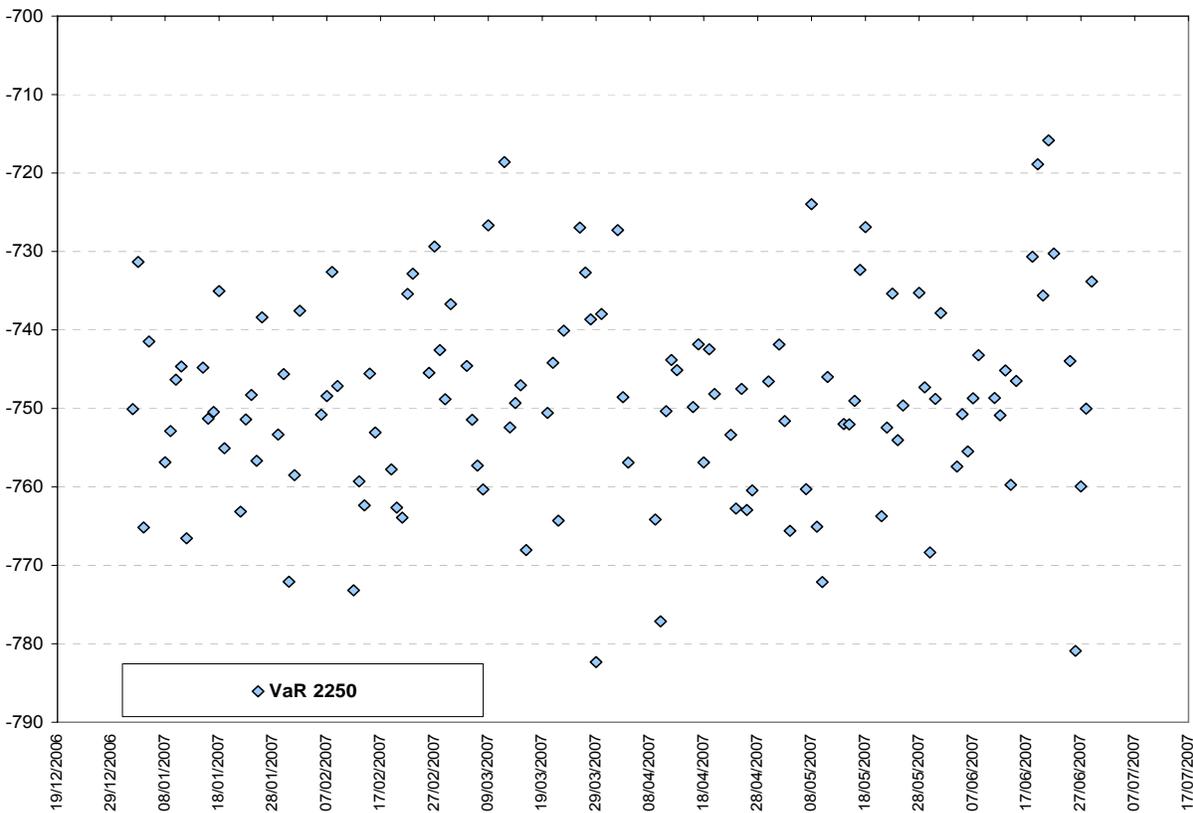
Factor	VaR Promedio
2,000	-786.59
2,250	-748.89
Diferencia	37.3

Por el tamaño del portafolio analizado, podría afirmarse que no resulta una gran diferencia entre ambos casos, sin embargo, esta diferencia puede ser muy significativa cuando se operan cientos de millones de pesos y no sólo diez millones de pesos.

Asimismo, la dispersión del VaR considerando el factor de ajuste de 2,250 que permite “aprobar” el modelo VaR Monte Carlo con ajuste se presenta en la gráfica 4.8.

GRÁFICA 4.8 MONTE CARLO

Vector VaR con factores de ajuste en Monte Carlo de 2,250
Nivel de confianza 96.77%



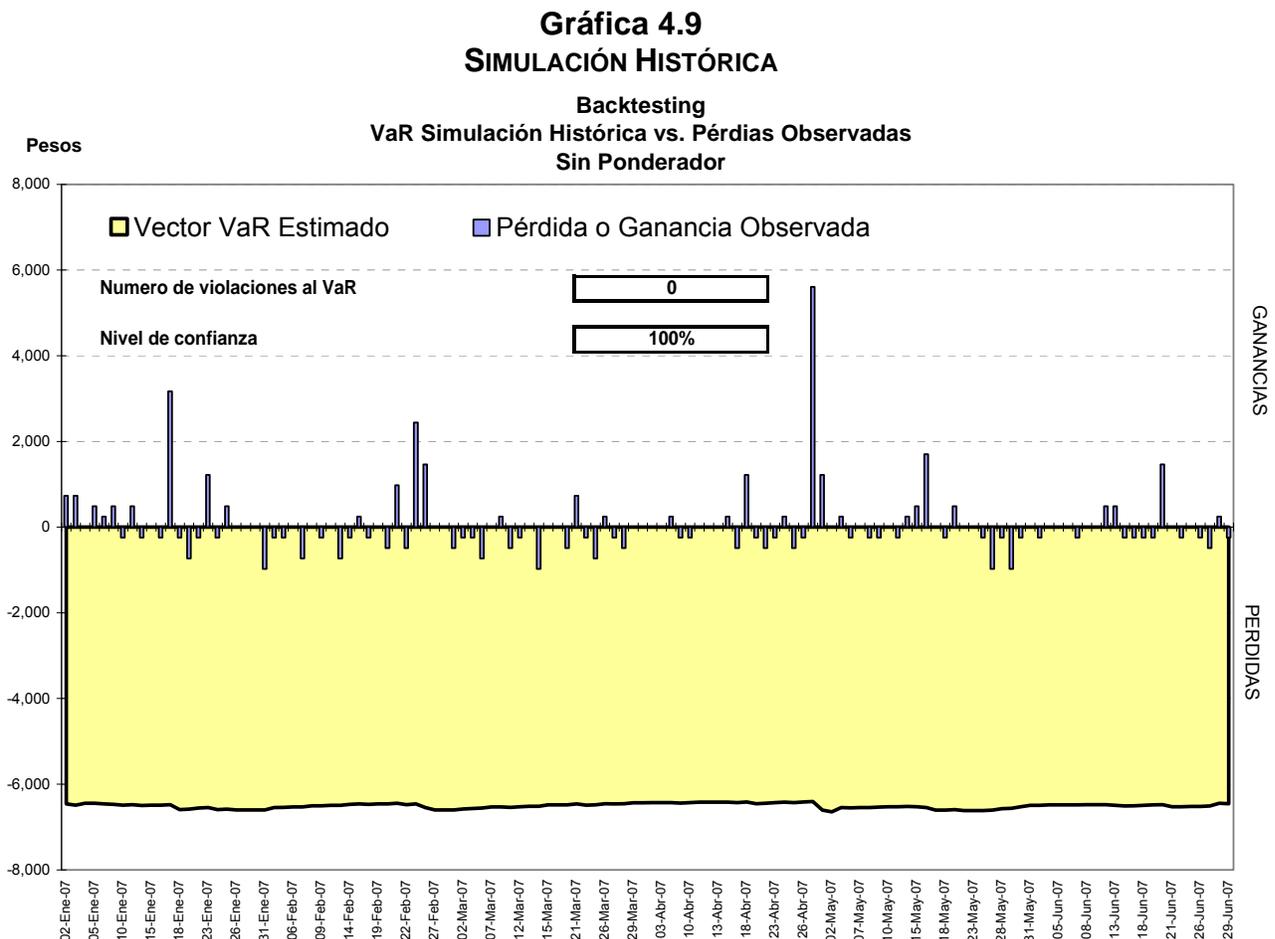
En resumen, se puede concluir de forma preeliminar, que el modelo Monte Carlo, no permite utilizar la historia de volatilidades de la serie para determinar el VaR, toda vez que al aplicar cualquier ajuste aleatorio, por la misma naturaleza estocástica, se pierde todo vínculo a la historia de la serie de estudio. Asimismo, también se encontró que el Modelo Monte Carlo puede ajustarse para obtener un nivel de VaR cercano a las pérdidas efectivamente registradas.

B. Backtesting del los modelos VaR y Administración de Riesgos (sin ponderador)

1. MODELO SIMULACIÓN HISTÓRICA SIN PONDERADOR - BACKTESTING

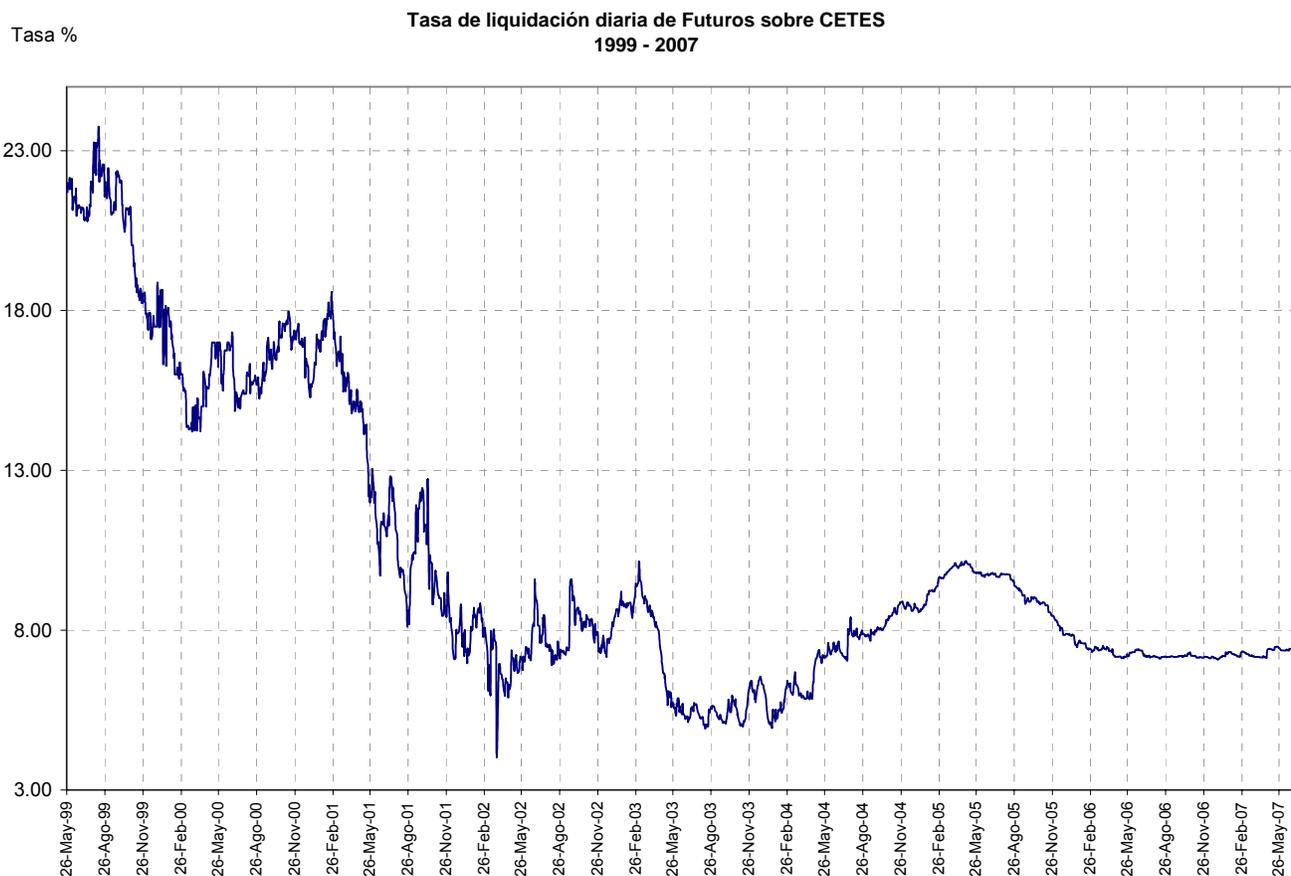
Como se indicó, el objetivo de la presente investigación no es evaluar la mejor técnica de Backtesting, el cual fue definido en el capítulo 3, el objetivo, es hacer un análisis discreto entre el VaR estimado y la pérdida realmente observada y, con base en ello, establecer, si se presentaron o no violaciones al VaR y la magnitud de la sub o sobre estimación del VaR.

Los resultados del Backtesting al modelo de simulación histórica sin ponderador, se presentan en la Grafica 4.9



Como puede observarse en el gráfico 4.9, con el modelo de simulación histórica **no se presentaron violaciones a VaR** toda vez que el VaR estimado fue muy superior a las verdaderas pérdidas que se presentaron en el mercado, dicha situación obedece a que el VaR de simulación histórica capturó periodos de gran volatilidad en el pasado, mismos que sugieren un monto de VaR elevado. Los periodos de gran volatilidad se presentan en la Gráfica 4.10, particularmente de 1999 al 2003.

Gráfica 4.10
SIMULACIÓN HISTÓRICA



En este sentido, de forma preliminar puede concluirse que el modelo VaR de simulación histórica sin ponderador, sobre estima las pérdidas verdaderas, al reflejar la historia de volatilidad durante las primeras mil observaciones, dando el mismo peso a todas las pérdidas. Es importante señalar que la tasa de liquidación diaria se determina al

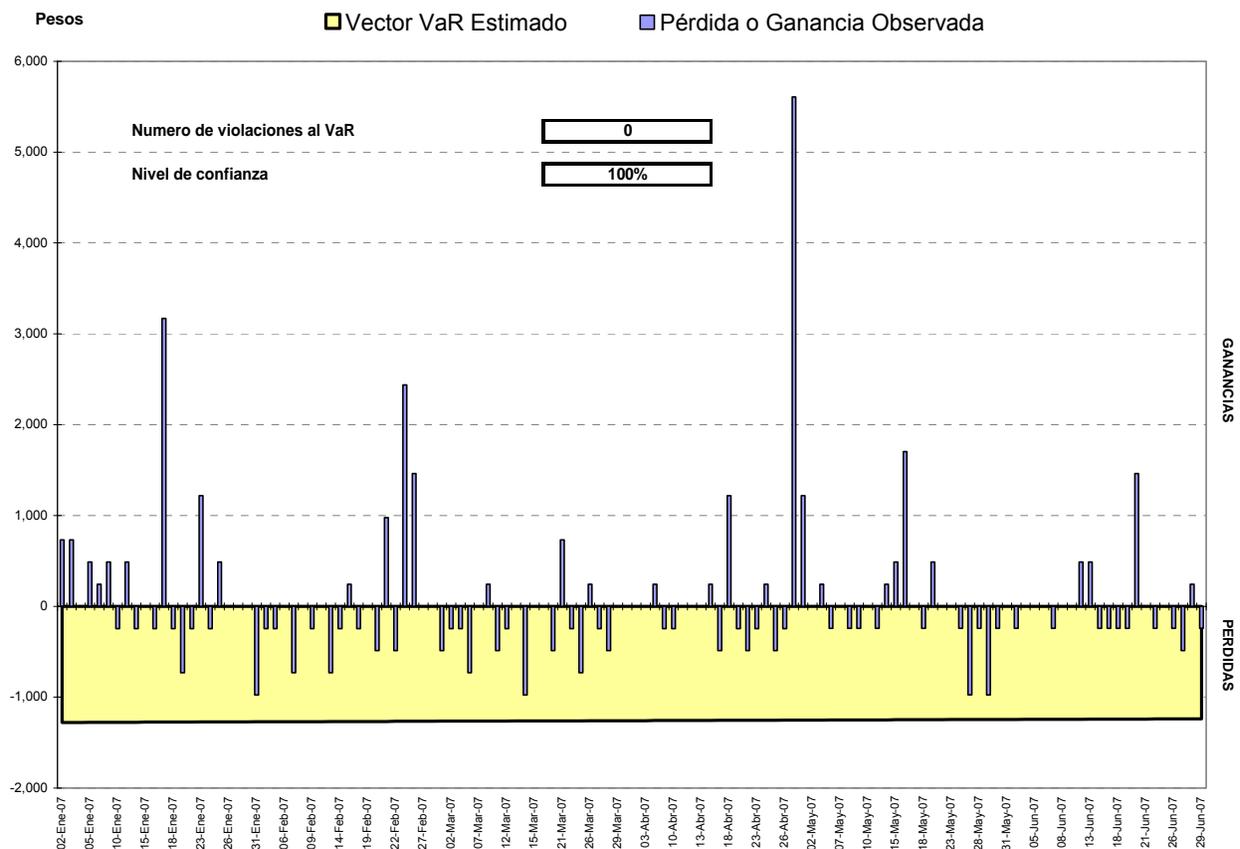
finalizar una sesión de negociación, en la que el MexDer calcula la Tasa de Liquidación Diaria, la cual fue utilizada en la presente investigación desde el 26 de mayo de 1999 hasta el 29 de junio de 2007 (2,044 observaciones)⁵⁵.

2. MODELO MARKOWITZ DELTA SIN PONDERADOR - BACKTESTING

Considerando el monto de VaR establecido, se procedió a determinar el VaR para cada día de operación del primer semestre de 2007, y realizó el Backtesting a través de comparar el resultado contra las pérdidas efectivamente registradas durante el mismo periodo de operación, obteniendo el vector de VaR indicado en la Gráfica 4.11

GRÁFICA 4.11
MARKOWITZ DELTA

Backtesting
 VaR Markowitz vs. Pérdidas Observadas
 Sin Ponderador



⁵⁵ Ver Anexo 1.

En la Tabla 4.16 se presenta el valor medio del VaR estimado y de la pérdida observada así como la desviación estándar de ambos parámetros

TABLA 4.16
MARKOWITZ DELTA
PARÁMETROS DEL VAR

	VaR	Pérdida Observada
Media	-1,258	59
Desvest	11.54	779.74
Pérdida		
Máxima	-1,278 (a)	-975 (b)
Diferencia%		(a/b)-1= 31%

De lo anterior, se observa que el VaR-Markowitz sin ponderador sobre estima el valor medio observado, ya que si bien, no se registró ninguna violación al VaR, la diferencia respecto a la pérdida máxima se sobrestimó en un 31% y, si se considera que el VaR es un parámetro que debe ser utilizado para constituir una reserva por la pérdida esperada, representa una sobre estimación de dicha reserva precisamente en 31%, representando un costo de oportunidad muy elevado al considerar que las operaciones son muy superiores a diez millones de pesos y que tales recursos, dejarían de generar algún interés.

Como conclusión, puede señalarse que si bien la volatilidad comienza a reflejar un menor nivel de desviación respecto al valor medio, a medida que se van capturando más observaciones, ésta sobre estima el verdadero valor del VaR, lo cual implica que, con base en la volatilidad histórica sin ponderador, no se presente ninguna excepción al VaR, tal como se pudo constatar en la Gráfica 4.4.

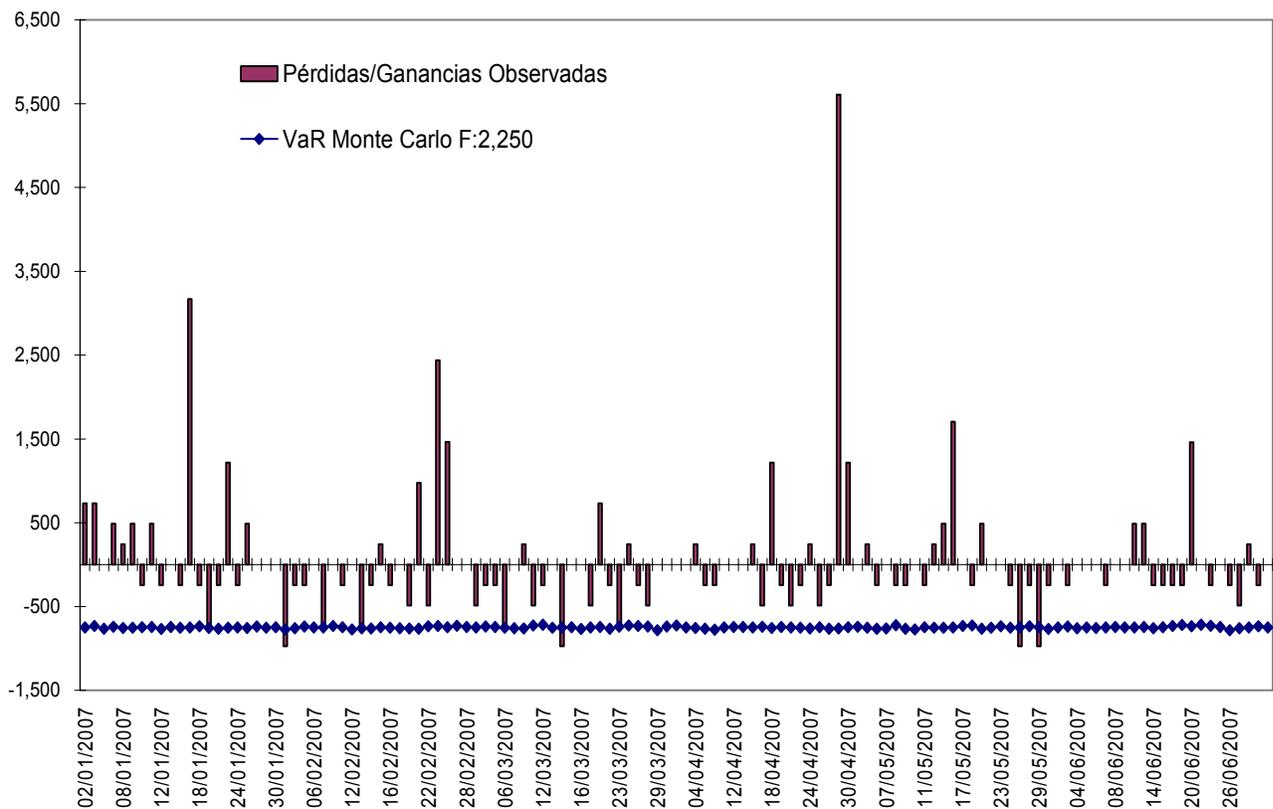
Hasta este punto, comparando ambos modelos, simulación histórica y Markowitz, sin ponderador, entre estos, resultó con mayor eficiencia Markowitz, aunque aún sobre estima el VaR, sin presentar ninguna violación al mismo.

3. MODELO MONTE CARLO - BACKTESTING

Al realizar las pruebas de Backtesting al modelo Monte Carlo con los distintos valores del factor de ajuste, se encontró que el factor λ : 2,250, presentó un numero de violaciones tal, que permite aceptar el modelo VaR con un intervalo de 96.77% de confianza, esto se observa en la Gráfica 412.

GRÁFICA 4.12
MONTE CARLO

Backtesting Modelo VaR Monte Carlo F;2,250 vs Pérdidas reales observadas



En la Tabla 4.17 se resume el resultado del Backtesting para cada uno de los factores utilizados.

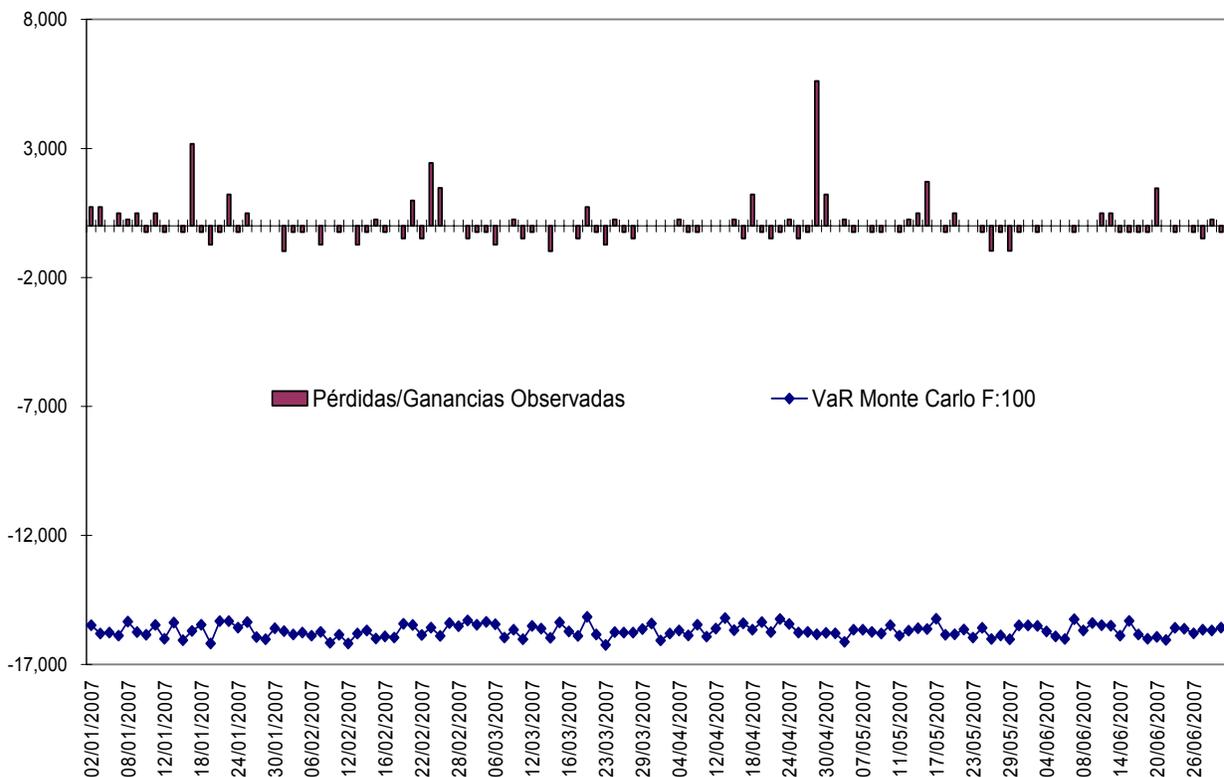
TABLA 4.17
MONTE CARLO
RESULTADOS BACKTESTING

Factor λ	Violaciones	Máximo Perm.	Intervalo Conf.
Factor 100	0	6.2	100.00%
Factor 2000	4	6.2	96.77%
Factor 2250	4	6.2	96.77%
Factor 3000	9	6.2	92.74%
Factor 4000	19	6.2	84.68%
Factor 7000	57	6.2	54.03%

La gráfica del VaR Monte Carlo con el factor de 100, sin ninguna violación al VaR se presenta en la gráfica 4.13.

GRÁFICA 4.13
MONTE CARLO

Backtesting Modelo VaR Monte Carlo $\lambda = 100$ vs Pérdidas reales observadas



Como se observa en la gráfica, el factor igual a 100, sobre estima en exceso el VaR, por lo que en cualquier Backtesting, al presentar un intervalo de confianza igual a 100% (ninguna violación) debe ponerse en duda la posible sobre estimación del verdadero VaR requerido y por tanto de un costo de oportunidad demasiado elevado en razón de la constitución de reservas para afrontar las posibles pérdidas.

Por otra parte, puede concluirse, que el Modelo Monte Carlo puede ser útil en la elaboración de escenarios extremos y stress test, ya que cubre cualquier pérdida “anormal” en el comportamiento de la variable de estudio.

Como conclusión, el modelo Monte Carlo, también puede ajustarse para acercarse a las pérdidas efectivamente presentadas. Sin embargo, este modelo y el ajuste, siguen una metodología diferente a la estudiada para los modelos de simulación histórica y Markowitz, por esta razón, en el siguiente capítulo no se abordará el modelo Monte Carlo, toda vez que no es factible ajustarlo con un factor de volatilidad ponderada, objeto de estudio de la presente Tesis.

En las conclusiones de la Tesis, se realizará un comparativo entre los tres modelos estudiados y se determinará qué tan importante resultó la incorporación de un ponderador de volatilidad para concluir cuál de ellos estima el VaR de forma más eficiente.

CAPITULO V

APLICACIÓN DE LOS MODELOS VAR PARA UNA POSICIÓN TEÓRICA EN CETES Y ANÁLISIS BACKTESTING CONSIDERANDO UN PONDERADOR DE VOLATILIDAD / TIEMPO

A. APLICACIÓN DE LOS MODELOS VAR Y ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS CONSIDERANDO EL FACTOR λ DE AJUSTE.

1. MODELO SIMULACIÓN HISTÓRICA - PONDERADOR

Como se indicó en el capítulo cuarto, para este modelo la serie de liquidación de futuros sobre CETES se re expresó en términos de la variación de t_i a t_{i-1} , con base en la ecuación 3.22. De la misma forma que el modelo sin ponderador, una vez obtenido el vector de variaciones, se procedió a generar la simulación histórica de tasas con base en las variaciones del cierre y se generó su vector histórico de tasas.

Asimismo, se creó el valor de la posición para cada una de las 247,624 tasas simuladas y se calculó la diferencia entre el valor más reciente en la posición en CETES y el valor simulado en el momento t ($CT_{t\Delta}$) con base en la ecuación 3.24. Las pérdidas respecto del valor de la posición en el momento t , son las mismas que se presentaron en la tabla 4.3. Hasta este punto, el modelo no presenta ninguna diferencia respecto al modelo sin ponderador.

A partir de este paso, se incorpora el ponderador (λ), el cual fue modificado respecto al propuesto en el capítulo tercero, toda vez que para el modelo de simulación histórica no se calcula la volatilidad de la serie, razón por la que el ponderador, se ajusto para establecer una proporción del valor de la pérdida en relación al tiempo. De esta forma, el factor de ajuste es el siguiente:

$$\lambda_i = \left(\frac{t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \right)^\alpha \quad (5.1)$$

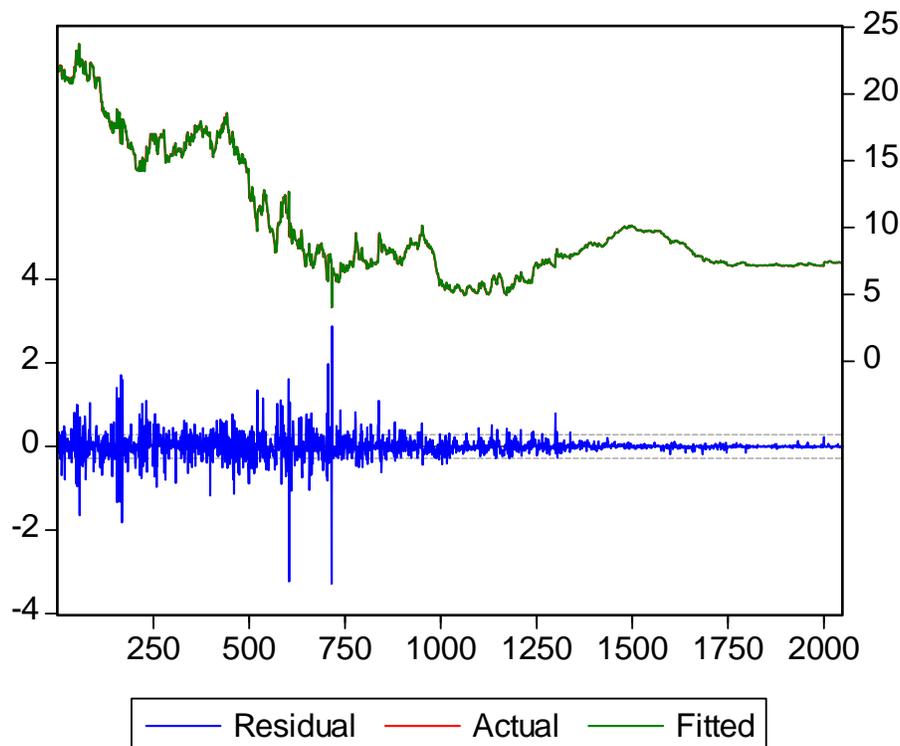
Donde:

t_i : Tiempo u observación i

n : Número total de observaciones

α : Factor de decaimiento, determinado con base en una prueba de cambio estructural (Prueba de Chow) Gráfica 5.1.

GRAFICA 5.1
SIMULACIÓN HISTÓRICA
MODELO BASE PARA PRUEBA DE CHOW



A partir de un modelo sencillo con un rezago de tiempo sobre la variable de estudio (tasa de futuros sobre CETES) se aplicó la prueba de Chow, la cual tiene como objetivo establecer en qué punto de la serie existe un cambio estructural, a partir del cual existen diferencias significativas en las ecuaciones estimadas que explican el comportamiento de la serie. Lo que busca la prueba de Chow es el cambio en la estabilidad de los parámetros de la regresión. En la Tabla 5.1, se

presentan los resultados de aplicar un cambio estructural en diferentes puntos de la serie.

TABLA 5.1
SIMULACIÓN HISTÓRICA
PRUEBA DE CAMBIO ESTRUCTURAL EN LA SERIE DE FUTUROS SOBRE CETES

Chow Breakpoint Test: **442**

F-statistic	10.24400	Probability	0.000037
Log likelihood ratio	20.42588	Probability	0.000037

Chow Breakpoint Test: **508**

F-statistic	6.037050	Probability	0.002432
Log likelihood ratio	12.06224	Probability	0.002403

Chow Breakpoint Test: **540**

F-statistic	5.883684	Probability	0.002832
Log likelihood ratio	11.75670	Probability	0.002799

Chow Breakpoint Test: **610**

F-statistic	2.501926	Probability	0.082179
Log likelihood ratio	5.007662	Probability	0.081771

Como se observa, existen diversos puntos en los que existe una alta probabilidad de establecer un punto de cambio estructural. De esta forma, se probaron los anteriores puntos de cambio estructural de forma conjunta, encontrando que, efectivamente, en esas observaciones se presentó un cambio en el nivel de la serie, mismo que definitivamente afecta el VaR estimado en cada uno de esos intervalos.

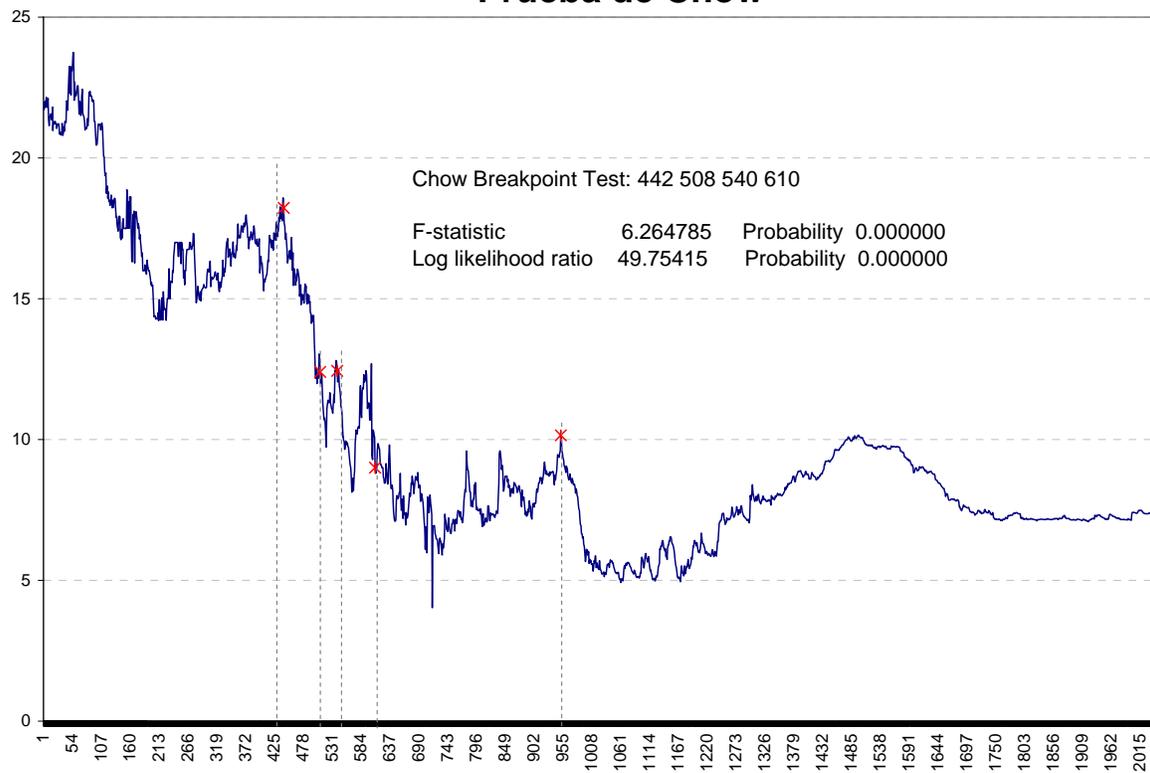
TABLA 5.1 b
SIMULACIÓN HISTÓRICA
PRUEBA CONJUNTA DE CAMBIO ESTRUCTURAL
EN LA SERIE DE FUTUROS SOBRE CETES

Chow Breakpoint Test: 442 508 540 610

F-statistic	6.264785	Probability	0.000000
Log likelihood ratio	49.75415	Probability	0.000000

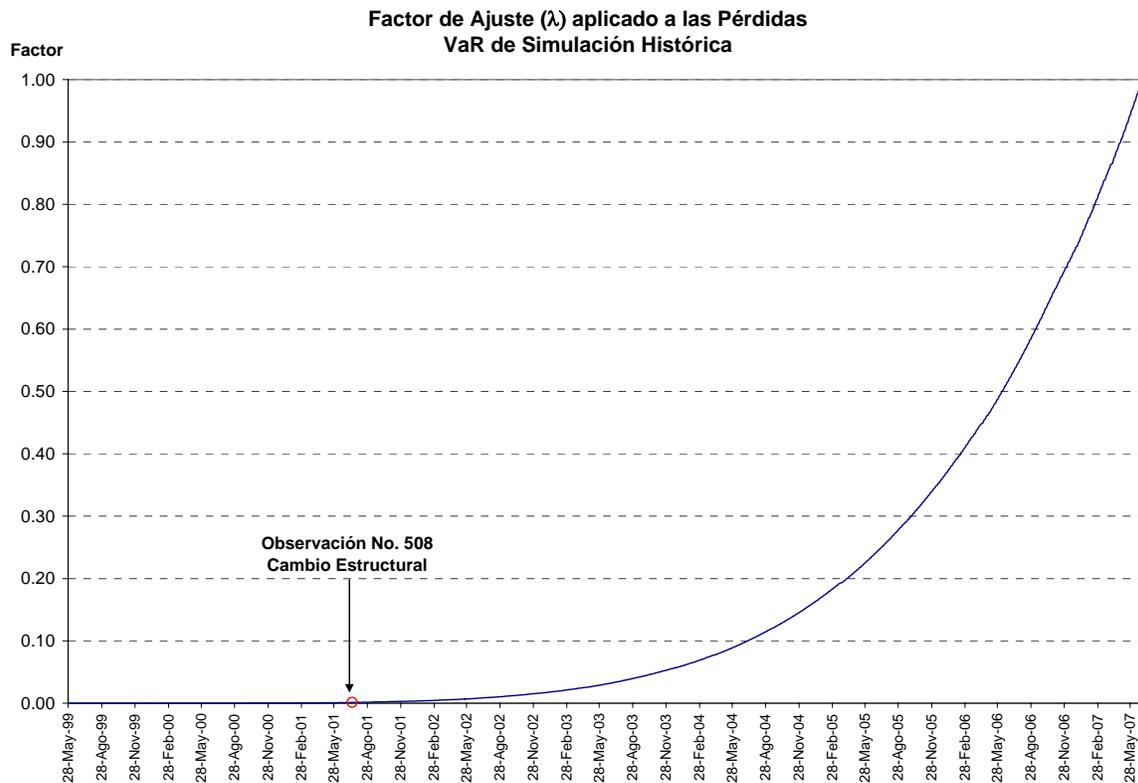
Los cambios sobre la serie original se presentan en la Gráfica 5.2

GRAFICA 5.2
SIMULACIÓN HISTÓRICA
Cambio Estructural
Prueba de Chow



Con base en este resultado, se consideró que el mayor peso puede establecerse a partir de la observación 508, como se indica en la Gráfica 5.3

GRAFICA 5.3
SIMULACIÓN HISTÓRICA



Al aplicar el factor a la pérdida o ganancia determinada con base en la ecuación 3.24, la pérdida ajustada se transforma en la siguiente ecuación:

$$\pi_{sh} = \left(\frac{t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \right)^{\alpha} \times (CT_t - CT_{\Delta}) \quad (5.2)$$

Re expresando:

$$\pi_{sh} = \lambda \times \Delta'_i \quad (5.3)$$

Donde:

π_{sh} : Pérdida o ganancia en simulación histórica, ajustada por el factor λ .

λ : Factor de ajuste (no es propiamente un ponderador, toda vez que:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \right)^\alpha \neq 1 \quad (5.4)$$

Δ_i : Pérdida o ganancia en i.

Sin embargo, permite considerar las pérdidas más recientes con una mayor proporción de su valor, que las pérdidas más antiguas, tal como se muestra en la Tabla 5.2.

TABLA 5.2
SIMULACIÓN HISTÓRICA
FACTOR DE AJUSTE DE PÉRDIDAS ESPERADAS

No.	Fecha									
Observaciones	Operación	02/01/2007	03/01/2007	04/01/2007	...	...	...	27/06/2007	28/06/2007	29/06/2007
1	27/05/1999	3.85E-17	3.84E-17	3.83E-17	...	...	...	2.84E-17	2.83E-17	2.82E-17
2	28/05/1999	1.23E-15	1.23E-15	1.23E-15	...	...	...	9.08E-16	9.06E-16	9.04E-16
3	31/05/1999	9.36E-15	9.34E-15	9.31E-15	...	...	...	6.89E-15	6.88E-15	6.86E-15
...
1920	29/12/2006	0.997	0.995	0.992	...	...	...	0.735	0.733	0.731
1921	02/01/2007		0.997	0.995	...	...	...	0.736	0.735	0.733
1922	03/01/2007			0.997	...	...	...	0.738	0.737	0.735
...
2042	27/06/2007				...	...	...	0.998	0.995	0.993
2043	28/06/2007				...	...	...		0.998	0.995
2044	29/06/2007				...	...	...			0.998

Una vez determinados los vectores de ajuste, con base en la ecuación 5.3 se determinan las pérdidas ajustadas, ver Tabla 5.3.

TABLA 5.3
SIMULACIÓN HISTÓRICA
PÉRDIDA J_t , AJUSTADA POR EL FACTOR λ_t

No.	Fecha	02/01/2007	03/01/2007	04/01/2007	...	...	...	27/06/2007	28/06/2007	29/06/2007
1	27/05/1999	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	...	...	...	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	28/05/1999	2.84E-12	2.85E-12	2.85E-12	...	...	...	2.19E-12	2.17E-12	2.17E-12
3	31/05/1999	-1.47E-11	-1.47E-11	-1.47E-11	...	...	...	-1.13E-11	-1.12E-11	-1.12E-11
...
1920	29/12/2006	-242.31	-242.67	-243.02	...	...	...	-186.23	-185.29	-185.07
1921	02/01/2007		243.63	243.99	...	...	...	186.97	186.02	185.81
1922	03/01/2007			-732.91	...	...	...	-561.63	-558.79	-558.15
...
2042	27/06/2007							-242.33	-241.11	-240.84
2043	28/06/2007							0.00	0.00	
2044	29/06/2007									-242.35

Finalmente, al igual que en el modelo de simulación histórica sin ponderador, se ordena la serie para determinar el VaR correspondiente al intervalo de confianza pre determinado. Ver Tabla 5.4

TABLA 5.4
SIMULACIÓN HISTÓRICA
SERIE ORDENADA, NIVEL DE CONFIANZA 95%

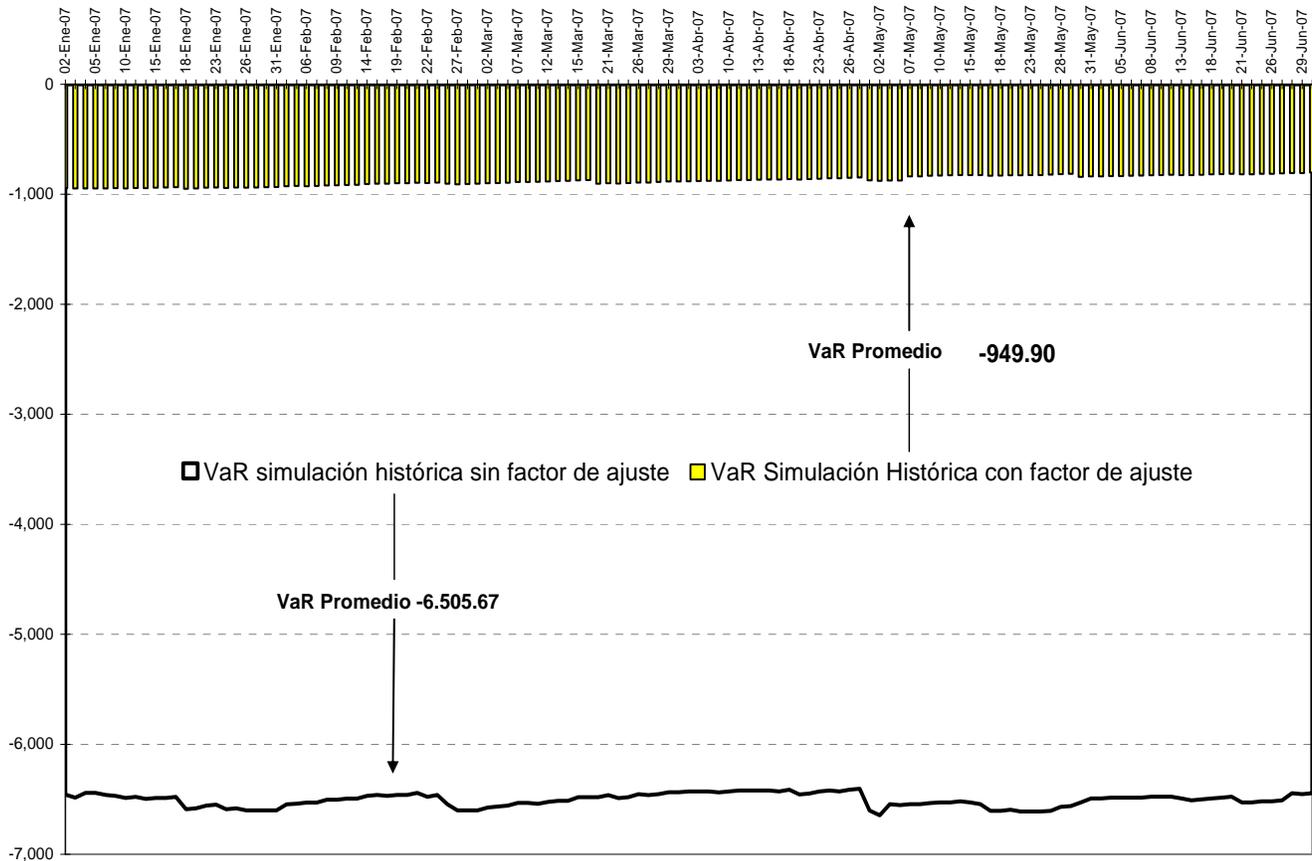
	1	2	3	...	...	...	122	123	124
Serie									
Ordenada	02/01/2007	03/01/2007	04/01/2007	...	...	...	27/06/2007	28/06/2007	29/06/2007
Ganancias	1,451	1,453	1,455	...	...	...	5,263	5,236	5,230
	↓								
	1,316	1,318	1,320	...	...	...	2,485	2,473	2,470
	↓								
	1,300	1,302	1,304	...	...	...	2,044	2,034	2,031

Pérdidas	-2,528	-2,192	-2,190	...	...	...	-260	-258	-257
		-2,532	-2,196	...	...	...	-261	-259	-258
			-2,536	...	...	...	-266	-260	-259
							.	.	.
							.	.	.
							.	.	.
							-1,943	-1,674	-1,668
								-1,933	-1,672
									-1,931

Con base en un intervalo de confianza pre establecido al 95%, se determinó el valor de la pérdida que ocupa la posición ubicada en el 5% de las “n” observaciones, empezando por la pérdida mayor. El comportamiento del vector VaR de pérdidas se presenta en la gráfica 5.5.

GRÁFICA 5.4
SIMULACIÓN HISTÓRICA
VECTOR VAR CON PONDERADOR

Comparativo VaR Simulación Histórica
Serie Ajustada por Factor λ vs. Serie sin Ajuste



Como se observa en la gráfica, el VaR determinado considerando el Factor de Ajuste (λ) presenta un menor nivel respecto al VaR que considera la historia de pérdidas con el mismo peso. Como se esperaba, el VaR sin ponderador refleja pérdidas muy lejanas que sobre estiman el verdadero VaR esperado para el momento $t+1$.

2. MODELO MARKOWITZ DELTA - PONDERADOR

A diferencia del modelo de simulación histórica, en donde el ponderador se ajustó en virtud de que en ese caso no se calcula la volatilidad (es decir no es un VaR paramétrico), en este caso el ponderador será el propuesto en la ecuación 3.14, la cual se cita nuevamente para pronta referencia.

$$\lambda_i = \frac{t_i^\alpha}{\sum_{i=1}^n t_i^\alpha} \quad (3.14)$$

En dicha ecuación, el ponderador λ , depende del factor α , el cual, se ajustó a fin de “afinar” el modelo Markowitz y de esta forma establecer el monto de VaR óptimo.

Para este ejercicio, se generaron los ponderadores para cada uno de los días del periodo de estudio, considerando las 2,044 observaciones disponibles, generando de esta forma una matriz de 247,625 datos, la cual se resume en la Tabla 5.5.

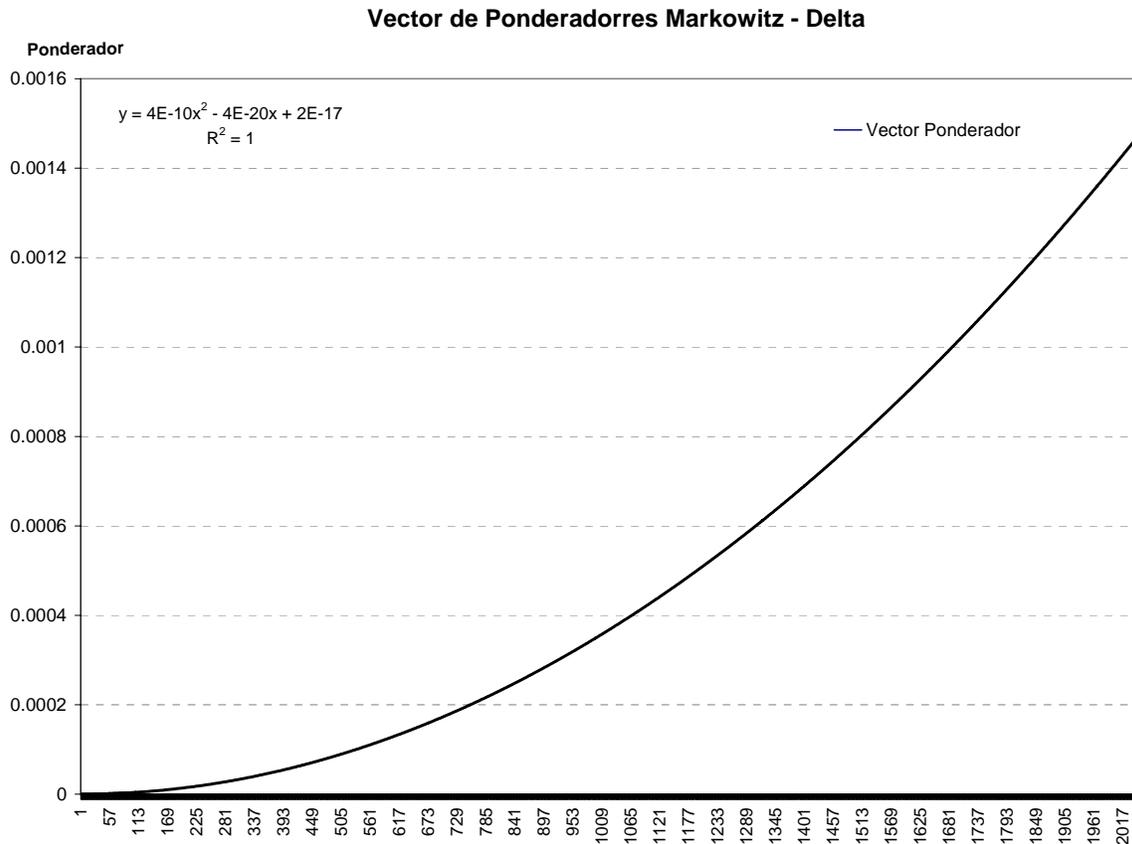
TABLA 5.5
MARKOWITZ MATRIZ DE PONDERADORES

Periodo de Estudio: Primer Semestre 2007, 124 días de operación

		1	2	3	...	...	...	122	123	124
No.	Fecha									
Obs.	Operación	02/01/2007	03/01/2007	04/01/2007	...	...	...	27/06/2007	28/06/2007	29/06/2007
1	27/05/1999	4.242E-10	4.235E-10	4.229E-10	...	...	...	3.531E-10	3.526E-10	3.521E-10
2	28/05/1999	1.697E-09	1.694E-09	1.691E-09	...	...	...	1.412E-09	1.410E-09	1.408E-09
3	31/05/1999	3.818E-09	3.812E-09	3.806E-09	...	...	...	3.178E-09	3.173E-09	3.169E-09
.
.
.
1920	29/12/2006	0.0015621	0.0015597	0.0015572	...	...	...	0.0013004	0.0012984	0.0012965
1921	02/01/2007		0.0015613	0.0015588	...	...	...	0.0013017	0.0012998	0.0012979
1922	03/01/2007			0.0015605	...	...	...	0.0013031	0.0013012	0.0012992
.
.
.
2042	27/06/2007							0.0014695	0.0014673	0.0014652
2043	28/06/2007								0.0014688	0.0014666
2044	29/06/2007									0.0014681

El comportamiento del ponderador para el día de operación 124, es decir, ultima columna de la Tabla 5.5, se presenta en la Gráfica 5.5

GRÁFICA 5.5
MARKOWITZ



Una vez que se determinó el ponderador, el cual esta sujeto al valor de alfa (α), se procedió a incorporarlo a la matriz de varianzas, tal como se planeó en la ecuación 3.13 que se reproduce para pronta referencia.

$$\sigma_w = E\lambda_i \left(\sqrt{[(x_i - \mu)^2]} \right) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \lambda_i (x_i - \mu)^2} \quad (3.13)$$

De esta forma, la matriz de varianzas de la Tabla 4.5, se transformó a la siguiente matriz, con base en la ecuación 3.13.

$$\sigma w^2 = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 w_1 & \sigma_{12}^2 w_1 & \sigma_{13}^2 w_1 & \cdots & \sigma_{1j}^2 w_1 \\ & \sigma_{22}^2 w_2 & \sigma_{23}^2 w_2 & \cdots & \sigma_{2j}^2 w_2 \\ & & \sigma_{33}^2 w_3 & \cdots & \sigma_{3j}^2 w_3 \\ & & & \cdots & \\ & & & & \sigma_{ij}^2 w_i \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

dónde:

$$1 = \sum_{i=1}^n w_i \quad (5.6)$$

Con base en 5.7, se determinó la nueva matriz de varianzas ajustada por el ponderador lambda (λ), misma que se resume en la Tabla 5.6.

TABLA 5.6
MARKOWITZ
MATRIZ DE VARIANZAS AJUSTAD POR PONDERADOR w_i

		1	2	3	...	...	...	122	123	124
No.	Fecha									
Obs.	Operación	02/01/2007	03/01/2007	04/01/2007	...	...	...	27/06/2007	28/06/2007	29/06/2007
1	27/05/1999	4.234E-18	4.228E-18	4.221E-18	...	...	...	3.525E-18	3.520E-18	3.515E-18
2	28/05/1999	3.073E-13	3.068E-13	3.063E-13	...	...	...	2.558E-13	2.554E-13	2.551E-13
3	31/05/1999	3.086E-13	3.081E-13	3.077E-13	...	...	...	2.569E-13	2.565E-13	2.561E-13
...
1920	29/12/2006	2.651E-08	2.647E-08	2.643E-08	...	...	...	2.207E-08	2.203E-08	2.200E-08
1921	02/01/2007		2.937E-08	2.932E-08	...	...	...	2.449E-08	2.445E-08	2.441E-08
1922	03/01/2007			2.911E-08	...	...	...	2.431E-08	2.427E-08	2.424E-08
...
2042	27/06/2007							2.295E-09	2.291E-09	2.288E-09
2043	28/06/2007								9.950E-09	9.936E-09
2044	29/06/2007									3.108E-09

El vector de volatilidades ponderadas para el modelo Markowitz, se define de forma análoga por la ecuación 3.15, que se indica para pronta referencia:

$$\sigma_w = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\alpha (x_i - \mu)^2}{\sum_{i=1}^n t_i^\alpha}} \quad (3.15)$$

El cálculo de la matriz de volatilidades ponderadas se presenta resumido en la Tabla 5.7.

TABLA 5.7
MARKOWITZ
MATRIZ DE VOLATILIDADES PONDERADAS POR λ EN t

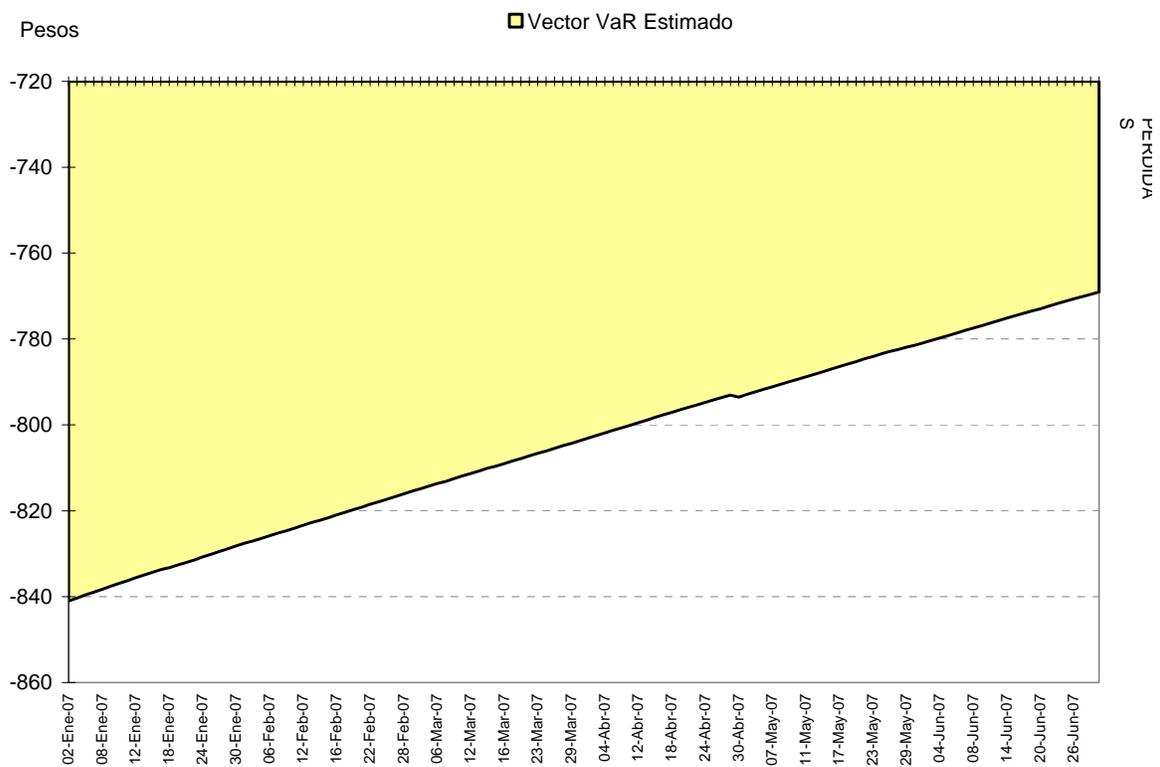
No. Observaciones	1	2	3	...	...	...	122	123	124
1	0.02095								
2		0.02094							
3			0.02092						
.				.					
.					.				
.						.			
2042							0.01921		
2043								0.01919	
2044									0.01918

Como puede observarse, la volatilidad (σ) comienza a disminuir a medida que se incorporan nuevas observaciones a la serie estudiada, esto por efecto del ponderador (λ) sobre la varianza, confirmando lo indicado en 5.8. Con la información anterior, se procedió a calcular el VaR para cada día de operación, cuyo vector se presenta en la Gráfica 5.6.

GRAFICA 5.6

MARKOWITZ

VaR Markowitz con Ponderador



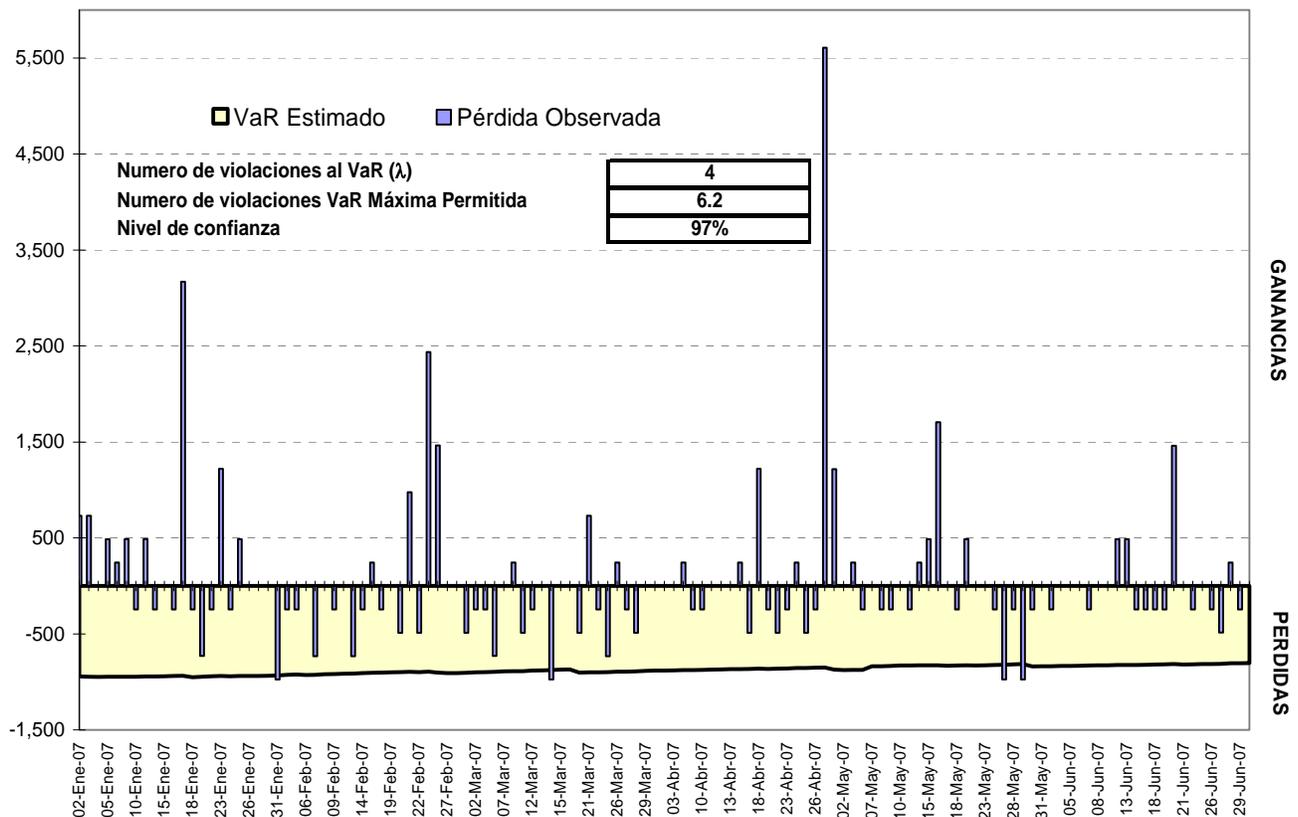
B. BACKTESTING DEL LOS MODELOS VAR Y ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS
CONSIDERANDO EL FACTOR λ DE AJUSTE

1. Modelo Simulación Histórica - Backtesting

Los resultados del Backtesting al modelo de simulación histórica que considera el factor λ se presentan en la Grafica 5.7

GRÁFICA 5.7
SIMULACIÓN HISTÓRICA
BACKTESTING MODELO SIMULACIÓN HISTÓRICA CON PONDERADOR

Pérdida observada vs. VaR estimado para el momento t
 Nivel de confianza 95%, Factor $\alpha = 4$



Como puede observarse en el gráfico 5.7, con el modelo de simulación histórica ajustado por λ , el número de excepciones al VaR fue de 4. Considerando que para el periodo de estudio el máximo permitido era de hasta 6.2 excepciones, se puede concluir que el factor λ , si permitió determinar de una mejor forma el ajuste del VaR estimado:

Asimismo, el intervalo de confianza evaluado fue del 95%, al igual que en el caso del modelo sin ponderador, pero como se observó el monto del VaR resultó muy superior a las pérdidas del último año, por lo que no se presentó ninguna excepción.

Con el modelo ajustado, el número máximo de datos fuera del intervalo esperado era del 5% del total del periodo de estudio, sin embargo el número de excepciones fue de 3.2%, por lo que se puede considerar que el monto del VaR así determinado se ajusta de mejor forma con el uso del ponderador.

En este sentido, se concluye que el modelo VaR de simulación histórica con ponderador, estima de forma eficiente las pérdidas esperadas con un intervalo de confianza del 95% y con un horizonte de tiempo de un día, al reflejar la historia de volatilidad de todas las observaciones, pero dando el mayor peso las observaciones más recientes.

2. Modelo Markowitz Delta - Backtesting

Los resultados del Backtesting al modelo de simulación histórica que considera el factor λ se presentan en la Tabla 5.8, en la que se presentan las fechas en que se presentó una excepción al VaR.

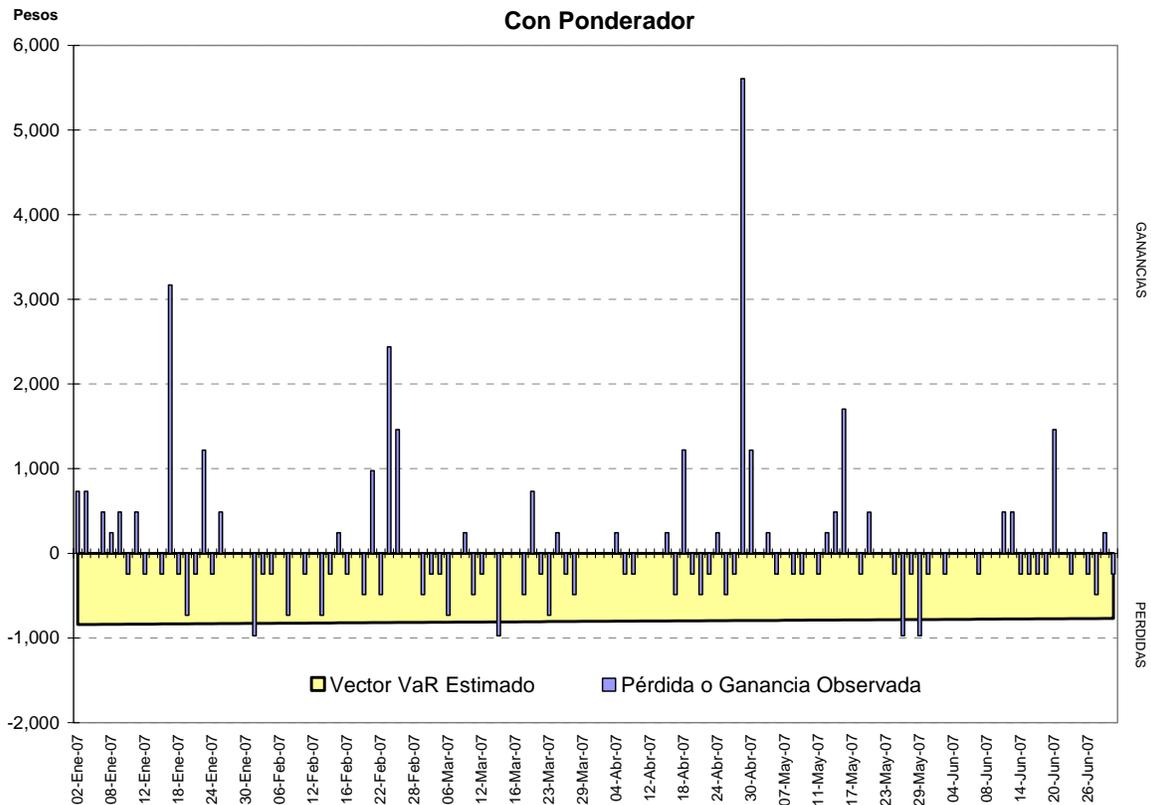
TABLA 5.8
MARKOWITZ DELTA
BACKTESTING

No. Observaciones	Fecha Operación	Vector VaR	Violación	
			Variación Real	VaR (Backtesting)
1	02/01/2007	-841	731.85	No
2	03/01/2007	-840	731.74	No
3	04/01/2007	-840	0.00	No
...
22	31/01/2007	-828	-974.80	SI
...
51	14/03/2007	-810	-975.14	SI
...
99	25/05/2007	-783	-974.03	SI
100	28/05/2007	-782	-243.54	No
101	29/05/2007	-782	-974.27	SI
...
124	29/06/2007	-769	-243.60	NO

El Comparativo entre el Vector VaR, las pérdidas observadas y las excepciones al VaR, se presentan en la Grafica 5.8.

GRAFICA 5.8

**Backtesting
VaR Markowitz vs. Pérdidas Observadas
Con Ponderador**



En el siguiente cuadro, se presenta el resultado del Backtesting, una vez que el modelo se “calibró” para obtener un nivel de confianza “eficiente”.

Factor alfa (α)	2
Número Máximo de Excepciones Permitidas	6.25
Número de Excepciones al VaR	4.00
Nivel de Confianza (análisis discreto)	97%

De la misma forma que en el modelo de simulación histórica, para el modelo Markowitz con ponderador (ajustado por λ ,) el número de excepciones al VaR fue de 4. Considerando que para el periodo de estudio el máximo permitido era de hasta 6.2 excepciones, se puede concluir que el factor λ , si permitió determinar de una mejor forma el ajuste del VaR estimado por el modelo de Markowitz, mediante el uso del factor alfa (α), como variable de ajuste.

Asimismo, el intervalo de confianza evaluado fue del 95%, al igual que en el caso del modelo Markowitz sin ponderador, pero como se observó en ese caso, monto del VaR resultó superior a las pérdidas del último año, por lo que en el modelo sin ponderador no se presentó ninguna excepción. De esta forma puede concluirse que el modelo Markowitz sin ponderador, sobre estimó el VaR, aunque en menor medida que el modelo de simulación histórica sin ponderador que si lo sobre estimó por una diferencia muy amplia.

Con el modelo ajustado, el número máximo de datos fuera del intervalo esperado era del 5% del total del periodo de estudio, sin embargo el número de excepciones fue de 3.2%, por lo que se puede considerar que el monto del VaR así determinado se ajusta de mejor forma con el uso del ponderador.

En este sentido, se concluye que el modelo VaR Markowitz Delta, con ponderador, estima de forma eficiente las pérdidas esperadas con un intervalo de confianza del 95% y con un horizonte de tiempo de un día, al reflejar la historia de volatilidad de todas las observaciones, pero dando el mayor peso las observaciones más recientes y este modelo, resulta aún más eficiente que el modelo de simulación histórica con ponderador, ya que el monto del VaR, en promedio simple, es menor al monto sugerido por simulación histórica, lo que permite un menor costo de oportunidad, ante la necesidad de constituir reservas, y con el mismo intervalo de confianza.

- Reservas Promedio VaR Simulación Histórica con Ponderador: **950**
- Reservas Promedio VaR Markowitz Delta con Ponderador: **804**

CAPÍTULO VI EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL BACKTESTING ENTRE LOS MODELOS VAR CON PONDERADOR Y SIN PONDERADOR VOLATILIDAD - TIEMPO

A. EVALUACIÓN DEL BACKTESTING DEL MODELO VAR DE SIMULACIÓN HISTÓRICA SIN PONDERADOR VS. MODELO VAR DE SIMULACIÓN HISTÓRICA CON PONDERADOR VOLATILIDAD / TIEMPO

En la Tabla 6.1 se presenta un comparativo de los resultados ente el modelo de Simulación Histórica con y sin ponderador

TABLA 6.1
SIMULACIÓN HISTÓRICA
RESULTADOS DE LOS MODELOS CON Y SIN PONDERADOR

PARÁMETRO	SIN PONDERADOR	CON PONDERADOR
VaR Estimado Promedio	- 6,505.67	-949.90
Pérdida Promedio Obs.	-380.55	-380.55
Pérdida Mínima Obs.	-243.48	-243.48
Pérdida Máxima Obs.	-975.14	-975.14
Violaciones al VaR	0	4
Nivel de Confianza	100%	96.8%

De acuerdo al enfoque del semáforo de Campbell (2005)⁵⁶ descrito en el capítulo segundo, un nivel de 4 violaciones cumple con el enfoque del semáforo, ubicándose dentro del intervalo “verde”, el cual se considera, desde dicho enfoque satisfactorio.

De los resultados, puede concluirse que el modelo de simulación histórica con ponderador permite estimar de manera más eficiente el VaR respecto al modelo

⁵⁶ Op. Cit.

sin ponderador. Este último sobre estima las pérdidas esperadas y eso implica que no se presente ninguna violación al VaR, motivo por el que aparentemente el modelo indica un nivel de confianza de 100%, es decir, no se presenta ninguna violación, lo cual es una medida de VaR demasiado conservadora, tal como lo señala Campbell⁵⁷.

Por su parte, el modelo con ponderador, disminuye significativamente el monto de pérdidas esperadas, y se ajusta al monto de pérdida realmente observada, estos se presentan en la Tabla 6.2

TABLA 6.2
SIMULACIÓN HISTÓRICA
VIOLACIONES AL VAR Y PÉRDIDAS OBSERVADAS

Fecha	VaR con Ponderador	Pérdida Obs.
31/01/2007	-933.62	-974.80
14/03/2007	-878.18	-975.14
25/05/2007	-821.85	-974.03
29/05/2007	-813.33	-974.27

Es importante señalar que las violaciones al VaR tuvieron un nivel muy similar, por lo que este tipo de comportamientos puede ser motivo de otra investigación. Por otra parte, la sucesión de la tercer y cuarta violación presenta una diferencia de sólo cuatro días, lo cual ha sido objeto de estudio por investigadores como Christofersen (2003)⁵⁸, quien aborda la propiedad de independencia entre las violaciones al VaR, estableciendo que éstas deben ser independientes una de otra.

De esta forma, por lo que se refiere al modelo de simulación histórica en relación a la hipótesis principal planteada en el capítulo primero:

⁵⁷ Ibid.

⁵⁸ Op. Cit.

“La aplicación de ponderadores de volatilidad / tiempo a modelos Valor en Riesgo permite calibrar el modelo a fin de que el número de violaciones al VaR se encuentre dentro del intervalo de confianza establecido.”

Se concluye que para el modelo de simulación histórica si es posible calibrar el modelo de tal forma que el número de violaciones se encuentra dentro del intervalo de confianza establecido.

B. EVALUACIÓN DEL BACKTESTING DEL MODELO VAR MARKOWITZ DELTA SIN PONDERADOR VS. MODELO VAR MARKOWITZ DELTA CON PONDERADOR VOLATILIDAD/TIEMPO

En la Tabla 6.3 se presenta un comparativo de los resultados ente el modelo Markowitz Delta con y sin ponderador

**TABLA 6.3
 MARKOWITZ - DELTA
 RESULTADOS DE LOS MODELOS CON Y SIN PONDERADOR**

PARÁMETRO	SIN PONDERADOR	CON PONDERADOR
VaR Estimado Promedio	-1,257.76	-803.73
Pérdida Promedio Obs.	-380.55	-380.55
Pérdida Mínima Obs.	-243.48	-243.48
Pérdida Máxima Obs.	-975.14	-975.14
Violaciones al VaR	0	4
Nivel de Confianza	100%	96.80%

Al igual que el modelo de simulación histórica, el modelo Markowitz Delta con el ponderador propuesto, disminuye significativamente el monto de pérdidas esperadas. Si bien, el VaR obtenido mediante Markowitz sin ponderador tiene una menor desviación respecto de las pérdidas registradas, aún se mantiene sobre estimando a las mismas. De esta forma, aunque no se presenta ninguna violación con el VaR sugerido, tampoco puedo considerarse eficiente toda vez que implica un costo de oportunidad al tener que dejar recursos excedentes para cubrir las perdidas potenciales reportadas por el VaR sin ponderador.

El VaR con base en Markowitz considerando el ponderador, reduce el valor del VaR, y se ajusta al monto de pérdida realmente observada, estos se presentan en la Tabla 6.4

TABLA 6.4
MARKOWITZ - DELTA
VIOLACIONES AL VaR Y PÉRDIDAS OBSERVADAS

Fecha	VaR con Ponderador	Pérdida Obs.
31/01/2007	-827.54	-974.80
14/03/2007	-810.12	-975.14
25/05/2007	-782.93	-974.03
29/05/2007	-781.92	-974.27

En la Tabla 6.4 se observa que el VaR sugerido con ponderador, resulta menor al VaR sin ponderador y además registra de forma adecuada 4 violaciones al VaR, lo cual nuevamente es consistente con el enfoque del “semáforo” arriba señalado.

Si bien, las dos últimas violaciones son muy superiores al VaR sugerido, el costo de oportunidad de mantener un bajo nivel de reservas para cubrir la pérdida esperada, se justifica ya que únicamente se tendrán dos días de 124 con una posible sub estimación de la pérdida.

De esta forma, por lo que se refiere al modelo Markowitz Delta en relación a la hipótesis principal planteada en el capítulo primero, así como la hipótesis secundaria, se puede concluir lo siguiente:

Hipótesis Principal:

“La aplicación de ponderadores de volatilidad / tiempo a modelos Valor en Riesgo permite calibrar el modelo a fin de que el número de violaciones al VaR se encuentre dentro del intervalo de confianza establecido.”

Hipótesis Secundaria:

“La aplicación de una metodología Backtesting en modelos de Valor en Riesgo permite determinar si la aplicación de un ponderador de volatilidad / tiempo a los modelos VaR es útil para calibrar el modelo de tal forma que el número de violaciones al VaR se encuentre dentro del intervalo de confianza predeterminado.”

En cuanto a la hipótesis principal, se concluye que para el modelo Markowitz Delta sí es posible calibrar el modelo de tal forma que el número de violaciones se encuentra dentro del intervalo de confianza establecido.

Por lo que se refiere a la hipótesis secundaria, se concluye que la utilización de una metodología Backtesting en modelos de Valor en Riesgo si permite evaluar la aplicación de un ponderador de volatilidad / tiempo aplicado a los modelos. Asimismo, se concluye que el Backtesting es útil para calibrar el modelo VaR de tal forma que el número de violaciones al VaR se encuentre dentro del intervalo de confianza predeterminado. En este sentido, el factor alfa para calibrar el backtesting fue señalado en el capítulo quinto.

C. EVALUACIÓN DEL MODELO VAR MONTE CARLO VS. MODELOS SIMULACIÓN HISTÓRICA Y MARKOWITZ DELTA CON PONDERADOR VOLATILIDAD / TIEMPO

Para el caso del Modelo Monte Carlo, no fue posible aplicar el ponderador a la historia de las variaciones, ya que como se indicó en el capítulo cuarto, éstas al determinarse de forma aleatoria, dejan de lado la historia y sobre todo la secuencia en que ocurrieron las mismas, razón por la que cualquier derivación del modelo Monte Carlo no permite el uso de un ponderador para la volatilidad observada.

Por otra parte, el Modelo Monte Carlo puede ajustarse para obtener un nivel de VaR cercano a las pérdidas efectivamente registradas, no obstante, dicho ajuste no tiene relación alguna con la volatilidad realmente observada. Los factores de ajuste se reproducen en la Tabla 6.5

TABLA 6.5
FACTORES DE AJUSTE EN MONTE CARLO Y VAR ESTIMADO

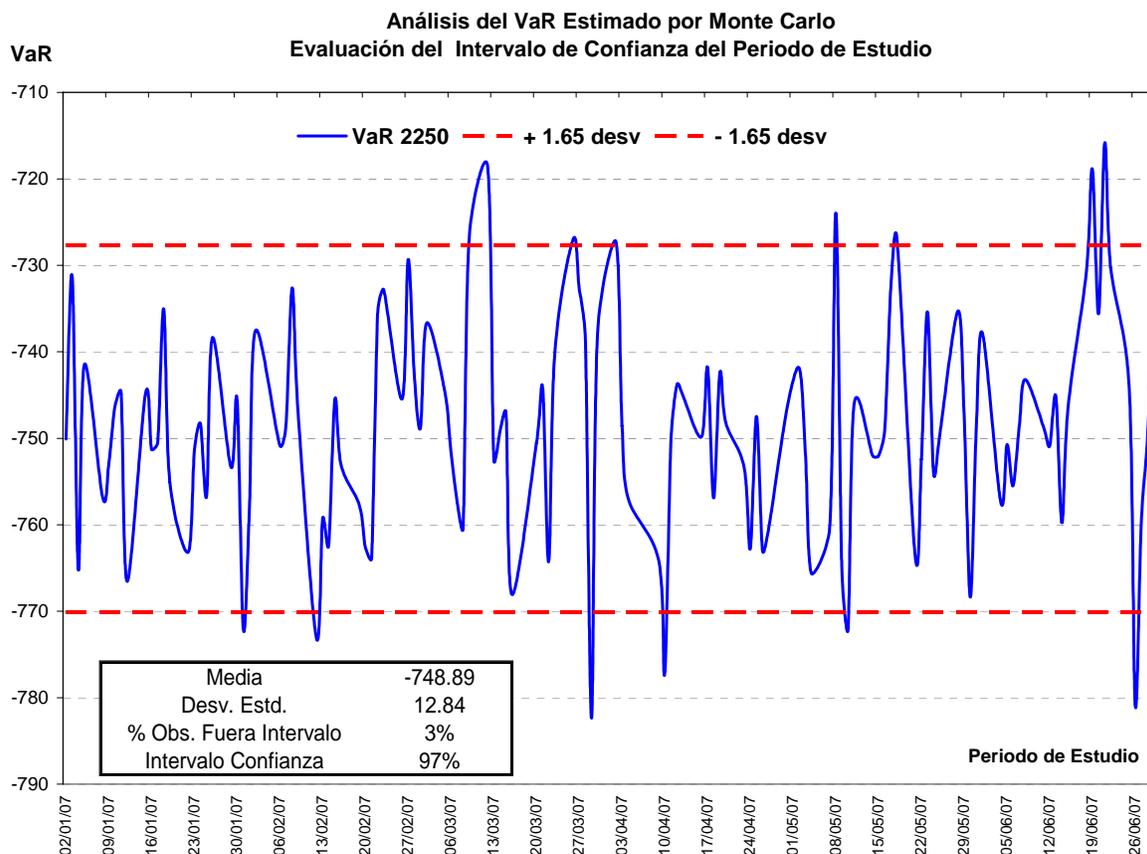
Factor λ	Violaciones	Maximo Perm.	Intervalo	VaR Estimado
Factor 100	0	6.2	100.00%	-15,694.70
Factor 2000	4	6.2	96.77%	-786.59
Factor 2250	4	6.2	96.77%	-748.89
Factor 3000	9	6.2	92.74%	-525.80
Factor 4000	19	6.2	84.68%	-393.55
Factor 7000	57	6.2	54.03%	-224.30

Por otra parte, se concluye, que el Modelo Monte Carlo es útil en la elaboración de escenarios extremos y stress test, ya que cubre cualquier pérdida “anormal” en el comportamiento de la variable de estudio, mediante la variación en el factor de ajuste.

Para el Modelo Monte Carlo se rechazan las hipótesis principales, y secundarias, toda vez que no es posible aplicar un ponderador de volatilidad tiempo y por tanto, no es posible valorar dicho ponderador mediante un Backtesting.

Un hallazgo importante en el monto del VaR estimado mediante Monte Carlo fue que el comportamiento del VaR se distribuye dentro de un intervalo de confianza superior al 95%, esto significa que aún el VaR estimado con el factor de ajuste de 2,250, también presenta un comportamiento bajo un supuesto de normalidad, Ver Gráfica 6.1. Este análisis es independiente a las pruebas de Backtesting ya que se realiza sobre el vector de VaR estimado sin realizar ninguna comparación con las pérdidas observadas.

Gráfica 6.1



CONCLUSIONES GENERALES

A. CONCLUSIONES GENERALES

1. Primer hipótesis principal

Se acepta esta hipótesis para los modelos de simulación histórica y Markowitz, toda vez que al analizar los efectos de aplicar un ponderador volatilidad – tiempo a estos modelos se encontró que si es posible calibrarlos a fin de que el número de violaciones que se presentaron en el VaR se encuentre dentro del intervalo de confianza establecido.

Para el caso del modelo Monte Carlo, se rechaza esta hipótesis toda vez que no es posible aplicar un ponderador de volatilidad tiempo toda vez que al ser un modelo estocástico no es posible asignar un peso a las observaciones más recientes en el tiempo. Es decir, no puede satisfacer al mismo tiempo la naturaleza aleatoria de la simulación como el peso a las observaciones recientes.

2. Segunda hipótesis principal

Se acepta esta hipótesis para los modelos de simulación histórica y Markowitz, en virtud de que al analizar de que forma es posible evaluar los efectos de aplicar el ponderador de volatilidad – tiempo, se encontró que la aplicación de una metodología Backtesting a modelos VaR permitió determinar que el ponderador propuesto si resultó útil para calibrar el VaR logrando que el número de violaciones se ubicara dentro del intervalo de confianza predeterminado de 95%.

Para el modelo Monte Carlo, esta hipótesis se rechaza en forma parcial toda vez que, como se indicó en las conclusiones de la primer hipótesis, no es posible aplicar un ponderador de volatilidad – tiempo.

Sin embargo, la hipótesis se acepta de forma parcial en virtud de que mediante un Backtesting a modelos Monte Carlo, se encontró que el ponderador propuesto si resultó útil para calibrar el VaR logrando que el número de violaciones se ubicara dentro del intervalo de confianza predeterminado de 95%.

3. Primer Hipótesis Secundaria

Se acepta esta hipótesis para los modelos de simulación histórica y Markowitz toda vez que al analizar el por qué la aplicación de un ponderador de volatilidad – tiempo permite calibrar los modelos VaR (y así obtener un número de violaciones dentro del intervalo de confianza especificado), se encontró que este ponderador captura los acontecimientos más recientes asignando un mayor peso a la volatilidad generada por las últimas observaciones. Asimismo, se encontró que la volatilidad de toda la serie, sin ponderador, captura sucesos muy rezagados en el tiempo en los cuales la volatilidad fue muy elevada, sobreestimando el monto del VaR respecto a las pérdidas observadas.

Sin embargo, dicha conclusión únicamente es válida para los modelos de simulación histórica y Markowitz Delta. Para el modelo Monte Carlo se rechaza la primer hipótesis secundaria al no poderse utilizar un ponderador de volatilidad tiempo para este modelo.

4. Segunda Hipótesis Secundaria

Se acepta la hipótesis para los modelos de simulación histórica y Markowitz, toda vez que al analizar la forma en que podría medirse el efecto de aplicar un ponderador de volatilidad – tiempo a modelos VaR, se encontró que aplicar un Backtesting tanto al modelo base (sin ponderador) como al modelo con ponderador y al contrastar ambos resultados contra la pérdida realmente observada, ambos modelos se ajustan al intervalo de confianza.

Sin embargo, los modelos con ponderador estimaron de forma más eficiente el monto del VaR, el cual implicaría un menor costo en la constitución de reservas para cubrir las pérdidas potenciales sugeridas por el VaR con ponderador, toda vez que el monto de las violaciones al VaR (pérdida real) fue muy cercano a las pérdidas estimadas mediante el VaR con ponderador, evitando sobre estimar el dinero que hay que dejar disponible para, en su caso, enfrentar la pérdida potencial.

Para el caso del VaR estimado mediante modelos Monte Carlo, la hipótesis se acepta de forma parcial en virtud de que mediante un Backtesting a modelos Monte Carlo si es posible contrastar las pérdidas sugeridas por el VaR contra las pérdidas realmente observadas. Sin embargo, no se acepta de forma total, ya que el modelo Monte Carlo utilizó otro tipo de ajuste distinto al ponderador volatilidad – tiempo.

5. Tercer Hipótesis Secundaria

Se acepta esta hipótesis para los tres modelos estudiados, en virtud de que al evaluar cuál era el intervalo de confianza óptimo que debe aplicarse en modelos VaR para evaluar tanto el Backtesting así como el pronóstico del VaR, se confirmó que el intervalo de confianza para determinar el monto del VaR “óptimo”, fue el establecido por la ecuación:

$$\mu \pm 1.65\sigma$$

Intervalo que permite establecer, con una confianza del 95%, que las pérdidas realmente observadas no superaran el monto del VaR estimado. Asimismo, al aplicar el Backtesting a los modelos se encontró que estos pasaron la prueba de con un intervalo de confianza superior al 95%.

B. COMENTARIOS GENERALES

Las presentes conclusiones son válidas únicamente para el periodo de estudio que correspondió al primer semestre de 2007 de las tasas de futuros sobre CETES reportadas por el MEXDER.

Como se observa en la Tabla 6.5, de los tres modelos estudiados, el modelo que permitió cubrir las pérdidas con el menor nivel de VaR y que cumplió con el intervalo de confianza al presentar sólo cuatro violaciones, fue el modelo Markowitz Delta.

TABLA C.1
MATRIZ DE RESULTADOS GENERALES

	SIN PONDERADOR				CON PONDERADOR				
	No. de Violaciones VaR	¿Cumple Intervalo al 95%?	¿Estima eficientemente las pérdidas?	¿Cubre las pérdidas?	No. de Violaciones VaR	¿Cumple Intervalo al 95%?	¿Estima eficientemente las pérdidas?	¿Resultó útil el ponderador?	¿Cubre las pérdidas?
Simulación Histórica	0	No	No	Si	4	Si	Si	Si	Si
Markowitz Delta	0	No	No	Si	4	Si	Si	Si	Si
Monte Carlo	0	No	No	Si	4	Si	No	NO	Si

1. Backtesting

En el capítulo III, se planteó una hipótesis adicional a validar o refutar, respecto a la aplicación del Backtesting, para este caso era:

“Si π es mayor a m , puede afirmarse que se presenta una violación o excepción al VaR determinado por el modelo m . Si el número de violaciones es superior al establecido de acuerdo al intervalo de confianza, el modelo m , podría estar subestimando el verdadero valor del VaR. Por el contrario si no se presenta ninguna violación y además la diferencia entre π y m resulta sumamente elevada, el VaR podría estarse sobre estimando”.

Con tal hipótesis, se planteo como objetivo establecer cuál o cuáles de los enfoques de Valor en Riesgo podría resultar eficiente o bien, en su caso, establecer que ninguno de ellos cumple satisfactoriamente aún aplicando el ponderador propuesto lambda (λ). Al respecto, a continuación se evalúa dicha hipótesis para cada caso.

a. Simulación Histórica:

Al aplicar la prueba de Backtesting al modelo de simulación histórica sin ponderador **no se presentaron violaciones a VaR** y se encontró que el VaR estimado fue muy superior a las verdaderas pérdidas que se presentaron en el mercado.

Se concluye que este resultado obedece a que el VaR de simulación histórica capturó periodos de gran volatilidad en el pasado, mismos que sugieren un monto de VaR elevado, de tal forma que el modelo VaR de simulación histórica sin

ponderador, sobre estima las pérdidas verdaderas al capturar con el mismo peso la volatilidad durante las primeras mil observaciones, la cual es muy superior a la volatilidad de las siguientes mil cuarenta y cuatro observaciones, y al dar el mismo peso a todas las pérdidas se sobre estima el VaR.

Esto se demuestra al calcular la volatilidad de las variaciones del primer periodo de mil observaciones la cual es de 0,04189, en tanto que la volatilidad para las restantes 1,044 observaciones es de 0,01316, la cual resulta evidentemente menor.

Para el caso del modelo de simulación histórica con ponderador, se concluye que el factor λ , si permitió determinar de una mejor forma el ajuste del VaR estimado, toda vez que con el modelo de simulación histórica ajustado por λ , el número de excepciones al VaR fue de 4 y considerando que para el periodo de estudio el máximo permitido era de hasta 6.2 excepciones, el modelo resulta eficiente para determinar el VaR cumpliendo así con el intervalo de confianza preestablecido de 95% considerando un horizonte de tiempo de un día.

Se concluye que el modelo con ponderador si bien refleja la historia de la volatilidad de todas las observaciones, da el mayor peso las observaciones más recientes.

b. Markowitz – Delta

Para el caso sin ponderador, se concluye que la volatilidad comienza a reflejar un menor nivel de desviación respecto al valor medio. A medida que se van capturando más observaciones, ésta sobre estima el verdadero valor del VaR, lo cual implica que, con base en la volatilidad histórica sin ponderador, no se presente ninguna excepción al VaR al igual que en modelo de simulación histórica sin ponderador.

De los modelos sin ponderador, se concluye que entre el modelo de simulación histórica y Markowitz, resultó con mayor eficiencia Markowitz. Sin embargo, tampoco se recomienda su uso ya que sobre estima el VaR aunque en menor medida que el modelo de simulación histórica, tal como se demostró en el capítulo IV.

Para el modelo Markowitz con ponderador (ajustado por λ ,) el número de excepciones al VaR fue de 4. Considerando que para el periodo de estudio el máximo permitido era de hasta 6.2 excepciones, se concluye que el factor λ , si permitió ajustar de mejor forma el VaR mediante el uso del factor alfa (α), como variable de ajuste.

Al comparar con el modelo Markowitz sin ponderador y el modelo con ponderador, se concluye que el primero sobre estimó el VaR, por lo que se concluye que el modelo VaR Markowitz Delta, con ponderador, estima de forma más eficiente las pérdidas esperadas con un intervalo de confianza del 95% y con un horizonte de tiempo de un día.

Otro hallazgo fue que el modelo Markowitz con ponderador resulta aún más eficiente que el modelo de simulación histórica con ponderador, toda vez que el monto del VaR de Markowitz es menor al monto obtenido mediante simulación histórica. Esto es, al calcular el promedio simple del vector VaR de cada modelo, el VaR obtenido mediante Markowitz es menor al obtenido por simulación histórica. Es decir, ambos cumplen con el intervalo de confianza y con el número de violaciones al VaR ya que en ambos casos es de 4 violaciones.

No obstante, al permitir realizar la misma cobertura con un menor monto de VaR en reservas por parte del inversionista, Markowitz permite un menor costo de oportunidad por concepto de VaR al ahorrar, para este caso, hasta un 15.37% de las reservas.

TABLA C.2

COMPARATIVO VaR CON PONDERADOR SIMULACIÓN HISTÓRICA Y MARKOWITZ

Reservas Promedio VaR Simulación Histórica con Ponderador:	950
Reservas Promedio VaR Markowitz Delta con Ponderador:	804
Diferencia Absoluta	146
Diferencia Relativa	-15.37%

c. Monte Carlo

Un hallazgo importante de la investigación, es que el modelo Monte Carlo no permite utilizar la historia de volatilidades de la serie para determinar el VaR, toda vez que al aplicar cualquier ajuste aleatorio, por la misma naturaleza estocástica, se pierde todo vínculo a la historia de la serie de estudio. Asimismo, también se encontró que el Modelo Monte Carlo puede ajustarse para obtener un nivel de VaR cercano a las pérdidas efectivamente registradas.

Se encontró que el modelo Monte Carlo resulta muy sensible ante distintos factores de ajuste, toda vez que con un factor igual a 100 se sobre estima en exceso el VaR, por lo que en cualquier Backtesting, al presentar un intervalo de confianza igual a 100% (ninguna violación) debe ponerse en duda la posible sobre estimación del verdadero VaR requerido y por tanto de un costo de oportunidad demasiado elevado en razón de la constitución de reservas para afrontar las posibles pérdidas.

Se concluye que el Modelo Monte Carlo puede ser útil en la elaboración de escenarios extremos y stress test, ya que cubre cualquier pérdida “anormal” en el comportamiento de la variable de estudio. Se demostró que el modelo Monte Carlo, también puede ajustarse para acercarse a las pérdidas efectivamente presentadas. Sin embargo, este modelo y el ajuste, siguen una metodología diferente a la estudiada para los modelos de simulación histórica y Markowitz.

C. COMENTARIOS FINALES

En la investigación se demostró que en México y el mundo se ha estudiado desde diversos enfoques el tema del riesgo en sus distintas esferas. En las investigaciones presentadas en el Capítulo Segundo, se pudo observar cómo se ha abordado este tema desde diversas áreas del conocimiento: estadístico, matemático, econométrico, así como desde la investigación académica y las propias autoridades supervisoras y reguladoras, nacionales e internacionales, todo con el propósito de administrar y supervisar el riesgo asociado a los mercados financieros y en particular, para el caso de los instrumentos derivados, que de suyo algunos los consideran un mecanismo de administración de riesgo, en tanto que otros pueden considerarlos como factor potencial del mismo, para lo cual, las autoridades han adoptado medidas para que el objetivo de una cobertura con instrumentos derivados como los futuros, no se constituyan en si mismo, en factores potenciales de mayor riesgo, como en casos ampliamente documentados como el condado de Orange.

En una etapa posterior a la presente Tesis, como tema de investigación de Doctorado, se puede desarrollar un análisis en el que se combinen la afinación tanto de los modelos VaR en estudio así como de las distintas técnicas *backtesting* para evaluar el riesgo modelo, aplicadas a otro caso Mexicano como el índice de cartera vencida y constitución de reservas por parte de la banca comercial, con lo que podría lograrse un mayor nivel de precisión en el pronóstico del VaR de estas instituciones y por tanto, un menor costo para las mismas, sin incurrir en niveles de riesgo por incumplimiento.

Como se indicó, esto se desarrollará en un trabajo posterior.

Carlos Argüello

**OPTIMIZACIÓN DEL VALOR EN RIESGO MEDIANTE BACKTESTING A MODELOS DE SIMULACIÓN HISTÓRICA,
MARKOWITZ Y MONTE CARLO CONSIDERANDO EL USO DE UN PONDERADOR VOLATILIDAD – TIEMPO:
EL CASO DEL RIESGO MODELO EN LOS FUTUROS DE CETES EN EL MEXDER.**

BIBLIOGRAFÍA

A. LIBROS

- BORREL** Máximo y Roa Alfonso, *Los mercados de Futuros Financieros. Introducción a los futuros de tipos de interés*. Barcelona, Ariel Economía, 1990. 287 p.
- CÁZARES** Hernández, et al., *Técnicas actuales de investigación documental*. México, Trillas, (2ª Ed.), 1990, 190 p.
- DÍAZ** Tinoco. *Futuros y opciones financieras*. México, Limusa, 1997, 171 p.
- DE LARA** Haro A., *Medición y Control de Riesgos Financieros*. México, Limusa, (3ª ed.), 2003, 219 p.
- EITEMAN** Stonelli, *Las finanzas de las empresas multinacionales*. México, Addison-Wesley Iberoamericana, (5ª ed.), 1995, 722 p.
- GITMAN** Lawrence J., *Administración Financiera Básica*. México, Harla, 1990, 723 p.
- GUERRERO** Víctor, *Análisis Estadístico de Series de Tiempo Económicas*. México, UAM-I, 1991, 309 p.
- GUJARATI** Dowidar, *Econometría Básica*. México, Mc. Graw Hill, 1981, 463 p.
- HEYMAN** Timothy, *Inversión contra inflación*. México, Milenio, (3ª ed.), 1998, 359 p.
- HULL** John, *Options, Futures and Other Derivatives*. New Jersey, Prentice Hall, 1997. 572 p.
- HULL** John, *Risk Management and Financial Institutions*. Nueva Jersey, Pearson Prentice Hall, 2007. 500 P.
- JOBSON** J.D., *Estimation for Markowitz efficient portfolios*, Baltimore, USA, American Statistical Association, Journal of the American Statistical Association, 1980. 67 p.
- JORION** Philippe, *Valor en Riesgo*. México, Limusa, 1999, 338 p. Traducción.
- JORION** Philippe, *Value at risk, the new benchmark for controlling derivatives risk*, Nueva York, McGraw- Hill, 2007, 270 p.

MANSELL CARTENS, Catherine, *Las Nuevas Finanzas en México*, México, Milenio/Instituto Mexicano de Ejecutivos en Finanzas/Instituto Tecnológico Autónomo de México, 1996, (6ª reimp.), 535 p.

KENNET L. Jud., *Numerical Methods in Economics, Monte Carlo and Simulation Methods*, Londres, Inglaterra, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1998, 205 p.

OLGUÍN QUIÑONES, Fernando, *Estadística descriptiva aplicada a las ciencias sociales*. México, UNAM-FCPYS, 1981, 474 p.

RITCHKEN Peter, *Capital budgeting using contingent claim analysis. Advances in futures and options research*. Chicago, 1988, 143 p.

ROSS Stephen, *Finanzas Corporativas*, Madrid, España, IRWIN, 1995, 535 p.

VILLARINO SANZ, Angel, *Turbulencias financieras y riesgos de mercado*, Madrid, Prentice Hall, Pearson Educación, Financial times, 2001, 235 p.

VILLEGAS EDUARDO, Ortega Rosa María. *El Nuevo Sistema Financiero Mexicano*, México, PAC, 1992, 273 p.

WESTON Brigham, *Fundamentos de Administración Financiera*, México, Mc. Graw Hill, 1994, 851 p.

WESTON COPELAND, *Finanzas en Administración* vols. 1 y 2, México, Mc. Graw Hill, (8ª ed.), 1990, 890 p.

ZENIOS Stavros A., *Financial Optimization*, Pennsylvania, Cambridge University Press, 1993, 178 p.

ZENIOS Stavros A., *Some Financial optimization models*, Pennsylvania, The Warton School University of Pennsylvania, 1989, 204 p.

B. ARTÍCULOS EN REVISTAS Y PRENSA ESPECIALIZADA:

ANDERSON Oliver, “Times Series Analysis and Forecasting”, *The Box - Jenkins Approach*, Londres, Butterworth, 1976.

BOLLERSLEV Tim, “ARCH modeling in finance”, *Journal of Econometrics*, Estados Unidos, 1992. Pp 5-59.

CHIPMAN Jones. “The Theory of Intersectorial Money Flows and Income Formation”, The Jhon Hopkins University Press, Estados Unidos, 1951.

CORREA VAZQUEZ, María Eugenia, “Conglomerados y reforma financiera”, Comercio Exterior, vol. 49, núm. 6, México, junio de 2000.

FAMA Eugene, “The Behavior of stock market prices”, *Journal of Business*, Estados Unidos, 1965, pp. 34-50.

FISHER Black, “A one factor model of interest rates and its applications to treasury bond options”, *Financial Analysis Journal*, 1990, pp. 30-39.

GUERRERO Víctor. “Desestacionalización de series de tiempo económicas: parte I. Una introducción a la metodología”, Documento de investigación. No. 54. Banco de México, México, 1983.

H. MARKOWITZ, “Portfolio Selection”, *Journal of Finance*, 1952, pp. 77-91.

IMEF, “Manual de consulta. Fuentes de financiamiento”, Comisión de investigación, Grupo Guadalajara, México, 1989.

MAHONEY James. “Empirical-based versus Model-based Approaches to Value at Risk”, *Federal Reserve Bank of New York*, Estados Unidos, 1995.

T.S.Y. HO y S.B. Lee, “Term Structure movements and pricing interest rate contingent claims”, *The Journal of finance*, Estados Unidos, 1986, pp. 29-41.

C. PAPERS

ANGELIDIS Timotheos y Degiannakis Stavros, “Backtesting VaR Models: An Expected Shortfall Approach”, Department of Financial and Management, Engineering, Aegean University, Athens, Greece / Department of Statistics, Athens University of Economics and Business, Atenas, Grecia, 2007a. <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=898473#PaperDownload> (Último acceso 3 julio 2007)

ANGELIDIS Timotheos y Degiannakis Stavros, “Modeling risk for long and short trading positions”, Athens Laboratory of Business Administration, Vouliagmeni, Athens, Greece, / Department of Statistics, Athens University of Economics and Business, Atenas, Grecia. 2007b. Se obtuvo vía correo electrónico enviado de forma directa por el Dr. Timotheos Angelidis, el 3 de julio de 2007. Ver Correo al final de la bibliografía.

BENAVIDES Guillermo, “GARCH Proceses and Value at Risk: An Empirical Analysis for Mexican Interest Rates Futures”, Banco de México, Dirección General de Investigación Económica, Abril 2007. <http://www.dcsea.uqroo.mx/fwalla/Ponencias_Coloquio/ponencia%20Benavides.pdf> (Último Acceso 1 octubre 2007)

CAMPBELL Sean, “A Review of Backtesting and Backtesting Procedures”, Finances and Economics Discussion Series, Division Research & Statistical and Monetary Affairs, Federal Reserve Board, Washington, D.C. 2005.

<<http://www.federalreserve.gov/Pubs/FEDS/2005/200521/200521pap.pdf>>
(Último Acceso 3 julio 2007)

DE ALBA, Enrique, “Bayesian Claims Reserving”, Instituto Tecnológico Autónomo de México and The University of Waterloo, Department of Statistics and Actuarial Science, Waterloo, Ontario, Canadá, sin fecha.<http://allman.rhon.itam.mx/~dealba/Bayesian_claim_WP.pdf> (Último Acceso 1 octubre 2007)

CHRISTOFFERSEN, Peter y Pelletier Denis “ Backtesting Value at Risk: A Duration – Based Approach”, Mc Gill University, / Université de Montreal, Enero 31, 2003.

<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=418762#PaperDownload> (Último acceso 3 julio 2007)

CHRISTOFFERSEN, Peter. “Evaluating interval forecasts”, International Economic Review 4, 1998.

ESCANCIANO, Juan Carlos y Olmo José, “Estimation Risk Effects on Backtesting For Parametric Value-at-Risk Models”, Indiana University, London / City University, London, Marzo 19, 2003.

<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=975104#PaperDownload> (Último acceso 3 julio 2007).

FREICHS, Bergen y Löffler Gunter, “ Evaluating credit risk models: A critique and a proposal”, University of Frankfurt, Octubre 9, 2001.

<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=269575#PaperDownload> (último acceso 2 julio 2007).

HANSEN, P.R., “A Test for Superior Predictive Ability”, Journal of Business and Economic Statistics, 23, 365-380. 2005.

HASS, Markus, “Improved duration-based Backtesting of value at risk”, Institute of Statistics, University of Munich, Akademiestrasse I, D-80799 Munich, Germany. 2005.

<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=880352#PaperDownload> (último acceso 2 julio 2007)

JEWELL, W.S, “Predicting IBNYR Events and Delays”. I Continuous Time, ASTIN Bulletin 19(1), 25-56. 1989.

KUPIEC, P.H., “Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models”, Journal of Derivatives, (1995).

MALONEY, K.J, “Interest Rate Immunization and Duration”, *Working Paper Dartmouth University*, Estados Unidos, 1985.

NAKAGAWA, T. y Osaki, S. “The discrete Weibull distribution”, IEEE Transactions on Reliability 24, 300–1. 1975.

BANCO INTERNACIONAL DE PAGOS, Reporte No. 3 "A discussion paper on public disclosure of market and credit risks by financial intermediaries" (*Fisher Report*), Septiembre 1994, ISBN 92-9131-054-9.

D. INFORMACIÓN EN INTERNET

AMERICAN STATISTICAL ASSOCIATION, J.D. Jobson, "Estimation for Markowitz efficient portfolios" <<http://www.amstat.org/publications/>> (último acceso 22 junio 2007).

BANCO INTERNACIONAL DE PAGOS a, "The Measurement of Aggregate Market Risk."
<<http://www.bis.org/publ/ecsc07a.pdf#xml=http://search.atomz.com/search/pdfhelper.tk?sp-o=4,10000,0>> (último acceso 28 junio 2001).

BANCO INTERNACIONAL DE PAGOS b, "Multidisciplinary Working Group on Enhanced Disclosure, Final Report to: Basel Committee on Banking Supervision, Committee on The Global Financial System of the G-10 Central Banks, International Association of Insurance Supervisors, International Organization of Security Commissions."
<<http://www.bis.org/publ/joint01.pdf#xml=http://search.atomz.com/search/pdfhelper.tk?sp-o=1,10000,0>>, (último acceso 28 junio 2001).

BANCO INTERNACIONAL DE PAGOS c, Reporte No. 3, Peter R. Fisher, "A discussion paper on public disclosure of market and credit risks by financial intermediaries" (Fisher Report), September 1994, ISBN 92-9131-054-9
<<http://risk.ifci.ch/ByAuthor.htm>> (último acceso 23 julio 2002).

BLOOMBERG, *Tasa de los T-Bills y T-Notes del mercado de dinero de Estados Unidos*, <<http://www.bloomberg.com/markets/C13.html?sidenav=front>> (último acceso: 22 junio 2001).

BLOOMBERG, *Glosario de Términos Financieros, Definición de Modelo de Valor en Riesgo*, <<http://www.bloomberg.com/money/tools/bfglosa.html>>, (último acceso: 22 junio 2001).

CHICAGO MERCANTILE EXCHANGE, "How to Get Started Trading CME Interest Rate Products", <<http://www.cme.com/market/interest/howto/introduc.html>> (último acceso: 22 junio 2001).

EWERHART Christian, "Banks, Internal Models, And The Problem Of Adverse Selection", **UNIVERSITY OF MANNHEIM, Department of Economics**, Germany, Abril 2002.

<http://www.bis.org/bcbs/events/b2eaewe.pdf#xml=http://search.atomz.com/search/pdfhelper.tk?sp-o=3,100000,0>

FONDO MONETARIO INTERNACIONAL, “Selected Issues in Mature Financial Systems: EMU, Banking System Performance, and Supervision and Regulation”, pp. 36-38,
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/icm/icm98/pdf/file05.pdf> (último acceso 28 junio 2001).

HOLTON, GLYN A., “Simulating Value-at-Risk”, *Contingency Analysis*, 1998,
<http://www.contingencyanalysis.com/research/framesim.htm> (18 mayo 2001).

MEXDER, *Código de Ética Profesional de la Comunidad Bursátil Mexicana*,
http://www.mexder.com.mx/mexder/codigo_de_etica.html (último acceso: 26 junio 2001).

MEXDER, *Reglamento Interior del MEXDER*,
http://www.mexder.com.mx/mexder/reglamento_mexder/reglamento_mexder.html (último acceso: 26 junio 2001).

MEXDER, *Reglamento Interior de Asigna*,
<http://www.mexder.com.mx/mexder/reglamentoasign/reglamentoasigna.html> (último acceso: 26 junio 2001).

MEXDER, *Términos y Condiciones Generales de Contratación del Contrato de Futuro sobre el Certificado de la Tesorería de la Federación a 91 días*,
<http://www.mexder.com.mx> (último acceso: 26 junio 2001).

MÉXICO, COMISIÓN NACIONAL BANCARIA Y DE VALORES, *Circular Única de Bancos, Disposiciones de Carácter General Aplicables a las Instituciones de Crédito. Publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 2 de diciembre de 2005, modificadas mediante Resoluciones Primera, Segunda, Tercera, Cuarta, Quinta y Sexta publicadas en el citado Diario Oficial el 3 y 28 de marzo, 15 de septiembre, 6 y 8 de diciembre de 2006 y 12 de enero de 2007, respectivamente.* <http://www.cnbv.gob.mx> (último acceso 15 agosto de 2007)

MORGAN, J.P., “Risk Metrics Technical Document”, (3ª Ed.) Estados Unidos. 1995. 159 p. <http://www.riskmetrics.com/r2rovv.html> (Último acceso, Agosto 13, 2007)

SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION (extracto), *Disclosure of accounting policies for derivative financial instruments and derivative commodity instruments and disclosure of quantitative and qualitative information about market risk inherent in derivative financial instruments*,

other financial instruments, and derivative commodity instruments.
<<http://www.sec.gov/rules/final/33-7386.txt>> (último acceso 21 junio 2007).

**THE BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION AND THE
TECHNICAL COMMITTEE OF THE IOSCO**, Paper No. 19, *Framework for
supervisory information about the derivatives activities of banks and
securities firms*, Joint report May 1995.
<<http://www.bis.org/publ/bcbssc003.htm#v2d2>>

E. INFORMACIÓN OBTENIDA VÍA CORREO ELECTRÓNICO

De: timotheos.angelidis@gmail.com [mailto:timotheos.angelidis@gmail.com]

En nombre de Timotheos Angelidis

Enviado el: Martes, 03 de Julio de 2007 01:45 p.m.

Para: Carlos Aurelio Arguello Gomez

Asunto: Re: Requesto for paper

Hi,

Attached is the requested paper.

Best Regards,

Timotheos Angelidis

On 7/3/07, **Carlos Aurelio Arguello Gomez** <carlos_arguello@hacienda.gob.mx>

wrote: Sir. Timotheos Angelidis

University of Peloponnese, Department of Economics; Athens Laboratory of Business Administration (ALBA)

Hi there in Greece!!,

My name is Carlos Argüello, I just finished my studies of MBA in México, and I'm doing the final research work about Backtesting and VaR models for the Mexican Derivatives Market. I was looking for some references about this issue, so I found your work and I'm very interested in your paper titled "Modeling Risk: VaR Methods for Long and Short Trading Positions" *Journal of Risk Finance, Vol. 6, No. 3, pp. 226-238, 2005.*

I like to ask you if it's possible to get an electronic or hard copy of your work ¿?

I'll appreciate very much to know about your work.

Thank you in advance,

Sincerely,

Carlos Argüello

carlos_hacienda@hotmail.com

carlos_arguello@hacienda.gob.mx

This message has been scanned for viruses and dangerous content by [MailScanner](#), and is believed to be clean.

Timotheos Angelidis

Adjunct Lecturer

Department of Economics

University of Crete

Gallos Campus

74100 Rethymno

Greece

Email:timotheos.angelidis@gmail.com

**Términos y Condiciones Generales de Contratación del
Contrato de Futuro sobre el Certificado de la Tesorería de la
Federación a 91 días
(Liquidación en Efectivo)**

I. OBJETO.

1. Activo Subyacente.

Los **Certificados de la Tesorería de la Federación** con un plazo de 91 días (en adelante Cetes) son títulos de crédito al portador denominados en moneda nacional a cargo del Gobierno Federal. Estos títulos son colocados a descuento, conforme lo establece la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Los montos, rendimientos, plazos y condiciones de colocación, son determinados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, oyendo previamente la opinión del Banco de México. Por lo general se emiten Cetes a 28, 91, 182 y 364 días, aunque se han llegado a emitir Cetes a 7, 14 días y a 2 años. El Activo Subyacente del Contrato de Futuro sobre Cetes tiene un plazo homogéneo de 91 días, con independencia de que los Cetes de referencia puedan tener plazos distintos en caso de días inhábiles.

2. Número de Unidades del Activo Subyacente o Valor Nominal que ampara un Contrato de Futuro.

Cada Contrato de Futuro sobre Cetes a 91 días ampara una cantidad de 10,000 (diez mil) Cetes, equivalente a un valor nominal de 100,000.00 pesos (cien mil 00/100 pesos).

3. Series.

En términos de sus respectivos Reglamentos Interiores, MexDer y Asigna podrán listar y mantener disponibles para su negociación distintas Series del Contrato de Futuro de Cetes a 91 días sobre una base mensual o trimestral hasta por diez años.

La Bolsa decidirá si la base de la Serie será mensual o trimestral de acuerdo a las condiciones de mercado. La Bolsa estará obligada a publicar en el Boletín de Indicadores del Mercado, tal decisión por lo menos 15 días naturales previos al vencimiento de la Serie más cercana a la fecha de publicación.

En caso de que el mercado demande la disponibilidad de Contratos de Futuro de Cetes a 91 días con Fechas de Vencimiento distintas a las señaladas en el primer párrafo de este inciso I.3, MexDer podrá listar nuevas Series para su negociación.

ANEXO 1

II. MECÁNICA DE NEGOCIACIÓN.

1. Símbolo o clave de pizarra.

Las distintas Series del Contrato de Futuro de Cetes a 91 días serán identificadas con un símbolo o clave de pizarra que se integrará por la expresión "CE91" a la que se agregarán la primera letra más la siguiente consonante del mes de vencimiento y los últimos dos dígitos del año de vencimiento conforme al ejemplo siguiente:

Símbolo o clave de pizarra del Contrato de Futuro	Clave del Activo Subyacente	Mes de vencimiento	Año de vencimiento
CE91 JN07	CE91	JN = Junio	07 = 2007
CE91 SP07	CE91	SP = Septiembre	07 = 2007
CE91 DC07	CE91	DC = Diciembre	07 = 2007
CE91 MR08	CE91	MR = Marzo	08 = 2008

2. Unidad de cotización.

La celebración del Contrato de Futuro de Cetes a 91 días en MexDer tendrá como unidad de cotización de la Tasa Futura a la tasa porcentual de rendimiento anualizada, expresada en tantos por ciento, con dos dígitos después del punto decimal.

3. Puja.

La presentación de posturas para la celebración de Contratos de Futuros de Cetes a 91 días tendrá como fluctuación mínima de la Tasa Futura un valor de un punto base (0.01) de la tasa porcentual de rendimiento anualizada, señalada en el numeral II.2 anterior.

4. Valor de la Puja por Contrato de Futuro.

El valor de la puja del Contrato de Futuro de Cetes a 91 días se calcula como el cambio en el precio del Contrato de Futuro de Cetes a 91 días.

$$V_p = P_2 - P_1$$

Donde:

V_p = Valor de la puja, redondeado a 2 decimales. Es variable en función de la tasa de rendimiento anual negociada en MexDer.

P_2 y P_1 son los precios correspondientes a tasas con un punto base de intervalo.

Los precios se calculan con base a la siguiente fórmula:

Donde,

$$P_n = \frac{VN}{[1 + (r_n \times FT)]}$$

VN = "Valor Nominal" del Contrato de Futuro de Cetes a 91 días \$100,000.00.

r_n = tasa de rendimiento anual negociada en MexDer, en porcentaje con 2 decimales.

FT = Factor Tiempo obtenido con $91/36000$, para manejo de la tasa en por ciento, truncado a ocho decimales = 0.00252777.

El resultado de $r_n \times FT$ se trunca a ocho decimales.

P_n = Precio del Contrato de Futuro de Cetes a 91 días, redondeado a 2 decimales.

5. Medios de negociación.

La celebración de Contratos de Futuros de Cetes a 91 días será mediante procedimientos electrónicos a través del Sistema Electrónico de Negociación de MexDer, de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos en su Reglamento, sin perjuicio de la facultad de MexDer de establecer alguna mecánica distinta.

Las instituciones de crédito, casas de bolsa y demás personas morales que operen como Formadores de Mercado o bajo el amparo de los términos y condiciones de liquidez, podrán solicitar el servicio de operación vía telefónica, a través del cual podrán dictar instrucciones al personal del área de operaciones de MexDer para introducir, retirar, modificar y cerrar posturas.

III. CARACTERÍSTICAS Y PROCEDIMIENTOS DE NEGOCIACIÓN.

1. Fluctuación diaria máxima de la Tasa Futura.

No habrá fluctuación máxima de la Tasa Futura durante una misma sesión de remate.

2. Horario de negociación.

El horario de negociación de los Contratos de Futuro de Cetes a 91 días será de las 7:30 horas a las 14:15 horas tiempo de la Ciudad de México, Distrito Federal. Asimismo, se considerarán como parte del horario de negociación el periodo de negociación a la Tasa de Liquidación Diaria, y las subastas que convoque MexDer de acuerdo a lo establecido en el numeral IV.3.d).

Lo anterior sin perjuicio de la facultad de MexDer para establecer algún horario distinto, mismo que será publicado en el Boletín con tres Días Hábiles de anticipación a su entrada en vigor.

3. Horario de negociación a Tasa de Liquidación Diaria.

La Tasa de Liquidación Diaria será calculada por MexDer al cierre de cada sesión de negociación y permitirá la negociación de Contratos de Futuro de Cetes a 91 días, mediante la presentación de Posturas en firme a la Tasa de Liquidación Diaria por parte de los Socios Liquidadores y Operadores de MexDer. El periodo en el que MexDer recibirá Posturas en firme para negociar a la Tasa de Liquidación Diaria será de 14:40 a 14:50 horas.

Lo anterior sin perjuicio de la facultad de MexDer para establecer algún horario distinto, mismo que será publicado en el Boletín con tres Días Hábiles de anticipación a su entrada en vigor.

4. Último día de negociación y Fecha de vencimiento de la Serie.

El último día de negociación y la Fecha de Vencimiento de una Serie del Contrato de Futuro del Cete a 91 días será el día en que Banco de México realice la subasta primaria de valores gubernamentales en la semana correspondiente al tercer miércoles del mes de vencimiento.

5. Negociación de nuevas Series.

La negociación de Series, con vencimiento distinto al establecido en el inciso I.3 anterior, o bien, una nueva Serie del ciclo del Contrato de Futuro, se iniciará el Día Hábil siguiente al de la fecha de su anuncio a través del Boletín (*Indicadores del Mercado de Productos Derivados*).

6. Fecha de Liquidación al Vencimiento.

Para efectos del cumplimiento de las obligaciones a cargo de Asigna y del Socio Liquidador con respecto al Cliente, es el Día Hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento.

IV. LIQUIDACIÓN DIARIA Y LIQUIDACIÓN AL VENCIMIENTO.

1. Procedimiento para la Liquidación al Vencimiento.

El Cliente efectuará la Liquidación al Vencimiento sujeto a los procedimientos y términos en que se efectúa la Liquidación Diaria en la Fecha de Vencimiento.

2. Liquidación Diaria.

Los Clientes y los Socios Liquidadores realizarán la Liquidación Diaria de sus obligaciones derivadas de las operaciones celebradas en MexDer conforme lo hayan establecido en el Contrato de Intermediación.

Los Socios Liquidadores y Asigna realizarán diariamente la liquidación de sus obligaciones conforme lo establece el Reglamento Interior de Asigna, quedando incorporados en la misma, las pérdidas y ganancias, la actualización de las Aportaciones Iniciales Mínimas, la actualización del Fondo de Compensación, los intereses devengados y, en su caso, las cuotas correspondientes.

3. Cálculo de la Tasa de Liquidación Diaria.

Finalizada una sesión de negociación, MexDer calculará las Tasas de Liquidación Diaria para cada Serie, de acuerdo con el orden de prelación y la metodología siguientes:

- a) El cálculo de la Tasa de Liquidación Diaria, en primera instancia, será la tasa que resulte del promedio ponderado de las tasas pactadas en las operaciones de los Contratos de Futuros celebradas durante los últimos cinco minutos de la sesión de negociación por Serie y ajustado a la puja más cercana, conforme a la fórmula siguiente:

Donde:

$$PL_t = \frac{\sum_{i=1}^n PiVi}{\sum_{i=1}^n Vi}$$

PL_t = Tasa de Liquidación del Contrato de Futuro sobre Cetes a 91 días en el día t, redondeada a la puja más cercana.
 n = Número de hechos ocurridos en los últimos cinco minutos de remate
 P_i = Tasa negociada en el i-ésimo hecho.
 V_i = Volumen negociado en el i-ésimo hecho.

- b) En caso de que no se hayan concertado operaciones durante el periodo que se establece en el inciso IV.3.a) anterior, la Tasa de Liquidación Diaria para cada Serie será la tasa promedio ponderada por volumen de las Posturas y/o Cotizaciones en firme vigentes al final de la sesión de negociación; conforme a la fórmula siguiente:

Donde:

$$PL_t = \frac{P_c V_v + P_v V_c}{V_c + V_v}$$

PL_t = Tasa de Liquidación del Contrato de Futuro sobre Cetes a 91 días en el día t, redondeada a la puja más cercana.
 P_c = Tasa de la(s) menor(es) postura(s) y/o cotización(es) en firme de compra vigente(s) al cierre.
 P_v = Tasa de la(s) mayor(es) postura(s) y/o cotización(es) en firme de venta vigente(s) al cierre.
 V_c = Volumen de la(s) menor(es) postura(s) y/o cotización(es) en firme de compra vigente(s) al cierre.
 V_v = Volumen de la(s) mayor(es) postura(s) y/o cotización(es) en firme de venta vigente(s) al cierre.

ANEXO 1

- c) Si al cierre de la sesión no existe al menos una postura de compra y una de venta para un Contrato de Futuro con misma Fecha de Vencimiento, la Tasa de Liquidación Diaria será la tasa futura pactado en la última operación celebrada durante la sesión de remate.
- d) Si durante la sesión de remate no se hubiese celebrado operación alguna para una Fecha de Vencimiento de un Contrato de Futuro y si existiera interés abierto para dicha Serie en particular, la Tasa de Liquidación Diaria será la que resulte de la subasta convocada por MexDer en términos de su Reglamento.
- e) Si en la subasta, señalada en el inciso IV.3.d) anterior, la menor tasa de compra resulta superior a la mayor tasa de venta, la Tasa de Liquidación Diaria será la tasa promedio ponderada por volumen de las Posturas y/o Cotizaciones en firme vigentes al final de la sesión de negociación, conforme a la fórmula expuesta en el inciso IV.3.b) anterior.
- f) En caso de que no se hayan recibido posturas de compra y venta en firme para la realización de la subasta, señalada en el inciso IV.3.d) anterior, la Tasa de Liquidación Diaria será la Tasa que se derive de la tasa Forward estimada a partir de la Curva de Descuento (transformada a Tasa de Rendimiento) de Cetes que sea proporcionada por la empresa de valuación que contrate MexDer, de acuerdo a la formula siguiente:

Donde:

$CETE_{t,M}^F$ = Tasa de rendimiento forward de 91 días en el día t, dentro del plazo de vencimiento del Contrato de Futuro estimado el día t.

$i_{t,M+91}$ = Tasa de rendimiento de los Certificados de la Tesorería de la Federación observada el día t, para el plazo de vigencia del futuro más 91 días, derivada de la curva de Descuento de Cetes, que sea proporcionada por la empresa de valuación que contrate MexDer.

$i_{t,M}$ = Tasa de rendimiento observada el día t, para el plazo de vigencia del contrato, que sea proporcionada por la empresa de valuación que contrate MexDer.

M = Número de días por vencer del Contrato de Futuro.

t = Día de la valuación o de liquidación.

$$CETE_{t,M}^F = \left[\frac{\left(1 + i_{t,M+91} \left(\frac{M+91}{360} \right) \right)}{\left(1 + i_{t,M} \left(\frac{M}{360} \right) \right)} - 1 \right] * \left(\frac{360}{91} \right)$$

No obstante lo previsto en los incisos IV.3.a), IV.3.b) y IV.3.c) anteriores, en caso de que más de una tercera parte de los Formadores de Mercado consideren que la Tasa de Liquidación no refleja la tasa que prevalecía al cierre de la sesión, podrán solicitar a la Bolsa que convoque a una subasta para determinar la Tasa de Liquidación, la cual resolverá si dicha solicitud es fundada o no. Si considera procedente la solicitud, la Bolsa convocará a la realización de una subasta extraordinaria para la determinación de la Tasa de Liquidación, sujetándose los participantes en la misma a las normas establecidas en el Reglamento Interior de MexDer.

4. Tasa de Liquidación al Vencimiento.

La Tasa de Liquidación al Vencimiento para un Contrato de Futuro de Cetes a 91 días será calculada en el orden y con la metodología siguiente:

El promedio ponderado de las siguientes operaciones realizadas a través de las empresas que administran mecanismos para facilitar las operaciones con valores y difusión de cotizaciones, autorizadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, y que las mismas se obliguen a proporcionar a MexDer:

- a) Operaciones de compra y venta de Cetes con un plazo entre 70 y 94 días fecha valor 48 horas.
- b) Operaciones de compra y venta de rango en Cetes entre 70 y 94 días, fecha valor 48 horas.
- c) Así como todas aquellas operaciones de cama y ronda de Cetes que cumplan las características anteriores; y
- d) El resultado de la subasta primaria de Cetes de tres meses, cualquiera que sea el plazo que se emita.

Las operaciones mencionadas en los incisos anteriores deberán corresponder al día en que Banco de México realice la subasta primaria en la semana del tercer miércoles de cada mes.

En caso de que Banco de México no realice subasta primaria de Cetes de 3 meses en la Fecha de Vencimiento de la Serie, la Tasa de Liquidación al Vencimiento será el promedio ponderado únicamente de las operaciones descritas en los incisos a), b), y c).

MexDer dará a conocer el promedio ponderado referido en este apartado a través de Boletín o cualquiera de los medios electrónicos de difusión con los que cuente MexDer.

V. POSICIONES LÍMITE EN CONTRATOS DE FUTUROS DE CETES A 91 DÍAS.

1. Posiciones Límite en Posiciones Cortas o Largas y en posición opuesta.

Las Posiciones Límite establecidas para el Contrato de Futuro de Cetes a 91 días es el número máximo de Contratos Abiertos de una misma Clase que podrá tener un Cliente. Las Posiciones Límite serán establecidas por la Cámara de Compensación y serán dadas a conocer a través del Boletín (*Indicadores del Mercado de Productos Derivados*).

2. Posiciones Límite para las posiciones de cobertura.

Los Clientes podrán abrir Posiciones Largas y Posiciones Cortas que excedan las Posiciones Límite previstas y publicadas por la Cámara de Compensación, con el único fin de crear una posición de cobertura de riesgo.

Será responsabilidad del Socio Liquidador verificar la existencia de las condiciones necesarias para la realización de las operaciones y acreditar por cuenta de sus Clientes ante la Cámara de Compensación, la existencia de posiciones objeto de cobertura de riesgos a más tardar el Día Hábil siguiente en que excedan las Posiciones Límite, de conformidad con el procedimiento establecido en el Manual Operativo.

Conforme a Reglamento de Asigna, se entenderá por posiciones de cobertura, la Posición Corta o Posición Larga que un Cliente mantenga en la Cámara de Compensación como posición que contribuya a cubrir riesgos de la posición que un Cliente mantenga en otros mercados distintos a la Bolsa y a la Cámara de Compensación, en Activos Subyacentes o valores del mismo tipo que el Activo Subyacente u otro tipo de activos sobre los cuales se esté tomando la posición de cobertura de riesgo.

ANEXO 1

La Cámara de Compensación aceptará o negará discrecionalmente el que un Cliente mantenga una posición de cobertura y, en caso de rechazo, el Socio Liquidador deberá asegurarse de que su Cliente cierre el número de Contratos necesarios para cumplir con las Posiciones Límite establecidas en el numeral V.1 anterior bajo el entendido de que el no realizar el cierre de los contratos que excedan la Posición Límite, será objeto de sanción de acuerdo a lo dispuesto en el Reglamento de la Cámara de Compensación.

VI. EVENTOS EXTRAORDINARIOS.

1. Caso fortuito o causas de fuerza mayor.

Cuando por caso fortuito o causas de fuerza mayor, resulte imposible continuar negociando el Cete a 91 días, MexDer y Asigna podrán suspender o cancelar la negociación y la compensación y liquidación, respectivamente, del Contrato y estarán facultadas en términos de sus respectivos Reglamentos para determinar la forma de liquidación de los Contratos vigentes hasta ese momento, procurando en todo caso salvaguardar los derechos adquiridos por los Clientes.

2. Situaciones de contingencia.

En caso de que MexDer declare una situación de contingencia, podrán ser modificados tanto el horario de remate como el mecanismo de operación de acuerdo con lo establecido en el Manual de Contingencias de MexDer y Asigna.

ANEXO 2

Fisher Report

No. 3, "A DISCUSSION PAPER ON PUBLIC DISCLOSURE OF MARKET AND CREDIT RISKS BY FINANCIAL INTERMEDIARIES" (FISHER REPORT), SEPTEMBER 1994, ISBN 92-9131-054-9

PREFACE

1. At their meeting in Basle on 12th September, the Governors of the G-10 central banks agreed to the release of this Discussion Paper on the Public Disclosure of Market and Credit Risk by Financial Intermediaries, as recommended by the Euro-currency Standing Committee of the G-10 central banks. The paper has been prepared as a contribution to the Standing Committee's ongoing assessment of financial market functioning by a working group chaired by Peter R. Fisher of the Federal Reserve Bank of New York.
2. The discussion paper, while reflecting preliminary thinking in G-10 central banks, is being released with the intention of stimulating further debate in a wider forum, including market participants and accounting authorities, about the role that enhanced public disclosure by financial intermediaries could play in addressing concerns about the risks incurred by financial intermediaries in the active trading of financial assets and derivative instruments. The Standing Committee hopes that relevant national authorities will find the discussion paper helpful in their efforts to encourage the evolution of disclosure practices that will improve the functioning of financial markets.
3. The preparation of this paper has benefited from discussion with the Basle Committee on Banking Supervision, which may in due course consider specific supervisory issues in relation to disclosures by banks.
4. The G-10 central banks will be taking further steps to encourage comments and reactions to this discussion paper from interested parties.

SUMMARY OF RECOMMENDATIONS

- 1.1 This paper addresses disclosure issues relating to the **risk exposures and risk management** performance of trading activities of financial intermediaries. It has been prepared by the Euro-currency Standing Committee of the G-10 central banks for the purpose of stimulating further debate about the methods and purpose of public disclosures of financial information by financial intermediaries. The paper complements disclosure formats for financial trading activity recently proposed by accounting bodies and private market associations and seeks to advance further the public debate about disclosure of risk exposures and risk management performance.
- 1.2 Financial markets function most efficiently when market participants have sufficient information about risks and returns to make informed investment and trading decisions. However, the evolution of financial trading and risk management practices has moved ahead of the public disclosures that most firms make of information that is relevant for such decisions. As a result, a gap exists between the precision with which a firm's management can assess its financial risks and the information available to outsiders. This asymmetry of information can cause a mis-allocation of capital among firms and can also amplify market disturbances. During episodes of market stress, this lack of transparency can contribute to an environment in which rumours alone can cause a firm's market access and funding to be impaired.
- 1.3 To improve the transparency of financial risk exposures, market participants **should strive to disclose more meaningful information about risks and risk management performance**. Current accounting conventions do not provide a sufficient means of presenting such information. However, financial risks are already measured and expressed in many firms' internal risk management systems. This paper recommends that information generated by such systems be adapted for public disclosure purposes. Such information would complement, but not substitute for, disclosures based

ANEXO 2

Fisher Report

on traditional accounting conventions because it would provide answers to questions about risks and risk management on which balance sheet and income statements are silent.

- 1.4** In an environment that lacks transparency, a firm that discloses more information about its risks than others may fear that outsiders will erroneously perceive its riskiness to be greater than that of other firms. Such concern may have hampered progress in voluntary disclosures of risk exposures. However, if consensus developed on an appropriate framework for understanding such disclosures, enhanced disclosures could be seen as an indication of strength. An approach based on each firm's own methods of assessing and managing risks should provide the flexibility that will make it easier for firms to communicate their risk management practices and performance.
- 1.5** Recommendation: The Euro-currency Standing, Committee suggests that all financial intermediaries - regulated and unregulated - should . move in the direction of publicly disclosing periodic quantitative information which expresses, in summary form, the estimates relied upon by the firm's management of:
- the market risks in the relevant portfolio or portfolios, as well as the firm's actual performance in managing the market risks in these portfolios;
- the counterparty credit risks arising from its trading and risk management activities, including current and potential future credit exposure as well as counterparty credit worthiness, in a form which permits evaluation of the firm's performance in managing credit risk.
- 1.6** Disclosures based on this recommendation would have the advantage of providing information about risks as they are managed by each firm. Moreover, by contrasting individual firms' prior risk assessment with subsequent outcomes, such disclosures would provide scope for comparison of firms' relative risk management performance over time. Because the information required for such disclosures is already generated for internal risk management purposes, the approach should not be burdensome.
- 1.7** While comparability of disclosures is desirable and should be an ultimate goal, at present no consensus on best practice for the measurement of risk exists. For example, the technical details of the models used for risk measurement differ between firms; strict comparability would require consensus on such details. Given such differences, an insistence on immediate comparability would be impractical. Recognizing that consensus on best practice, and thus comparability, cannot be achieved immediately, the benefits to be gained from improved transparency recommend an evolutionary approach. To that end, flexibility in disclosure methods is desirable, at least for some time.
- 1.8** The Basle Committee on Banking Supervision is currently developing a framework for the measurement of market risk for capital purposes at commercial banks. Once finalised, the procedures, methods and parameters of that framework could be a basis for increasing the comparability of commercial banks' public disclosures.
- 1.9** This discussion paper, however, serves the more general purpose of stimulating debate about the purpose and scope of public disclosures by all financial intermediaries and encouraging an evolution of disclosures practices that will improve the functioning of financial markets. Although this paper's recommendation is directed at financial intermediaries, the process it encourages could be of value for non-financial firms as well, especially those with active treasury units.

RATIONALE

- 2.1** Financial markets function most efficiently when participants have access to information that facilitates the prompt and accurate pricing of assets. This applies not only to individual instruments

ANEXO 2

Fisher Report

and financial assets but also to the assessment of financial intermediaries themselves. For shareholders, creditors and counterparties in financial markets to allocate capital efficiently, they need to be able to assess the risks to which firms are exposed and which, in their view, should be reflected in share prices, funding costs and credit decisions.

- 2.2** The use of derivative instruments has added diversity and complexity to firms' financial assets, liabilities and off-balance-sheet commitments. This has rendered the assessment of their risk exposures more difficult. At the same time, derivative instruments have provided firms with new opportunities to assess, price and manage increasingly refined elements of financial risk. The development of methodologies for assessing the riskiness of portfolios or trading positions has increased firms' ability to assess and understand their overall risk exposures.
- 2.3** However, the evolution of trading and financial risk management practices in recent years has moved well ahead of the public disclosure of financial information made by most financial firms. As a result, a gap exists between the precision with which a firm's management can assess and adjust the firm's own risk exposures, and the information available to outsiders to help them assess the riskiness of that firm's activities. Indeed, market participants are increasingly aware of the contrast between their increased ability to assess and manage their own financial risks and their relative inability to assess the riskiness of other market participants on the same terms.
- 2.4** The lack of transparency of financial intermediaries' trading and risk management activities can cause a mix-allocation of capital among firms and can also amplify market disturbances. When the riskiness of firms' activities are not apparent to outsiders, the market allocation of capital to such firms is unlikely to reflect their actual risk-return prospects. During episodes of market stress, a lack of information about a firm's market and credit risk exposures can create an environment in which rumours alone can cause a firm's creditors and counterparties to reduce their dealings with the firm solely to avoid uncertainty. This may impair the firm's market access and funding at the very time that these may be critical to the firm's survival. Moreover, problems encountered by one firm may cause funding or market access difficulties at other firms which, because of a lack of transparency, appear similar to outsiders. As counterparties withdraw from new transactions, market liquidity for some instruments may decline.
- 2.5** The problems caused by a lack of transparency affect all financial intermediaries and financial market participants. In order to address these problems, major market participants need to disclose more meaningful information about their risk exposures and risk management performance. While some firms' disclosures in these areas have improved in recent years, such improvements have been isolated and have lacked a framework that allows outsiders to assess firms' ability to manage the risk embedded in their portfolios.
- 2.6** It is important to recognize that current national accounting conventions do not provide a sufficient means of representing the risk exposures that are measured and managed by increasingly common risk management concepts such as **value at risk** and stress tests. Disclosure of information based on such concepts would be complementary to, but not a substitute for, continued efforts by the accounting profession to improve the accuracy of information contained in balance sheets and income statements.
- 2.7** Some regard it as desirable for accounting conventions to include or reflect risk management concepts so that firms' financial disclosures could provide a single consistent statement of income. Others, however, believe that any additional disclosure of risk management information should be kept entirely distinct from accounting conventions, which are seen as appropriately serving the limited purpose of providing a snap shot of firms' assets and liabilities as well as rules for the recognition of income. These differences reflect the continuous and healthy debate over appropriate accounting practices and differences in existing national accounting rules.

ANEXO 2

Fisher Report

-
- 2.8** Despite the continued lack of harmony in national accounting practices, accounting principles should not hinder meaningful disclosure of firms' risk management activities. There is growing convergence among the major financial intermediaries in the basic analytic tools used for internal risk management. These can, in turn, be used as the starting point for providing improved disclosure about firms' performance in managing their risk.
- 2.9** In developing an approach for improved disclosure of risk management information, an effort should be made to assess the effectiveness of any proposal against potential costs. First, disclosure should be meaningful in the sense of expressing how a particular firm does, in fact, assess and manage risk. Second, it should be understandable by providing an adequate context or paradigm for relating details to the overall concepts. Third, it should preserve proprietary information of the firm, so that a firm would not need to reveal specific market opportunities (and risks). Fourth, it should not be burdensome, in that the cost of producing the information should not exceed the total benefits disclosure would bring to the firm, its shareholders and the market. Fifth, it should be comparable so that it can provide a basis for comparisons among firms. Sixth, it should be verifiable in the sense of being independently auditable. And finally, the approach should be flexible so that it does not stifle the further development of risk management concepts and disclosure practices.
- 2.10** In practice, there are obvious trade-offs and tensions among these criteria. For example, a disclosure regime that is sufficiently flexible to accommodate changing trading and risk management practices, and which encourages firms to provide the information they consider most meaningful and informative about their own risk management activities, may reduce the degree of comparability of disclosures across firms and over time. However, the gain in transparency and meaningfulness of disclosures made by individual firms about their risk exposures and risk management capacity would appear to make such an approach a reasonable starting point. Moreover, while the existence of these trade-offs has contributed to the difficulty of achieving consensus on public disclosure, a very large obstacle has been the reluctance of individual firms to forge ahead unilaterally.
- 2.11** In an environment of limited transparency, a firm that reveals more information about its risks than others may have reason to fear that outsiders perceive its risk to be greater than those of firms who conform to the status quo in disclosure. Given the general paucity of risk-related disclosures, a firm whose overall risks are low could still encounter difficulty convincing investors that its risks are lower than those of firms that do not make such disclosures.
- 2.12** However, a firm's ability to measure and control increasingly complex risks is of significant importance in determining the firm's performance and standing in the market place. Hence, it is in the firm's self-interest to communicate its risk management capabilities to the market place. A shift in the focus of disclosures from the language of traditional accounting conventions to the firm's own assessment of risks and its performance in managing those risks could make it easier for each firm to communicate its risk management performance to outsiders and should reduce the likelihood that such disclosures will be misconstrued by outsiders.
- 2.13** While it is desirable for firms to have the flexibility to disclose quantitative information which they consider meaningful, the information thus disclosed also needs to be capable of receiving or being subject to an objective, external check. This points to the need for the auditing profession to be closely involved in the public debate on disclosure because they will have an important role to play in ensuring that information disclosed about firms' risks represents an accurate statement both of the estimates of risk themselves and of the actual outcomes against which the estimates are assessed.
- 2.14** If firms with superior risk management systems begin to disclose information adapted from these systems, this approach could initiate a dynamic competitive process leading to enhanced disclosure practices and greater market transparency. In turn, the information revealed would allow outsiders to make informed judgments about the adequacy of the firm's capital in relation to its risk exposures and risk management capability. Firms that adopt such improved disclosures and are able to demonstrate that they take less risk - or manage risks better - than they are perceived to will be

ANEXO 2

Fisher Report

deemed more creditworthy than they otherwise would be. Such a process could also strengthen market discipline because firm management will correct and adjust their risk management strategy in anticipation of possible responses to their disclosures by market participants.

MARKET RISK DISCLOSURE

3.a Recommendation

- 3.2** All financial intermediaries, regulated and unregulated, should move in the direction of publicly disclosing periodic quantitative information which expresses, in summary form, the estimates relied upon by firm management of the market risks in the relevant portfolio or portfolios, as well as the firm's actual performance in managing the market risks in these portfolios.
- 3.2** This recommendation suggests that firms move in the direction of drawing from their risk management information systems for their public disclosures. Firms could meet the principle by disclosing (summary) information about risks and performance using whatever methods are employed in their risk management systems, and covering whatever portions of the firm that are spanned by their risk management systems. Many firms may not yet have sophisticated risk management information systems that cover the entire firm. Nevertheless, firms should draw on the information used by management about the parts of the firm or the portfolios for which risk management systems exist.

3.b Quantitative information

- 3.2** Quantitative information about risk exposures and risk management performance can provide a framework for qualitative description and assessment. While qualitative information about risk management and risk control practices is useful and should be an integral component of disclosure, it is not a substitute for quantitative information. Qualitative information or discussion of risk management activity can become meaningless boiler-plate if it is not linked to quantitative data about risks and realized outcomes. Quantitative measures of risk and the impact of market prices on portfolio values are now used internally by many firms, and for that reason should be used as the basis for firms' disclosures about their risks. Quantitative disclosures about a firm's risks as they are viewed by the firm's management are likely to be informative because they will conform to the specific circumstances of the firm's risk profile and approach to managing those risks. I

3.c Risk management information systems

- 3.4** Risk management concepts and practices developed by financial institutions provide useful ways of organising and presenting information about financial risks, and disclosure practices would benefit from adopting such risk management concepts. The use of risk management information systems as the source of disclosures also has the benefit of allowing disclosures to evolve with these systems. While a divergence of views exists at the level of specific computation methods and assumptions, risk measurement and management as practised by market participants do have common features. Such features include: (1) a portfolio approach; (2) a focus on basic types of risk (e.g. interest rate risk, exchange rate risk, or credit risk), rather than on instruments or balance sheet categories; (3) a measure of the value of the portfolio that reflects current market prices, interest rates, and exchange rates; and (4) a measure of the sensitivity of the portfolio's value to changes in these prices. Drawing on these features, disclosures consistent with the recommendation would take a portfolio perspective and would include measures of the portfolio's performance and risks that are based on market prices.
- 3.6** Disclosures of information from risk management systems need not be provided at the level of detail that would reveal proprietary information. Where the coverage of the systems are broad, managers, who are aware of what information is proprietary, should be able to find ways to aggregate information into summary statistics that allow outsiders to evaluate a firm's risk and performance and

ANEXO 2

Fisher Report

yet do not reveal the firm's trading positions. Where systems coverage is partial, it may be that, even after aggregation, proprietary trading strategies could still be revealed. In such cases, firms should explore alternative measures that would not reveal proprietary information. However, the fact that the information disclosed would involve an institution's past rather than current trading activities should, in general, mitigate the sensitivity of any information revealed.

3.d The relevant portfolio

3.7 Disclosures about risks and the management of those risks will be most meaningful if they are made from a portfolio perspective. Such an approach is necessary because exposures "to a particular type of financial risk (e.g. exchange rate risk) can arise from a variety of financial instruments or balance sheet categories. Hence, a portfolio approach that takes account of all sources of exposure to that particular risk (in the portfolio) is necessary. For example, financial derivatives should not be looked at in isolation from the rest of a firm's assets and liabilities. Financial derivatives have risks that are varied but at the same time are also similar or related to risks of traditional assets and liabilities. Hence, separate disclosures of risk exposures arising only from financial derivatives are misleading.

3.8 Ideally, the portfolio about which disclosures are made should be the consolidated portfolio describing the exposures of the entire firm. For example, some firms, in managing a structural exposure (e.g. asset/liability maturity mismatch) might choose to only partially hedge such exposures. Such partial hedging strategies can have exposures similar to trading positions and disclosures should include such exposures. However, firms are organised and managed along different lines and for some firms disclosure of a single firm-wide consolidated portfolio may be neither practical nor meaningful. For this reason, disclosures could be organised along lines determined by a firm's management and organisational structure.

3.9 At a minimum, the portfolios whose risks should be disclosed would include the trading portfolio and all other exposures whose risks are managed within the trading account. In practice, however, not all "trading" activity always occurs in the trading account, and such activity should be included in disclosures .2

3.e Measures of risks and performance

3.10 Disclosure of risk management information need not involve all the details, parameters and assumptions that are used internally, but information in aggregate or summary form can still be meaningful. Drawing on the approach taken by firms in their risk management systems for market risks, the quantitative disclosures envisioned in this paper would have two basic components: for the relevant portfolio(s), (i) a measure of the size and variability of the portfolio's riskiness, and (ii) a measure of the size and volatility of the changes in portfolio market value.

(i) Portfolio risks

3.11 One method of measuring market risk exposure that is becoming widely used is **value at risk** an estimate of potential changes in portfolio value based on a statistical confidence interval of changes in market prices that are likely to occur some proportion of the time. (Additional discussion of **value at risk** appears in the Appendix.) An estimate of riskiness, however, should not be interpreted as a projection or forecast. In addition, a statistical measure of risk such as **value at risk** should not be interpreted as a risk limit. Instead, by construction, it is a measure of likely declines in portfolio value that will be exceeded some proportion of the time, even in a perfectly well managed portfolio. 3

3.12 **Value at risk** is one way of measuring risk, and, even though it is becoming more widely used, other approaches are also used by market participants. Disclosures might include elements of market risk assessment methodologies developed by supervisors of financial institutions for prudential purposes. Moreover, in the future other measures of risk might also be developed. Market participants should be encouraged to develop more meaningful ways of communicating risks. Until consensus on "best

ANEXO 2

Fisher Report

practice" for conveying risk profiles emerges, the guiding principle should be that disclosures reflect the risks as measured by the firm and presented in a way that allows outsiders to assess the firm's risk management capacity.

(ii) Portfolio performance 3.13 The depiction of portfolio performance should reflect the effects of changes in market prices, interest rates, and exchange rates on the value of the portfolio. Market or present values provide meaningful information for performance assessment because they are observable (present values are computable in standardised ways) and are also independent of management assumptions. One method that is becoming a standard tool of risk management practice is the use of market values. If market valuation is used by a firm in the risk management of the relevant portfolio, then the disclosure of performance could be based on the portfolio market value, and the change in that value due to changes in market prices.

3.14 Examples of market risk disclosures are provided in the Appendix.

Footnotes:

1. The link between quantitative and qualitative disclosures could be strengthened by reference to risk management guidelines such as those developed by the Group of Thirty and by supervisory authorities such as the Basle Committee and the Technical Committee of the International Organization of Securities Commissions.
2. Structured debt securities whose returns are linked to prices of underlying assets are similar to trading positions and should be reflected in the disclosures. For example, a treasurer or fund manager can use structured debt instruments to acquire option-like exposures to exchange rate, interest rate, equity, or commodity risks.
3. An inference that risk management is inadequate would be supportable only when the frequency at which losses exceed the **value at risk** is significantly higher than the confidence level of the **value at risk** (assuming stationary distributions).

CREDIT RISK DISCLOSURE

4.a Recommendation

4.1 All financial intermediaries, regulated and unregulated, should move in the direction of publicly disclosing periodic quantitative information which expresses, in summary form, the estimates relied upon by firm management of:

the counterparty credit risks arising from its trading and risk management activities, including current credit exposure, potential future credit exposure, and counterparty creditworthiness, in a form which permits evaluation of the firm's performance in managing these credit risks.

4.2 Disclosures of credit risk arising from trading and risk management activity should provide information about all aspects of credit risk: current exposures, potential future exposures, and probabilities of default. As with market risk, these disclosures should be based upon the methodologies firms use internally for assessing their risks. The sophistication with which firms currently measure such risks varies. However, this recommendation encourages firms to refine these methodologies and develop techniques that most meaningfully convey information about their risks. When appropriate, elements of these disclosures could be based on the methodology used by the relevant supervisors. For example, the Basle Committee's Capital Accord includes a framework for measuring the credit exposure associated with certain off-balance sheet items for capital adequacy purposes.

4.3 Credit risk arises from the possibility that a firm will experience a loss when a counterparty defaults. The magnitude of the credit risk depends on the likelihood of default by the counterparty; on the

ANEXO 2

Fisher Report

potential value of the contracts with the counterparty at the time of default; and on the extent to which legally enforceable netting arrangements allow the value of offsetting contracts with that counterparty to be netted against each other, or collateral held against the contracts reduces credit exposure.

- 4.4** Measurement of credit risk is complicated by the fact that both credit exposures and the likelihood of default can vary over time and may be interdependent. The creditworthiness of counterparties shifts, as reflected in credit rating upgrades and downgrades. Counterparties that originally are highly rated are more likely to default later in a contract's life than earlier, while counterparties that originally are speculative grade are more likely to default earlier. Credit exposures in derivative contracts and structured products also vary as underlying prices (interest rates and exchange rates) on which contracts are based move, and can change dramatically over the life of the contract. This potential increase in credit exposure due to changes in underlying prices is called potential future credit exposure.
- 4.5** To date, most disclosures of credit risk in trading and risk management activity focus solely on current exposure. This exposure is measured as the current mark-to-market value (replacement cost) of the contracts with a counterparty after bilateral netting, if positive. While current exposure is undeniably an important component of credit risk, both the variability of exposure through time and the likelihood of default are also critical. Because both counterparties' creditworthiness and credit exposures are determined by variables that change over the business cycle, credit risk measurement is a complicated statistical problem.
- 4.6** Several initiatives by market participants to improve disclosure of credit risks in trading and risk management activity have recently been undertaken. These initiatives are based on the progress market participants have made in this aspect of risk management, and reflect as well their own concern to improve transparency. In recognition of that progress, the recommendation articulated in this report has features in common with these initiatives. The recommendation is complementary to these initiatives, and seeks to encourage market participants to broaden credit risk disclosures to encompass information about probabilities of default and potential future exposures as well. In the latter regard, in July 1994 the Basle Committee published a proposed amendment to the Capital Accord which would refine the calculation of capital charges associated with potential future credit exposures of certain off-balance sheet contracts.
- 4.7** A key feature of the recommendation is its focus on risk rather than exposures alone. A few firms have begun experimenting with disclosures that address risk. Some firms provide a breakdown of exposures by type of counterparty -- bank or non-bank -for example, but such data do not offer a very precise picture of the likelihood of default. A few firms have gone further, breaking down current exposures by the internal credit rating assigned to counterparties. The latter information allows more meaningful assessment of the probability of default. However, little if any quantitative information is currently being disclosed about potential future exposures. Practices consistent with this recommendation will require firms to refine their methodologies for measuring credit risk. Ultimately, the goal should be disclosures which integrate current and potential credit exposures with the estimated probabilities of default.
- 4.8** Firms should disclose information that allows readers of financial reports to assess how successfully the firms have managed credit risk. Information on the variability of exposures over the reporting period could be illustrative. Credit losses will not always correspond to ex ante credit riskiness due to the active management of credit exposures. For example, use of collateral, close-out provisions and other forms of credit enhancement will influence actual credit loss experience. Hence, some information about such credit risk management could be disclosed. Credit losses in trading activities could be placed in the context of the scope of that activity and the capital being used to support it.
- 4.9** Examples of credit risk disclosures are provided in the Appendix.

ANEXO 2

Fisher Report

APPENDIX

The following examples provide illustrations of the type of information that a firm could disclose over the reporting period. The examples are only intended to illustrate the recommendation set forth in this report. Each example has its own limitations, and implementing the recommendation as illustrated in the examples may require further refinements. Moreover, other ways of implementing the recommendation could be developed; market participants should explore alternative approaches to meeting the recommendation described in this report that might be more effective means of disclosure than the examples offered here.

Examples A and B describe possible ways of providing information about a portfolio's market risk profile. Examples C through F describe different ways of disclosing market risk and performance. Examples G through I illustrate different ways of disclosing credit risk.

MARKET RISK DISCLOSURE

As noted in the text, no consensus exists on a single best method of measuring market risk exposures. However, most market risk assessment systems share a number of common features (see paragraph 3.5). Many of these features are present in **value at risk** calculations, a method that is increasingly widely used. Without prejudice to other methods, the following paragraphs briefly describe this method and provides an example of how it might be used to disclose the market risk profile of a portfolio.

VALUE AT RISK

Value at risk is a concept derived from statistical estimates of the losses or gains a portfolio could experience, due to changes in underlying prices, over a given holding period, for given confidence intervals⁴. The confidence interval is an estimate of the changes in portfolio value that are likely to occur some proportion of the time -- though for disclosure purposes, likely declines in portfolio value might be most relevant. For example, over a one-week time horizon, the portfolio could experience a larger loss (than the reported **value at risk**) with a likelihood of 1% (i.e. in one week out of a hundred).⁵ The interpretation of a **value at risk** figure requires knowledge of the confidence interval and the holding period used in the estimation. For example, the **value at risk** with an associated likelihood of 1% is higher than the **value at risk** with a 5% confidence level. In addition, the **value at risk** for a one-day holding period is smaller than the **value at risk** for a holding period of one week. Hence, a **value at risk** report should always be accompanied by the associated confidence level and the holding period.⁶

Value at risk is an effective tool for describing and communicating risk because it assesses different risks in terms of a common metric -- losses relative to a standard unit of likelihood. For this reason, it can be used to compare and aggregate risks across instrument types, trading units, and markets. In addition, **value at risk** lends itself readily to a comparison of trading outcomes and risks taken to attain those outcomes, because it is articulated in terms of the size of potential losses.

Example A: Using **value at risk** to disclose risk profiles. For the relevant portfolio(s), the firm could disclose the high, low, and average **value at risk**, for holding periods of one-day, and two-weeks, that occurred during the reporting period.

Along with the **value at risk** figures, the associated confidence level of the **value at risk** should also be disclosed -- interpreting a **value at risk** figure is not possible without the associated confidence level. The disclosure in this example would convey, information about the riskiness of the firm's portfolio during the reporting period, and in the case of firms whose portfolios change over the reporting period, the disclosures would indicate the degree to which the firms' risk profiles change. The use of holding periods longer than one-day in this example provide an indication of the portfolio's exposure to market liquidity risk -- the risk that positions cannot be closed out when desired -- as well as its exposure to gamma or curvature risk arising from options or option-like elements. To properly measure curvature risk, however, the changes in portfolio value should be calculated explicitly for the two-week holding period. Simply

ANEXO 2

Fisher Report

multiplying the one-day **value at risk** by the square root of ten (the number of business days in a two-week period) would obscure the gamma or curvature risk in the portfolio.

Value at risk is one way of measuring risk, and, even though it is becoming more widely used, other approaches are also used by market participants. For firms that do not use **value at risk**, a measure of volatility of actual outcomes could also reveal riskiness. The next example presents one alternative measure of risk.

Example B: Using realised outcomes to disclose riskiness. For the relevant portfolio(s), the firm could disclose:

the histogram (frequency distribution) of daily changes in portfolio value over the reporting period.

Other measures of risks that are used by market participants include (for interest rate risk) gap analysis and duration. While these measures do not lend themselves to a comparison of risks and performance as directly as does **value at risk**, such alternative measures of risk could be used in a discussion of risk profiles and risk management outcomes.

Disclosure of risk profiles alone, as in the above examples, however, would not adequately meet the principles recommended in this paper. Disclosures should also allow an assessment of the firm's capacity to manage its exposures to market risks. The next example depicts one way of conveying information about risks and performance.

Example C: A simple disclosure of risk and performance. For the relevant portfolio(s), the firm could disclose:

c.1 the average daily **value at risk**;

c.2 the average change in portfolio market value, and some measure of its volatility.

The volatility of changes in portfolio value could be depicted in a variety of ways, such as one of the following: the standard deviation of daily changes in portfolio value; the largest declines and largest increases in portfolio value corresponding to, for instance, the lower 5% and the upper 95% of the distribution; or, the histogram of daily changes in portfolio value.

The unpredictability of market prices and the unstable nature of correlations between different prices implies that trading outcomes (and to a lesser degree, hedging results) will be variable. For this reason, the disclosure of only average outcomes is not sufficient. Some measure of extreme outcomes, or the tails of the frequency distribution of changes in portfolio value, are required for an assessment of the firm's ability to manage its risk within a range determined by its appetite for risk. Examples D and E, depict possible approaches to this problem, that are based on a comparison of the tails of the frequency distribution of realised outcomes and ex-ante **value at risk**.

Over time, successful risk management would tend to keep the frequency of large declines in portfolio value below a level consistent with a firm's appetite for risk. As a description of a portfolio's riskiness, **value at risk** could provide information about a firm's appetite for risk in the management of that portfolio. One measure of risk management performance, therefore, is the comparison of the confidence level of the **value at risk** with the frequency of the declines in portfolio value that exceed **value at risk**. Superior risk management would tend to keep the frequency of large losses below the frequency associated with the confidence level of the **value at risk**. Such comparison would require information about the tails of the frequency distribution of changes in portfolio value. Disclosures therefore should allow outsiders to evaluate the performance of risk management by disclosing information about declines in portfolio values in sufficient detail.

A disclosure of the single largest decline or the single largest gain in portfolio value would not allow a meaningful assessment of risk management, because **value at risk** is a statistical confidence interval-

ANEXO 2

Fisher Report

changes in portfolio value will fall outside this interval some proportion of the time. The assessment of risk management requires information relating to a sufficiently large number of trading days in order to discover whether the frequency of large decreases in portfolio value is significantly larger than the confidence level of the **value at risk**.⁷

Example D: Summary comparison of portfolio performance with **value at risk**. For the relevant portfolio(s), the firm could disclose:

a summary measure of the frequency at which the changes in portfolio value exceeds daily **value at risk**.

Such summary data could be presented in a variety of ways. A minimal approach would be to disclose the frequency with which daily changes in portfolio value exceed **value at risk**. More informative alternatives would be to disclose the histogram (frequency distribution) of the ratio of daily variation in portfolio value to daily **value at risk**, or the five or ten largest one-day declines in portfolio values together with the (one-day prior) estimate of the one-day **value at risk** for the days on which- these declines occurred.⁸ Along with the **value at risk** data, the associated confidence level of the **value at risk** should also be disclosed.

Example E: Detailed comparison of portfolio performance with **value at risk**. For the relevant portfolio(s), the firm could disclose one of the following alternative depictions of the relationship between daily **value at risk** and daily changes in portfolio value:

a chart in which daily **value at risk** is plotted against the daily change in portfolio value (one variable on the y-axis and the other on the x-axis).

a chart in which daily changes in portfolio value are displayed relative to a "confidence band" determined by daily **value at risk** (both measures on the y-axis and time on the x-axis).

Trading units with significant intraday positions relative to end-of-day or overnight positions should include intraday activity in disclosures of portfolio risks. For example, if **value at risk** is measured in real time, then the peak intraday **value at risk** could be used; alternatively, the intraday **value at risk** could be based on intraday trading limits.

A risk measure such as **value at risk** can only be a measure of the risk profile of the current portfolio. To the extent that the portfolio changes, the risk measure of the old portfolio might not reflect the riskiness of the new portfolio. For this reason, interpretation of measures of risk must be performed with care. As mentioned above, one way of addressing the issue of intraday trading is to include in daily **value at risk** an estimate of the risks due to intraday trading. The next example gives another way of addressing this issue.

Example F: Disclosure of portfolio performance using a benchmark portfolio. The disclosures of the type described in the preceding examples could be supplemented with measures of performance based on:

f.1 the change in value of the beginning-of-day portfolio measured at end-of-day prices (the beginning-of-day portfolio valued at yesterday's closing prices subtracted from that same portfolio valued at today's closing prices);

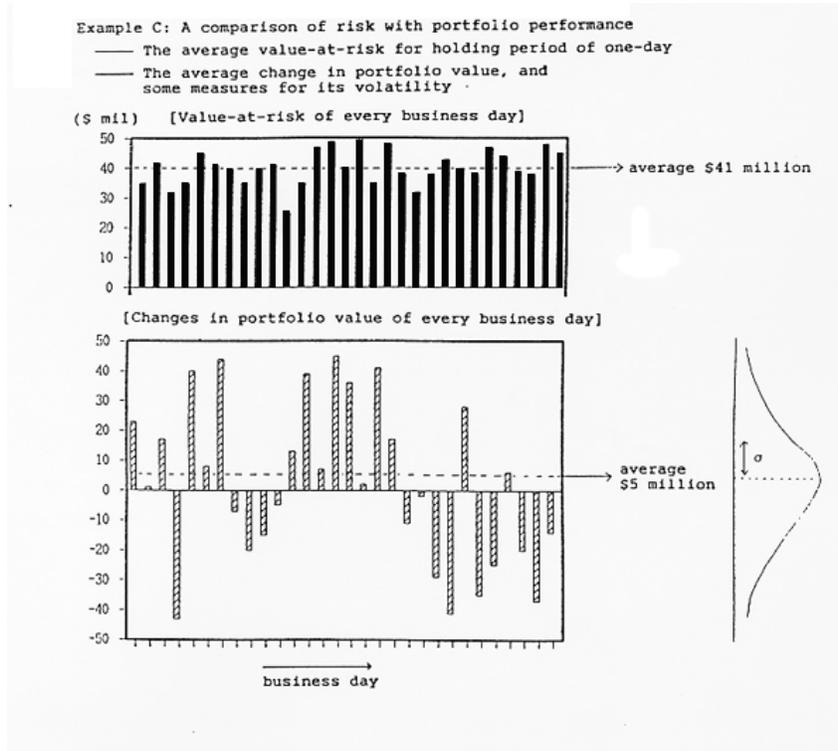
f.2 the actual change in portfolio value (the previous day's portfolio valued at yesterday's closing prices subtracted from today's end-of-day portfolio value at today's closing prices).

Such measures would allow comparison of trading and risk management performance, by comparing actual portfolio performance with the benchmark performance of the "unmanaged" beginning-of-day portfolio.⁹

Disclosure of interpretative information. The quantitative disclosures in the preceding examples should be supplemented by information necessary to interpret the quantitative data. For example, as already

ANEXO 2 Fisher Report

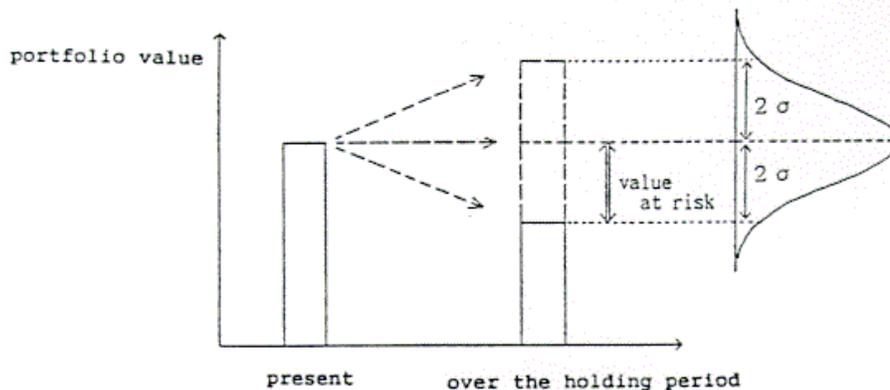
mentioned, the parameters of the **value at risk** figures should be disclosed. In addition, the relationship of the portfolio (about which the quantitative disclosures are made) to the rest of the firm should be made clear. Likewise, in the disclosure of risk and performance, information should be provided about the treatment of revenues from market making (customer spreads) and gains and losses from position taking.



Illustrative Examples of Market Risk Disclosures

Example A: Value-at-risk

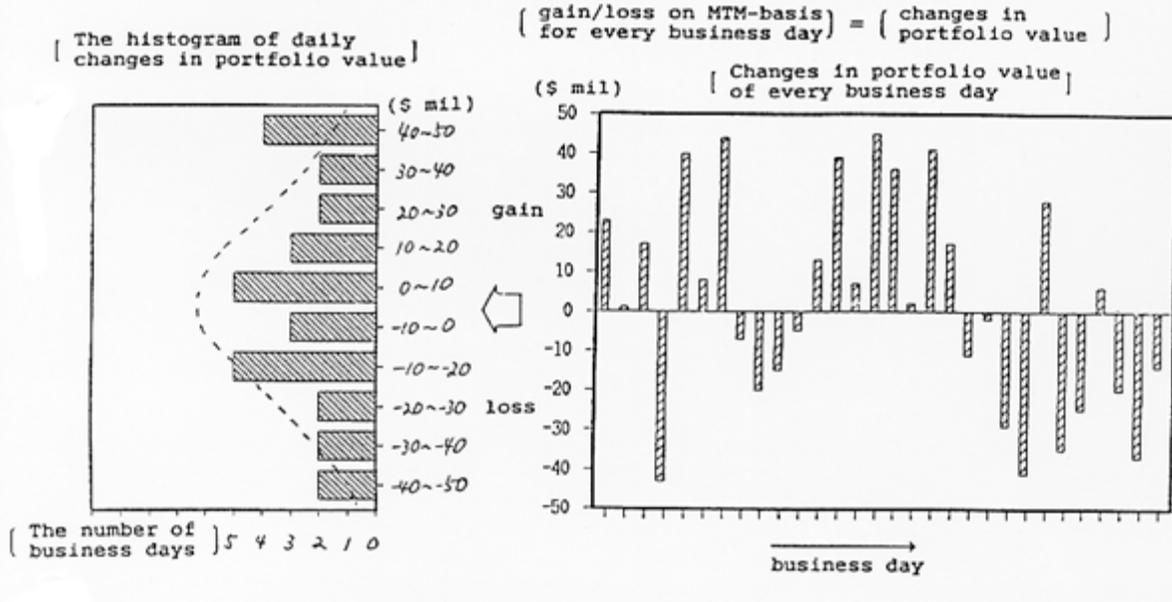
- The high, low, and average value-at-risk
(holding periods of one-day, and two-weeks;
confidence level of the value-at-risk should also be disclosed.)



ANEXO 2 Fisher Report

Example B: The actual changes in portfolio value

— The histogram of daily changes in portfolio value

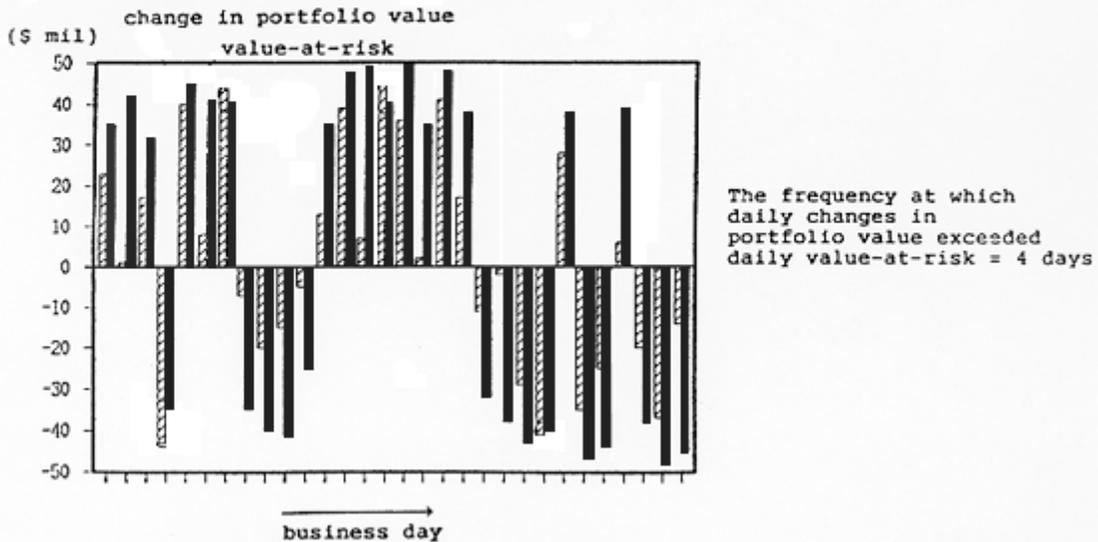


Example D: Summary comparison of portfolio performance with value-at-risk

— The frequency at which daily changes in portfolio value exceeds daily value-at-risk

Possible alternatives:

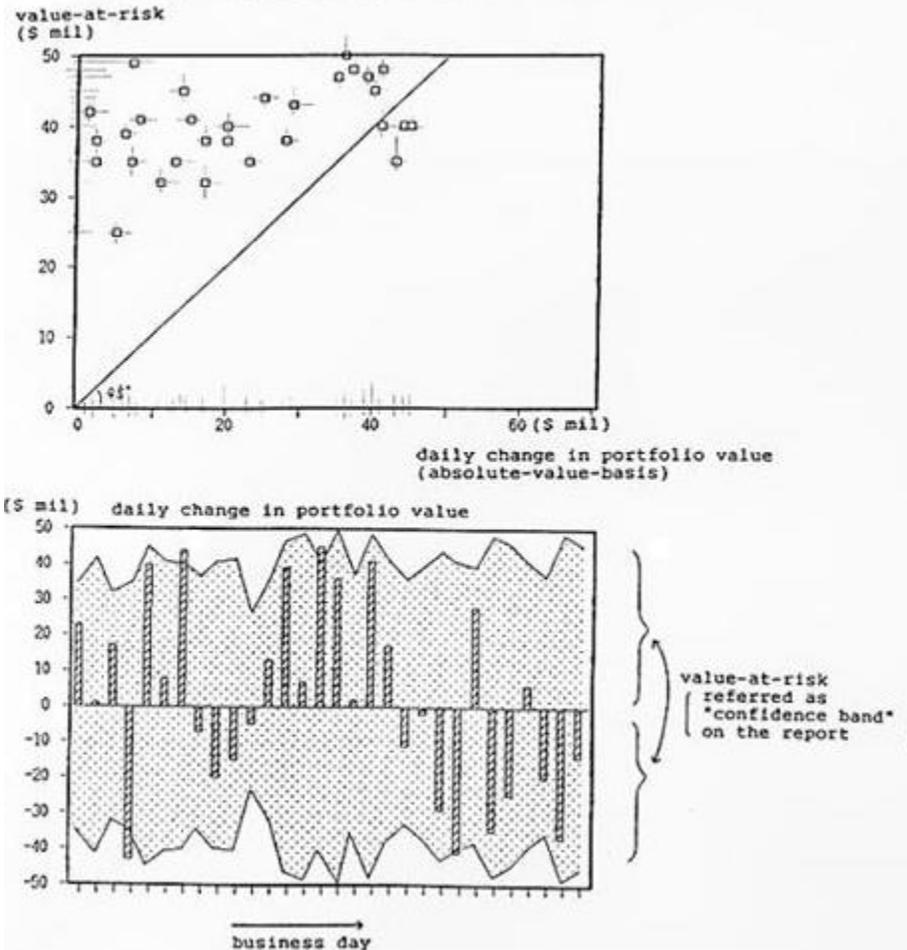
- (1) The histogram of the ratio of daily variation in portfolio value to daily value-at-risk
- (2) The five or ten largest one-day changes in portfolio values and relevant value-at-risk



ANEXO 2 Fisher Report

Example E: Detailed comparison of portfolio performance with value-at-risk

— A chart in which daily value-at-risk is plotted against the daily change in portfolio value



FOOTNOTES:

4. The holding period refers to the time interval over which changes in value of a given portfolio is assessed. Holding the portfolio constant, a longer holding period entails higher risks, because a large price move is more likely over a longer interval of time.
5. **Value at risk** incorporates two important components of risk: (1) the sensitivity of a portfolio to changes in underlying prices (how well the portfolio is hedged), and (2) the volatility of underlying prices (the likelihood of large price changes).
6. The following examples show how **value at risk** estimates calculated using different confidence levels and holding periods are related. The examples assume a given portfolio whose composition remains fixed over time:

Value at risk over a one-week horizon with a confidence level of 5% (95%) is \$10 million.
Interpretation: On average, in one week out of twenty, the portfolio could lose at least \$10 million.

Value at risk over a one-week horizon with a confidence level of 1% (99%) is \$20 million.
Interpretation: On average, in one week out of a hundred, the portfolio could lose at least \$20 million.

ANEXO 2

Fisher Report

A comparison of (a) and (b) reveals that for a given holding period, a larger potential loss is less likely than a smaller loss.

Value at risk over a one-day horizon with a confidence level of 1% (99%) is 53 million. Interpretation: On average, in one day out of a hundred, the portfolio could lose at least \$3 million. A comparison of (b) and (c) reveals that for a given probability, a longer holding period increases the likelihood of a larger price change and thus of a larger potential loss.

7. Over a reporting period of 13 weeks, the five to ten largest instances would be sufficient, depending on the confidence level, but over a different reporting interval, a different number of instances would be appropriate. Moreover, a single time period as small as 13 weeks is not sufficiently long to allow reliable conclusions. Hence, the assessments of the type described here, would require interpretation of disclosures over a long period of time. Such assessments, however, require that a sufficiently large data set be assembled-disclosing the single largest gain or decline in a reporting period would not be sufficient.
8. The actual dates on which these events occurred need not be disclosed. In addition to the decline in portfolio values, the five or ten largest one-day increases in value and their associated one-day **value at risk** could also be disclosed.
9. The reliability of the models used to estimate **value at risk** could also be revealed by comparing prior estimates of **value at risk** with the benchmark change in (f.1).

CREDIT RISK DISCLOSURE

Example G: Basic information about credit risk. For its trading and risk management activities, a firm could disclose:

- g.1 the current credit exposure (net replacement values when close-out netting arrangements are in place, otherwise gross replacement values);
- g.2 broken down by credit quality class, and/or counterparty type.

Such an approach would provide information about current exposures and likelihood of default, but it would not address potential future exposures.

Example H: A more comprehensive disclosure of credit risk. For its trading and risk management activities, a firm could disclose:

- h.1 the information presented in Example G;
- h.2 a breakdown of exposures by maturity;
- h.3 some indication of the firm's estimate of potential future credit exposure.

This approach provides additional information about likelihood of default through (h.2). Information on maturities is helpful because longer term contracts are associated with greater credit exposures and default risks.

In addition to the above disclosure of credit risks, firms should also move toward disclosing their performance in managing that risk. The next example is illustrative.

Example I: Disclosure of credit risk management performance. For its trading and risk management activity, a firm could disclose:

- i.1 the information presented in examples G and H;

ANEXO 2

Fisher Report

i.2 a measure of actual losses over the reporting period;

i.3 a measure of losses relative to capital supporting the activity in which the losses occurred;

i.4 variability of credit exposures over time -- high, low, average gross or net replacement values over the reporting period.

In all the above examples, qualitative discussion should be an integral part of the quantitative disclosure. For example, methodologies used by firms to estimate potential future credit exposures should be described, as well as netting conventions used. Other supplementary information could include discussions of the use of collateral and how credit risk is managed for counterparts that are parts of both the trading portfolio and the loan portfolio.

ANEXO 3
SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION
(Extracto)

17 CFR Parts 210, 228, 229, 239, 240, and 249
[Release Nos. 33-7386; 34-38223; IC-22487; FR-48;
International Series No. 1047; File No. S7-35-95].
RIN 3235-AG42
RIN 3235-AG77

DISCLOSURE OF ACCOUNTING POLICIES FOR DERIVATIVE FINANCIAL INSTRUMENTS AND DERIVATIVE COMMODITY INSTRUMENTS AND DISCLOSURE OF QUANTITATIVE AND QUALITATIVE INFORMATION ABOUT **MARKET RISK** INHERENT IN DERIVATIVE FINANCIAL INSTRUMENTS, OTHER FINANCIAL INSTRUMENTS, AND DERIVATIVE COMMODITY INSTRUMENTS

AGENCY: **Securities and Exchange Commission**
ACTION: **Final rules**

SUMMARY: The Securities and Exchange Commission ("Commission" or "SEC") is amending rules and forms for domestic and foreign issuers to clarify and expand existing **disclosure requirements for derivative financial instruments, other financial instruments, and derivative commodity instruments**, as defined (collectively "**market risk sensitive instruments**"). The amendments require enhanced disclosure of accounting policies for derivative financial instruments and derivative commodity instruments (collectively "derivatives") in the footnotes to the financial statements. In addition, the amendments expand existing disclosure requirements to include quantitative and qualitative information about **market risk** inherent in **market risk** sensitive instruments. The required quantitative and qualitative information should be disclosed outside the financial statements and related notes thereto. In addition, the quantitative and qualitative information will be provided safe harbor protection ===== **START OF PAGE 2** ===== under a new Commission rule. Finally, this release reminds registrants that any disclosures about financial instruments, commodity positions, firm commitments, and anticipated transactions ("reported items"), should include disclosures about derivatives that directly or indirectly affect such reported items, to the extent such information is material and necessary to prevent the disclosures about the reported items from being misleading. In the aggregate, **these amendments are designed to provide additional information about market risk sensitive instruments**, which investors can use to better understand and evaluate the **market risk** exposures of a registrant.

DATES: Effective Date: [Insert date 60 days after Federal Register publication].

Compliance Dates: 210.4-08(n) of Regulation S-X and the amendment to Item 310 of Regulation S-B shall be effective, and disclosures under that rule shall be required, for filings with the Commission that include financial statements for fiscal periods ending after June 15, 1997. For bank and thrift registrants, as defined, and non-bank and non-thrift registrants with market capitalizations on January 28, 1997 in excess of \$2.5 billion, Item 305 of Regulation S-K and Item 9A of Form 20-F shall be effective, and disclosures under those items shall be required, for filings with the Commission that include annual financial statements for fiscal years ending after June 15, 1997.

For non-bank and non-thrift registrants with market capitalizations on January 28, 1997 of \$2.5 billion or less, Item ===== **START OF PAGE 3** ===== 305 of Regulation S-K and Item 9A of Form 20-F shall be effective, and disclosures under those items shall be required, for filings with the Commission that include annual financial statements for fiscal years ending after June 15, 1998. Under Item 305 of Regulation S-K and Item 9A of Form 20-F, interim information is not required until after the first fiscal year end in which Item 305 of Regulation S-K and Item 9A of Form 20-F are effective. Item 10(g) of Regulation S-B shall be effective for filings with the Commission made on or after [Insert date 60 days after Federal Register publication].

ANEXO 3
SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION
(Extracto)

FOR FURTHER INFORMATION CONTACT: Cathy J. Cole, Thomas J. Linsmeier, Russell B. Mallett, III, or Stephen M. Swad, at (202) 942-4400, Office of the Chief Accountant, Securities and Exchange Commission, 450 Fifth Street, N.W., Mail Stop 11-3, Washington, D.C. 20549, or Kurt R. Hohl, at (202) 942-2960, Division of Corporation Finance, Securities and Exchange Commission, 450 Fifth Street, N.W., Mail Stop 3-13, Washington, D.C. 20549.

SUPPLEMENTARY INFORMATION: The Commission is amending-[1]- Rule 4-08 of Regulation S-X-[2]- and adding a new Item 305 to Regulation S-K.-[3]- The Commission also is making

-----FOOTNOTES-----

- [1]- The amendments were proposed in Securities Act Release No. 7250; Exchange Act Release No. 36643; Investment Company Act Release No. 21625; File No. S7-35-95 (December 28, 1995) [61 FR 578].
- [2]- 17 CFR 210.4-08. Item 310 of Regulation S-B, 17 CFR 228.310, also is amended to incorporate the changes to Rule 4-08 of Regulation S-X.
- [3]- 17 CFR Part 229.

=====START OF PAGE 4=====

conforming amendments to Forms S-1, S-2, S-4, S-11, and F- 4-[4]- under the Securities Act of 1933,-[5]- and Rule 14a-3,-[6]- Schedule 14A,-[7]- and Forms 10, 20-F, 10- Q, and 10-K-[8]- under the Securities Exchange Act of 1934.-[9]- I. EXECUTIVE SUMMARY

During the last several years, the use of derivative financial instruments, other financial instruments, and derivative commodity instruments-[10]- increased sometimes unexpected, losses.

-----FOOTNOTES-----

- [4]- 17 CFR 239.11, 12, 25, 18, and 34.
- [5]- 15 U.S.C. 77a et seq.
- [6]- 17 CFR 240.14a-3.
- [7]- 17 CFR 240.14a-101.
- [8]- 17 CFR 249.210, 220f, 308a, and 310.
- [9]- 15 U.S.C. 78a et seq.
- [10]- See the instructions to Item 305 of Regulation S- K or Item 9A of Form 20-F, *infra*, for complete definitions of the terms "derivative financial instruments," "other financial instruments," and "derivative commodity instruments." In brief, for purposes of this release: (1) derivative financial instruments include futures, forwards, swaps, options, and other financial instruments with similar characteristics, (2) other financial instruments include, for example, investments, loans, structured notes, mortgage-backed.

Securities, indexed debt instruments, interest- only and principal-only obligations, deposits, and other debt obligations, and (3) derivative commodity instruments include, to the extent such instruments are not derivative financial instruments, commodity futures, **commodity forwards, commodity swaps, commodity options, and other commodity instruments with similar characteristics that are permitted to be settled** ===== **START OF PAGE 5** ===== substantially.-[11]- **The Commission recognizes that these instruments can be effective tools for managing exposures to market risk.-[12]- However, in using market risk sensitive instruments some registrants experienced significant, and (...continued)**

-----FOOTNOTES-----

ANEXO 3
SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION
(Extracto)

-[10]- (...continued) in cash or with another financial instrument by contract or business custom. In addition, for purposes of this release, the terms (1) "derivatives" refer to derivative financial instruments and derivative commodity instruments, together, and (2) "**market risk sensitive instruments**" refer to derivative financial instruments, other financial instruments, and derivative commodity instruments, collectively.

-[11]- The worldwide notional/contract amounts for derivative financial instruments and derivative commodity instruments increased from \$7.1 trillion in 1989 to \$69.6 trillion in 1995. These notional amounts, while one way to measure derivative activities, do not represent a precise measure of the risk associated with these instruments. In many instances, the amount at risk is much smaller than the notional amount. See Financial Derivatives: Actions Needed to Protect the Financial System, United States General Accounting Office Report to Congressional Requesters (May 1994), and Survey of Disclosures about Trading and Derivatives Activities of Banks and Securities Firms, Basle Committee on Banking Supervision ("Basle Committee") and the Technical Committee of the International Organisation of Securities Commissions ("IOSCO") (November 1996).

-[12]- **Market risk is the risk of loss arising from adverse changes in market rates and prices, such as interest rates, foreign currency exchange rates, commodity prices, and other relevant market rate or price changes** (e.g., equity prices). See Group of Thirty, "Derivatives: Practices and Principles" (July 1993), and Financial Accounting Standards Board ("FASB"), Statement of Financial Accounting Standards No. 105, "Disclosure of Information about Financial Instruments with Off-Balance-Sheet Risk and Financial Instruments with Concentrations of Credit Risk," ("FAS 105") (March 1990), for similar definitions of **market risk**.

=====START OF PAGE 6=====

Those losses resulted from changes in interest rates, foreign currency exchange rates, and commodity prices, among other things. In light of those losses and the substantial growth in the use of **market risk** sensitive instruments, the adequacy of existing disclosures about market risk emerged as an important financial reporting issue.

During 1994 and 1995, the SEC staff reviewed annual reports filed with the Commission by approximately 500 registrants to better understand this emerging issue. In reviewing the annual reports, the staff intended to (i) assess the quality of current disclosures about **market risk** sensitive instruments, (ii) improve the quality of those disclosures through the comment process, and (iii) determine what, if any, additional disclosures are needed to help investors better assess the **market risk** inherent in those instruments. After reviewing the annual reports, the SEC staff noted that the 1995 disclosures were more informative than the 1994 disclosures, in part because of improved FASB disclosure guidance.-[13]- However, the staff observed three significant disclosure deficiencies, which are described in section II of this release. To address those deficiencies:

1. The Commission is amending Rule 4-08 of Regulation S-X and Item 310 of Regulation S-B to require enhanced descriptions of accounting policies for derivatives in the footnotes to the financial statements.-[14]-

2. The Commission is amending Regulation S-K to add Item 305 and Form 20-F to add Item 9A. Those amendments require disclosure of quantitative and qualitative information about **market risk** for derivatives and other financial instruments-[15]- and require that those disclosures be presented outside the financial

-----FOOTNOTES-----

ANEXO 3
SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION
(Extracto)

-[13]- See FASB, Statement of Financial Accounting Standards No. 119, "Disclosures about Derivative Financial Instruments and Fair Value of Financial Instruments," ("FAS 119") (October 1994).

=====START OF PAGE 7=====

-----FOOTNOTES-----

-[14]- Those disclosure requirements are applicable only to derivatives; the requirements do not relate to other financial instruments. Accounting policy disclosure requirements for other financial instruments are prescribed by existing generally accepted accounting principles and Commission guidance (see, e.g., American Institute of Certified Public Accountants ("AICPA"), Accounting Principles Board Opinion No. 22, "Disclosure of Accounting Policies," ("APB 22") (April 1972).

-[15]- Items 305 and 9A do not pertain solely to derivatives, but also to other financial instruments. Thus, disclosures under those Items are required for registrants that have material amounts of other financial instruments, even when they have no derivatives.

Items 305 and 9A also encourage registrants to include other market risk sensitive instruments, positions, and transactions (such as commodity positions, derivative commodity instruments that are not permitted by contract or business custom to be settled in cash or with another financial instrument, and cash flows from anticipated transactions) within the scope of their quantitative and qualitative disclosures about **market risk**. **Registrants that select the sensitivity analysis or value at risk disclosure alternatives and voluntarily include those other market risk sensitive instruments, positions, and transactions within their quantitative disclosures about market risk are permitted to present comprehensive market risk disclosures, which reflect the combined effect of both the required and voluntarily selected instruments, positions, and transactions (see section III B.1.c.(vi) for details).**

Finally, if those other **market risk** sensitive instruments, positions, and transactions are not voluntarily included in the quantitative disclosures about market risk and, as a result, the disclosures do not fully reflect the net market risk exposures of the registrant, Items 305(a) and 9A(a) require that registrants discuss the absence of those items as a limitation of the disclosed **market risk** information.

=====START OF PAGE 8=====

statements.-[16]-

a. **Items 305(a) and 9A(a) require registrants to disclose quantitative information about market risk sensitive instruments using one or more of the following alternatives:**

- i. Tabular presentation of fair value information and contract terms relevant to determining future cash flows, categorized by expected maturity dates;
- ii. Sensitivity analysis expressing the potential loss in future earnings, fair values, or cash flows from selected hypothetical changes in market rates and prices; or
- iii. **Value at risk disclosures expressing the potential loss in future earnings, fair values, or cash flows from market movements over a selected period of time and with a selected likelihood of occurrence.**

In preparing this quantitative information, registrants should categorize **market risk** sensitive instruments into instruments entered into for trading purposes-[17]- and instruments entered into for

ANEXO 3
SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION
(Extracto)

purposes other than trading. Within both the trading and other than trading portfolios, separate quantitative information should be presented for each market risk exposure category (i.e., interest rate risk, foreign currency exchange rate risk, commodity price risk, and other relevant **market risks**, such as equity price risk), to the extent material. Registrants may use different disclosure alternatives for each of the separate disclosures.

-----FOOTNOTES-----

-[16]- The term "financial statements" includes the footnotes to the financial statements. Therefore, the disclosures should be presented outside of the footnotes to the financial statements. See section III B.4.b., infra, for a more complete discussion about where these disclosures should appear.

-[17]- For purposes of this release, the term "trading purposes" has the same meaning as defined by generally accepted accounting principles (see, e.g., FAS 119 9a). The amendments become effective over the next several months to provide registrants with time to respond to the new disclosure requirements. Rule 4-08(n) and the amendment to Item 310 will be effective for filings with the Commission that include financial statements for fiscal periods ending after June 15, 1997. For registrants that are likely to have experience with measuring **market risk**, such as banks, thrifts, and non-bank and non-thrift registrants with market capitalizations on January 28, 1997 in excess of \$2.5 billion, Item 305 and Item 9A are effective for filings with the Commission that include annual financial statements for fiscal years ending after June 15, 1997. For other registrants, Item 305 and Item 9A are effective for filings with the Commission that include annual financial statements for fiscal years ending after June 15, 1998. Under Item 305 and Item 9A, interim information is not required until after the first fiscal year end in which those Items are effective.

Taken together, Rule 4-08(n), Item 310, Item 305, and Item 9A represent one step by the Commission to improve disclosures about **market risk** to help investors better understand and evaluate a registrant's **market risk** exposures. The Commission recognizes the evolving nature of **market risk** sensitive instruments, **market risk** measurement systems, and **market risk** management strategies and, thus, intends to continue considering how best to meet the information needs of investors. In this regard, the Commission expects to monitor continuously the effectiveness of the new rules and final disclosure items issued =====**START OF PAGE 12**=====

today, as well as the need for additional proposals.

Specifically, the Commission expects to reconsider these amendments after each of the following: (i) issuance of a new accounting standard for derivatives by the FASB;-[21]- (ii) development in the marketplace of new generally accepted methods for measuring **market risk**; and (iii) a period of three years from the initial effective date of Item 305 and Item 9A.

II. INITIATIVES REGARDING DISCLOSURES ABOUT DERIVATIVES AND
MARKET RISK

Certain private sector organizations expressed concerns that users of financial reports are dissatisfied with current disclosures about **market risk** sensitive instruments. For example, the Association for Investment Management and Research ("AIMR"), an organization of financial analysts, noted that users of financial information "are confounded by the complexity of financial instruments."-[22]- In addition, after considerable investigation into the needs of investors and creditors, the American Institute of Certified Public Accountants' ("AICPA") Special Committee on Financial Reporting stated:

Users are confused. They complain that business reporting is not answering important questions, such as: What [innovative financial] instruments has the company entered into, and what are their terms?

ANEXO 3
SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION
(Extracto)

-----FOOTNOTES-----

-[21]- The FASB currently is working on a project to improve accounting recognition, measurement, and related disclosures for derivatives.

-[22]- See AIMR, Financial Reporting in the 1990s and Beyond, page 30, (1993).

=====START OF PAGE 13=====

How has the company accounted for those instruments,

=====START OF PAGE 14=====

and how has that accounting affected the financial statements?
What risks has the company transferred or taken on?-[23]-

In addition to identifying disclosure shortcomings, other organizations recommended improvements to disclosures about **market risk** sensitive instruments. These organizations include regulators, such as the General Accounting Office,-[24]- Group of 10 Central Bankers,-[25]- the Federal Reserve Bank of New York,-[26]- the Basle Committee and the Technical Committee of IOSCO,-[27]- and private sector bodies, such as the Group of Thirty-[28]- and a task force of the

-----FOOTNOTES-----

-[23]- See AICPA Special Committee on Financial Reporting, Improving Business Reporting -- A Customer Focus: Meeting the Information Needs of Investors and Creditors, at 76 (1994).

-[24]- See General Accounting Office, Financial Derivatives: Actions Taken or Proposed Since May 1994 (November 1996).

-[25]- See Bank for International Settlements, A Discussion Paper on Public Disclosure of Market and Credit Risks by Financial Intermediaries, prepared by working group of the Euro-currency Standing Committee of the Central Banks of the Group of Ten Countries (September 1994).

-[26]- See Federal Reserve Bank of New York, Public Disclosure of Risks Related to Market Activity: A Discussion Paper (November 1994).

-[27]- See Basle Committee and the Technical Committee of IOSCO, Framework for Supervisory Information about the Derivatives Activities of Banks and Securities Firms (May 1995). See also Basle Committee and the Technical Committee of IOSCO, Public Disclosure of the Trading and Derivatives Activities of Banks and Securities Firms (November 1995).

-[28]- See Group of Thirty, Derivatives: Practices and Principles (July 1993).

=====START OF PAGE 15=====

Financial Executives Institute ("FEI").-[29]-

In general, those organizations stressed the need to make the risks inherent in **market risk** sensitive instruments more understandable. To that end, many recommended additional quantitative and qualitative disclosures about **market risk**. For example, the Federal Reserve Bank of New York recommended a new financial statement providing quantitative information about the overall **market risk** of an entity.-[30]- In addition, the FEI task force recommended that companies "disclose some type of information which conveys overall exposure to **market risk**."-[31]- The FEI task force

ANEXO 3
SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION
(Extracto)

specifically suggested two distinct approaches. One approach is to provide a high-level summary of relevant statistics about outstanding activity in **market risk** sensitive instruments at period end. The second approach is to communicate the potential loss that could occur under specified conditions using either **value at risk** or another comprehensive model for measuring **market risk**.-[32]-

In October 1994, the FASB, responding in part to calls for

-----FOOTNOTES-----

-[29]- See FEI, Derivative Financial Instruments Accounting and Disclosure Issues, ("FEI Report") prepared by FEI CCF/CCR Derivatives Disclosure Task Force (August 1994).

-[30]- See note 26, supra.

-[31]- See Attachment A, page 1 of FEI Report.

-[32]- See Attachment B, pages 5 and 6 of FEI Report.

=====START OF PAGE 16=====

improved disclosure, issued FAS 119 (October 1994).-[33]- Among other things, FAS 119 prescribes disclosures in the financial statements about the policies used to account for derivative financial instruments and a discussion of the nature, terms, and cash requirements of derivative financial instruments. FAS 119 also encourages, but does not require, disclosure of quantitative information about an entity's **market risk** exposures.-[34]- During 1994, in response, in part, to the concerns of investors, regulators, and private sector entities, the SEC staff reviewed the annual reports of approximately 500 registrants. In addition, during 1995 the SEC staff reviewed more recent annual reports to assess the effect of FAS 119 on disclosures about **market risk** sensitive instruments. In comparing the 1994 and 1995 annual reports, the SEC staff observed that FAS 119 had a positive effect on the quality of disclosures about derivative financial instruments. However, the staff concluded that investors still needed improved disclosures about **market risk** sensitive instruments.

-----FOOTNOTES-----

-[33]- Similar standards were recently adopted by the International Accounting Standards Committee, the Canadian Institute of Chartered Accountants, and the Australian Accounting Standards Board. See International Accounting Standards No. 32, "Financial Instruments: Disclosure and Presentation," ("IAS 32") (March 1995), Section 3860 of the Handbook of the Canadian Institute of Chartered Accountants, and the Australian Accounting Standards Board's accounting standard entitled, "Presentation and Disclosure of Financial Instruments," (December 1996), respectively.

-[34]- See FAS 119 12.

[...] FIN DEL EXTRACTO

NOTA: EL DOCUMENTO ORIGINAL CONSTA DE 67 PÁGINAS, EL DOCUMENTO EN FORMATO DE ARCHIVO ELECTRÓNICO CONSTA DE 442 PÁGINAS.

ANEXO 4
RISKMETRICS^{MR}

The art of managing risk is more challenging than ever. Risk managers face a wide range of demands, from working with multiple variables to finding technology solutions that generate comprehensive risk analysis. Real-time access to accurate, updated market information is a critical component in the process. Even more important, however, is access to a highly flexible framework that can be quickly integrated into a company's existing infrastructure.

Our approach to risk measurement combines all the methodologies, technology and data required in one solution to help companies make more informed financial decisions and effectively meet their business objectives.



RiskMetrics Group's solutions construct a complete picture of risk that allows financial players to focus their time directly on their institution's particular needs, be it portfolio diversification, constructing hedging strategies, servicing clients, or setting and monitoring risk limits.



Our market risk solutions bring clients Web-based systems and platforms with open architecture.

Risk managers at all levels of sophistication can receive accurate, timely and clear measures of risk on demand, in real time, overnight or across the globe.

<http://www.riskmetrics.com/r2rovv.html>
Return to RiskMetrics - the Evolution of a Standard

ANEXO 4 *RISKMETRICS^{MR}*

Introduction

In October 1994, the risk management group at J.P. Morgan took the bold step of revealing its internal risk management methodology through a fifty page technical document and a free data set providing volatility and correlation information for roughly twenty markets. At the time, there was little standardization in the marketplace, and the RiskMetrics model took hold as the benchmark for measuring financial risk. In the subsequent years, as the model became a standard for educating the industry as well, the demands for enhancements and advice grew. We continued to develop the model, and by mid-1998, the Technical Document had been updated three times, with the last release (the fourth edition, or RiskMetrics Classic) tipping the scales at almost 300 pages, more timely updates and advances had come in the form of thirteen RiskMetrics Monitors, and the free dataset had expanded to cover foreign exchange, equity, fixed income, and commodities in 33 countries. Demand for a straightforward implementation of the model arose as well, leading to the development of our first software product, FourFifteen.

In 1998, as client demand for the group's risk management expertise far exceeded the firm's internal risk management resources, RiskMetrics was spun off from J.P. Morgan. We have continued in our commitment to transparency, and have continued to publish enhancements to the RiskMetrics methodology, most recently in two issues of the RiskMetrics Journal in 2000. In total, we have now distributed approximately 100,000 physical copies of the various versions of the Technical Document, and still consistently provide over 1,000 electronic versions each month through our website. Meanwhile, the RiskMetrics datasets are still downloaded over 6,000 times each month.

Clearly, standards do not remain static as theoretical and technological advances allow for techniques that were unpractical or unknown previously and as new markets and financial products require new data sources and methods. We have faced these issues; the methodology employed in our second and third generation market risk applications represents a significant enhancement of the RiskMetrics model as documented in RiskMetrics Classic. Additionally, our experience, and the experience of the industry as a whole, has taught that a single risk statistic derived from a single model is inadequate, and as such, we have emphasized the use of alternative risk measures and stress tests in our software. So, while our model has evolved, and now represents a standard for the year 2001, the basic documentation still represents a standard for the year 1996, and a good deal has changed since then.

Looking back, we can divide the material covered in RiskMetrics Classic into three major pieces. The first of these, covered in Part One, contains the applications of the measures, or the "why" of risk measurement. In this area, regulatory standards have changed, as have disclosure and management practices. To address these changes, and to provide insight into risk management practices without delving into modeling details, we published Risk Management: A Practical Guide in 1999.

A second area, covered in Part Four of RiskMetrics Classic, concerns the market data that serves as the key input to the model. As we have covered more and broader markets, the data aspect of RiskMetrics has perhaps expanded more than any other area. We have formed a separate data service, DataMetrics, which now warehouses close to 100,000 series. Acknowledging the critical nature of this service, and its status as a product in itself, we will soon publish the DataMetrics Technical Document. This document covers market data sources used by DataMetrics, methods used to enhance the quality of the data, such as outlier identification, fitting of missing data, and synchronization, and analytics employed for derived data such as bootstrapped yield curves.

The third area, covered in Parts Two and Three of RiskMetrics Classic, is the mathematical assumptions used in the model itself. Although we have made significant enhancements to the models as represented in our software, our documentation has lagged this innovation and, unfortunately, RiskMetrics Classic, as a representation of our software, is slightly underwhelming. In other words, a self contained statement of the standard risk model does not exist today. The first goal of Return to RiskMetrics, then, is to rectify this problem by documenting the updated market-standard risk methodology that we have actually already implemented.

ANEXO 4 *RISKMETRICS^{MR}*

As well as this update, we have seen the need to clarify a number of misconceptions that have arisen as a result of the acceptance of RiskMetrics Classic. Practitioners have come to equate **Value at risk** (VaR), the variance-covariance method, and RiskMetrics. Thus, it is common that pundits will criticize RiskMetrics by demonstrating that VaR is not an appropriate measure of risk. This is really a criticism of the use of a percentile to measure risk, but not a criticism of the model used to compute the measure. At the same time, we hear critics of VaR who claim the method is deficient because it captures only linear positions. This is not a criticism of the risk measure, but rather of the classic RiskMetrics variance-covariance method used to compute the measure. To be clear, we state that VaR is not RiskMetrics, and, in fact, is a risk measure that could even be an output of a model at odds with our assumptions. By the same token, RiskMetrics is not VaR, but rather a model that can be used to calculate a variety of risk measures. Finally, RiskMetrics is not a single set of computational techniques and approximations, such as the linear portfolio assumption or the Monte Carlo procedure. Rather, RiskMetrics encompasses all of these within a hierarchy of solution techniques for the fundamental model.

A final goal to this exercise is one of introspection. We have spoken of clarifying what RiskMetrics is not; there also lies the more difficult task of illuminating what RiskMetrics is. In a very strict sense, RiskMetrics is two fundamental and battle-tested modeling assumptions: that returns on risk factors are normally distributed and that volatilities of risk factors are best estimated using an exponentially weighted moving average of past returns. These two assumptions carry over from RiskMetrics Classic. Since the volatility estimation procedure has not changed, and since its explanation in RiskMetrics Classic is clear, we will not repeat the discussion in this document. On the other hand, though the normality assumption has not changed, we have seen the need to present it differently for clarity. In Chapter 2, we state the assumptions more technically and discuss two frameworks to calculate risk measures within the model: the closed-form approach, which is simpler but requires more approximations, and the Monte Carlo approach, which is more exact but also more burdensome. Of course, two assumptions do not make a risk model, and even with these assumptions stated, the model is not complete. For instance, it is still necessary to specify the risk factors, to which we have devoted Chapter 1, and the instrument pricing functions, to which we have devoted Chapter 5.

More generally, a risk model does not make a risk management practice. This brings us to a broader definition of RiskMetrics: a commitment to the education of all those who apply the model through clear assumptions and transparency of methods. Only by understanding the foundation of a model, and by knowing which assumptions are driven by practical needs and which by modeling exactitude, can the user know the realm of situations in which the model can be expected to perform well. This philosophy has motivated our restatement and clarification of the RiskMetrics modeling assumptions. Additionally, it has motivated us to discuss complementary modeling frameworks that may uncover sources of risk not revealed by the standard model. Chapters 3 (historical simulation) and 4 (stress testing) are thus included not as an obligatory nod to alternate approaches, but rather as necessary complements to the standard statistical model. Only through a combination of these is a complete picture of risk possible.

Throughout this document, our goal is the communication of our fundamental risk-modeling framework. However, in the interest of brevity, and to avoid overly taxing the patience of our readers, we have stayed away from delving into details that do not add to the basic understanding of our approach. For instance, in Chapter 5, we have chosen not to catalogue all of the instruments that we cover in our software application, but rather have provided a detailed look at a representative set of instruments that illustrate a broad range of pricing approaches: fixed cash flows, floating rate cash flows, options with closed-form pricing solutions, and options requiring Monte Carlo or tree-based pricing methods.

We recognize that following on RiskMetrics Classic, even if only in a focused treatment as we have written here, is a humbling task. We hope that this document is as useful in the year 2001 as RiskMetrics Classic was in 1996. To the readers of the old document, welcome back. We appreciate your continued interest, and thank you in particular for the feedback and questions over the last five years that have helped mold this new document. To those of you who are new to RiskMetrics in particular and risk modeling in general, we hope that this document gives you a solid understanding of the field, and happily invite questions, comments, and criticisms.

ANEXO 4
RISKMETRICS^{MR}
