

COLOCAR MENOS CARTERA E INVERTIR EN TES: ¿UNA DECISIÓN ÓPTIMA?. ANÁLISIS DE LAS INVERSIONES EN LA BANCA COLOMBIANA, 1995 – 2003.

ROMEL RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ ¹

RESUMEN

El aumento de la colocación de Títulos de Tesorería (TES) en el mercado, dada la necesidad del Gobierno Nacional Central de financiar su creciente déficit fiscal, sumado a la crisis económica de 1998 – 1999, que aumentó su nivel de cartera morosa, condujeron a los Bancos a modificar su estrategia de inversión para generar utilidades, basada en la colocación de cartera, por una donde ésta disminuye, mientras, aumenta su inversión en TES.

Bajo éste contexto, el trabajo explora y analiza las inversiones de los Bancos colombianos, a partir de la Teoría de Portafolio, sustentada en la construcción de Fronteras Eficientes y su análisis rentabilidad – riesgo, la utilización de métodos paramétricos que modelan las distribuciones estadísticas de las pérdidas asociadas a la inversión en Cartera y TES, y la construcción de modelos econométricos de heterocedasticidad condicional autorregresiva (Garch) que estiman la volatilidad de los rendimientos de TES y cartera.

Los resultados obtenidos durante el período analizado, evidencian un aumento en la pérdida esperada por colocación de cartera, independientemente de su nivel de diversificación, siendo menor el Valor en Riesgo (VAR) en los portafolios de inversión que reducen la participación de la cartera y aumentan su participación en TES. No obstante, la volatilidad creciente que los TES vienen presentado, en particular, los de largo plazo, que son los de mayor liquidez en el mercado de capitales nacional, contribuyen al aumento en el VAR de las inversiones de los bancos, en particular, cuando se abandona el supuesto de normalidad en la distribución de las pérdidas y se asumen distribuciones estadísticas de valor extremo.

Se concluye que la estrategia de inversión de los Bancos en procura de un mayor rendimiento y la minimización de su nivel de riesgo, es óptima solo si se imponen restricciones al porcentaje de los activos invertidos en Cartera y TES, de acuerdo al comportamiento estadístico de los rendimientos y las pérdidas presentadas por la inversión en ambos activos.

Palabras Claves: TES, Cartera, Inversiones en los Bancos, Ciclo Crediticio, Valor en riesgo, Teoría de Valores Extremos, Modelos Garch.

Clasificación JEL: C32, E32, E44, E51, E62, E65.

¹ El Autor agradece la valiosa ayuda de Andrés Escobar Arango, Asesor de Tesis, como de Javier Bonza, Pablo Querubín, y Jaime Palacios. Así mismo, se resaltan las críticas y aportes hechos por Carmen Elisa Flórez en la Cátedra “ Seminario de Tesis”, Luis Edgar Basto, Wilson Mayorga, y Luis Eduardo Arango Thomas, como la valiosa colaboración en el suministro de la información estadística por parte de María Rosario González, Funcionaria de la Bolsa de Valores de Colombia.

1. INTRODUCCIÓN

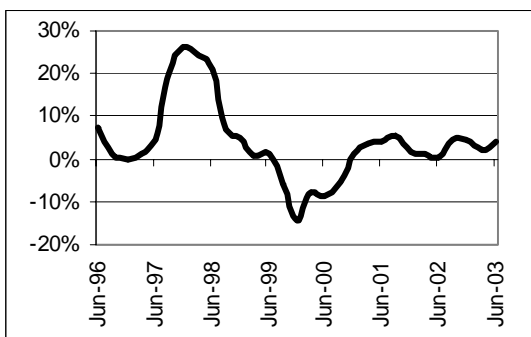
La crisis económica de 1998, puso en evidencia que la banca colombiana carecía de una regulación que le permitiera tomar decisiones adecuadas en cuanto a la toma de riesgos crediticios, y acordes con un nivel mínimo de liquidez que diera cumplimiento a lo dispuesto por Basilea²; un adecuado balance entre activos y pasivos habría evitado el deterioro en el nivel de solvencia de los bancos, dado un riesgo de tasa de interés (Correa, 2001). Como consecuencia, bajo un escenario caracterizado por las altas tasas de interés y el aumento del desempleo, la cartera bancaria en mora aumentó con el agravante de tener un bajo nivel de cubrimiento que posteriormente ha venido aumentando (Cadena, 2002).

La banca pública fue la más afectada, razón por la cual el Gobierno Nacional Central (GNC) implementó una política de salvamento, reconocida por su eficacia al evitar un pánico financiero que generase una corrida de los depósitos, pero cuestionada por su alto costo, 12.2% del PIB, dados los efectos que tendrá en el ingreso de hogares y empresas, el esfuerzo tributario que deberán hacer para financiar la mayor apropiación del pago por intereses de la deuda contraída por el Gobierno (mediante la emisión de Títulos de Reducción de Deuda – TRD's, TES y Bonos Fogafin), dada la crítica situación fiscal de la Nación (Arias, Carrasquilla y Galindo, 2002).

La adopción de una política estricta de riesgo crediticio, condujo a la contracción del crédito suministrado por el sistema financiero al sector real (Cárdenas, Zapata y Guzmán, 2002) además del temor del sector real por contraer nuevas obligaciones ante el bajo nivel de crecimiento económico (Gráficas 1 y 2). De esta manera, se replantearon las decisiones de inversión por parte de los bancos. A partir de 1998, las inversiones en renta fija empiezan a ganar participación dentro de la estructura de los activos de los Bancos, en detrimento de la cartera. Mientras en marzo de 1995 había \$18.05 en cartera por cada peso invertido en renta fija, en junio de 2003 este indicador se reducía a \$4.04 (Gráfica 3).

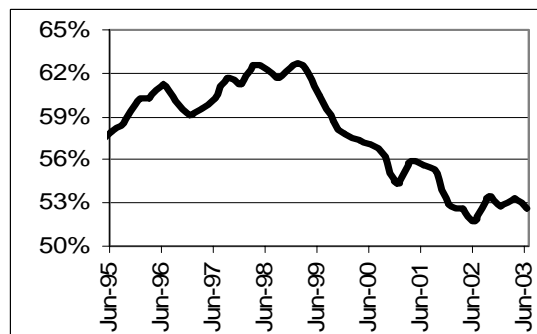
² El Acuerdo de Basilea de 1988 estableció requerimientos mínimos de capital que deben cubrir los bancos para cubrir el riesgo crediticio (8% del total de los activos ponderados por riesgo). Posteriormente, el Comité de Basilea en 2001 fortalece el marco regulatorio y de supervisión, al diseñar metodologías estadísticas para la óptima medición del riesgo crediticio.

**Gráfica 1. Crecimiento Real Anual
Cartera Bruta del Sector Bancario 1996:06 – 2003:06.**



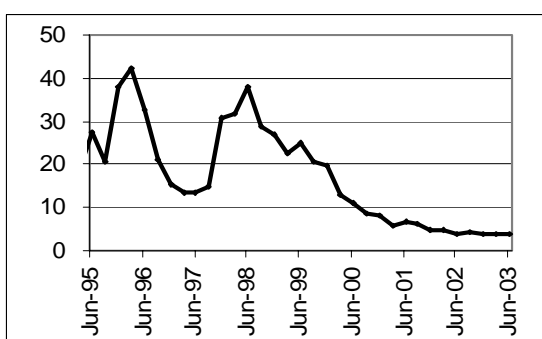
Fuente: Superbancaria – Cálculos del Autor.

**Gráfica 2. Relación Cartera / Activos del
Sector Bancario (%) 1995:06 – 2003:06.**



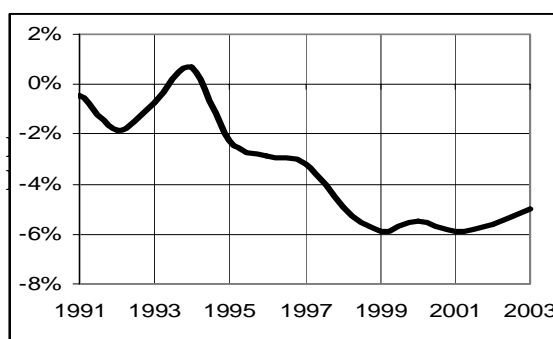
Fuente: Superbancaria – Cálculos del Autor.

**Gráfica 3. Razón Cartera / Inversión en TES
Sector Bancario 1995:06 – 2003:06.**



Fuente: Superbancaria – Cálculos del Autor.

**Gráfica 4. Déficit del GNC (% del PIB)
1991 – 2003**

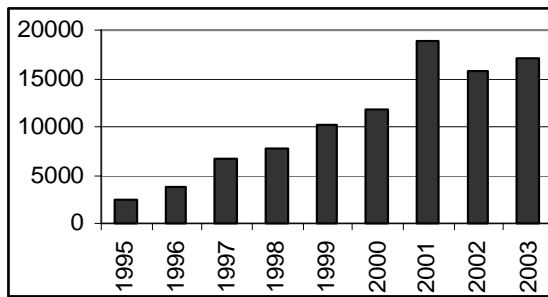


Fuente: Banco de la República – CONFIS

Los TES se convirtieron en la principal inversión en renta fija de los bancos. Este hecho responde fundamentalmente a una creciente necesidad de financiación del GNC, quien desde 1997 presenta un déficit fiscal anual consolidado superior al 3% (Gráfica 4), cubierto principalmente mediante emisión de TES (cuyo crecimiento anual promedio entre 1997 y 2002, fue de 18.16%). Los bancos, actuando como demanda del mercado y en procura de aumentar su liquidez dada la contracción en la oferta de crédito, adquirieron la mayoría de los TES emitidos y colocados en el mercado (Gráficas 5 y 6).

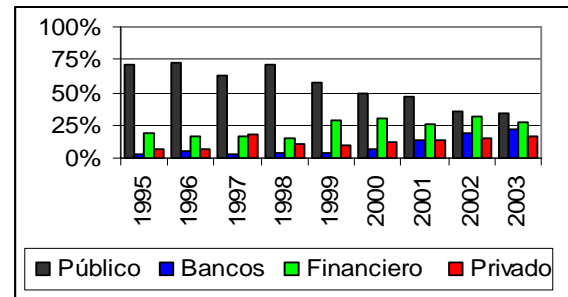
Otro aspecto que estimuló la inversión en TES fue la mayor liquidez suministrada por el Emisor a la economía desde el primer trimestre del año 2000 (M1 creció por encima de la Inflación), lo cual permitió la disminución de las tasas de interés (la DTF bajó 794 puntos básicos entre Diciembre de 1999 y Junio de 2003).

Gráfico 5. Tes Colocados en el Mercado por el GNC 1995 – 2003 (Billones de Pesos).



Fuente: BANREP – Cálculos del Autor.

Gráfico 6. Distribución por Tenedor de los TES Emitidos 1995 – 2003



Fuente: BANREP – Cálculos del Autor.

Lo anterior sumado a la reducción en el nivel de inflación (Gráfica 7), condujeron a una mayor rentabilidad real en las inversiones en TES³. Esta situación se reflejó en el mercado de valores con la disminución que hasta el primer semestre de 2002, presentaron las tasas de cierre del Sistema Electrónico de Negociación – SEN (Gráfica 8), lo cual aumentó la liquidez del mercado secundario⁴. Así mismo, el bajo tamaño del mercado de capitales en Colombia con un volumen diario transado equivalente al 0.4% de América Latina, y que anualmente equivale al 12 % del PNB nacional, se evidencia en la falta de opciones que con los TES compitan en montos transados, liquidez y rentabilidad (Arbeláez, Zuluaga y Guerra, 2002)⁵.

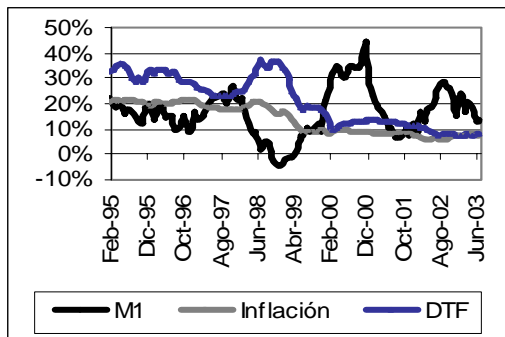
En la medida que la inversión en TES fue creciendo en las entidades del sector financiero, el Gobierno, aprovechando la confianza, principalmente de Bancos, Corporaciones Financieras y Comisionistas de Bolsa, decidió realizar operaciones swap y de roll – over a partir de 2001, para disminuir la presión en el pago de bonos próximos a vencerse, y mejorar el perfil de vencimientos de la deuda pública, lo cual trajo consigo el aumento de la duración de los portafolios de inversión de las entidades en mención.

³ La relación entre el Valor Presente Neto de un Bono y la tasa de retorno (TIR) es inversa, por cuanto una mayor TIR se asocia a un mayor nivel de riesgo del emisor. Por tanto, con un nivel bajo en las tasas de interés, el precio de los bonos disminuye, lo cual estimula su negociación.

⁴ El Mercado de Deuda Pública en Colombia opera a través del Sistema de Creadores de Mercado del cual sólo hacen parte Bancos, Corporaciones Financieras y Comisionistas de Bolsa, quienes transan sus operaciones en el Sistema Electrónico de negociaciones – SEN (creado en 1998). Para efectos de simplificar el análisis de Riesgo de los TES se consideran de corto plazo, los TES transados con plazo al vencimiento inferior o igual a 540 días, de mediano plazo aquellos con vencimiento entre 540 y 1460 días y de largo plazo, los transados con vencimiento superior a 1460 días.

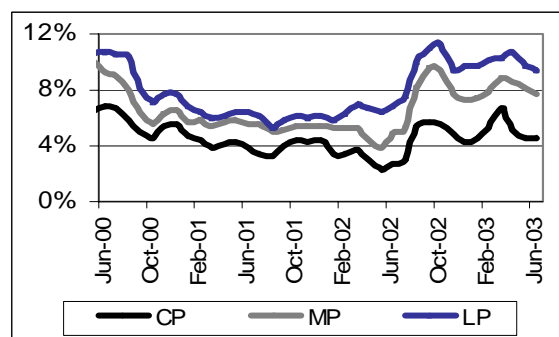
⁵ Existen Bonos corporativos de empresas del sector real y financiero, indexados a IPC y DTF que han sido más rentables que los TES; sin embargo, su bajo nivel de trading en comparación con los TES, además de su mínima colocación, hacen que se dificulte su negociación a futuro, por lo cual su participación en el portafolio del sector bancario es muy baja.

Gráfica 7. Crecimiento Anual de M1 Vs. DTF e Inflación 1995:02 – 2003:06.



Fuente: BANREP – Cálculos del Autor.

Gráfica 8. Tasas de Cierre del SEN según plazo 2000:06 – 2003:06



Fuente: SEN – Cálculos del Autor.

Sin embargo, el incumplimiento tanto en las proyecciones de crecimiento económico para el año 2002 (3.8% estimado Vs. 1.6% observado) como en las metas acordadas con el FMI en materia de déficit fiscal, el nerviosismo en los mercados emergentes luego del *default* de Argentina, y el rápido crecimiento de la deuda pública (entre 1995 y 2002 pasó de 21.9% a 53% del PIB⁶), condujeron a una crisis de confianza en el mercado de TES entre los meses de Julio y Octubre de 2002⁷, lapso en el cual, la tasa de cierre promedio del SEN aumentó 277.18 puntos básicos, provocando pérdidas en el sector financiero por valoración del orden de 173,315 millones de pesos⁸. En el SEN, el volumen semestral transado de TES disminuyó un 42.33% (Gráfica 9), además que se revirtió una tendencia creciente que venía dando en el precio de los TES merced al bajo nivel de las tasas de interés (Ver Gráfica 10).

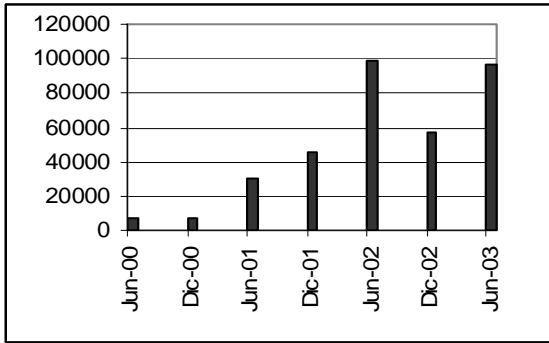
La crisis de los TES replanteó la conveniencia de concentrar los portafolios del sector financiero en estos títulos; además, obligó a la suspensión temporal de las subastas de TES, por parte de la Dirección de Crédito Público del Ministerio de Hacienda (DCP), las cuales una vez reanudadas al finalizar Noviembre de 2002, se concentraron en el corto y mediano plazo, situación que se mantuvo a lo largo de 2003 (Ver Gráficas 11 y 12).

⁶ Un completo estudio sobre la evolución y las características de la deuda pública se encuentra en el Documento Confis: La Deuda Pública Colombiana: Definiciones, Estadística y Sostenibilidad (2002)

⁷ Dentro de su estrategia de reducción en el costo de la deuda, y alargamiento de su perfil para disminuir la presión de los pagos, el Gobierno adelantó entre 2001 y 2002, un canje de títulos de corto y mediano plazo indexados al IPC y el tipo de cambio (Operaciones Swap), por títulos de largo plazo, a tasa fija, aprovechando el bajo nivel de las tasas de interés, la confianza de los agentes, la mayor liquidez en el sector financiero y las expectativas de menor inflación y revaluación.

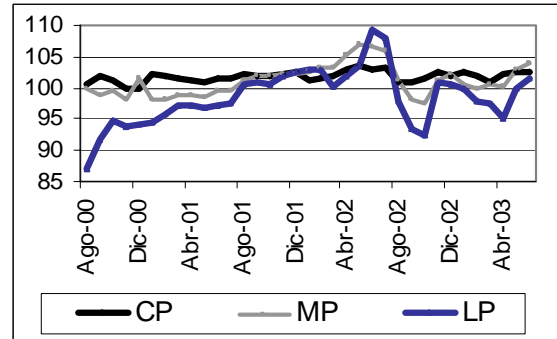
⁸ Para un mayor detalle de los efectos de la Crisis de los TES por valoración a precios de mercado, consultar el Documento en Excel Portafolios de Inversión en Deuda Pública, realizado por la Superintendencia Bancaria y disponible en la página web de la entidad.

Gráfica 9. Volumen TES transado por Semestre (Miles de Millones de \$) en el SEN 2000:06 – 2003:06.



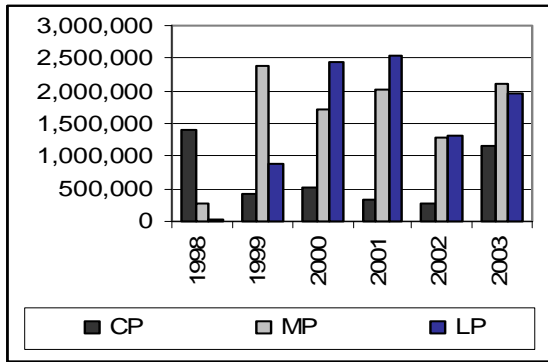
Fuente: SEN – Cálculos del Autor.

Gráfica 10. Precios de los TES (% del Principal) en el Mercado Secundario 2000:08 – 2003:06.



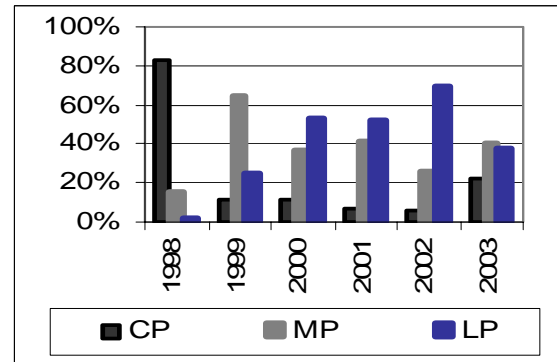
Fuente: SEN – Cálculos del Autor.

Gráfica 11. Colocaciones de TES mediante Subasta según el plazo (Millones de Pesos) 1998 – 2003.



Fuente: Minhacienda – Cálculos del Autor.

Gráfica 12. Distribución Porcentual de los TES Colocados en Subasta según el plazo 1998 – 2003.

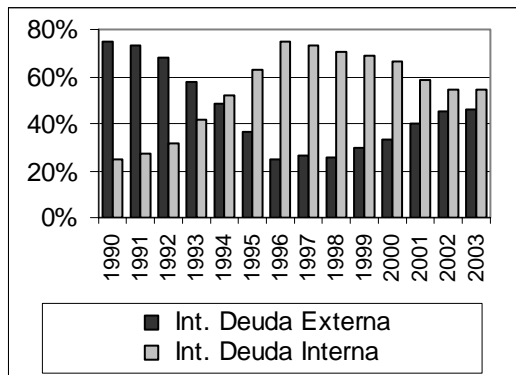


Fuente: Minhacienda – Cálculos del Autor.

Aunque con la reanudación de las subastas, el mercado de deuda pública recuperó la confianza de los agentes, la deuda pública neta sigue mostrando una tendencia creciente lo cual aumenta la probabilidad de un *default* en el largo plazo y pone en duda la sostenibilidad de las finanzas públicas (Ver Gráficas 13 – 14). Estudios realizados por la Misión del Gasto Público (1998), habían advertido del peligro que para la estabilidad financiera y monetaria del país representaba el mantener un alto nivel de endeudamiento público.

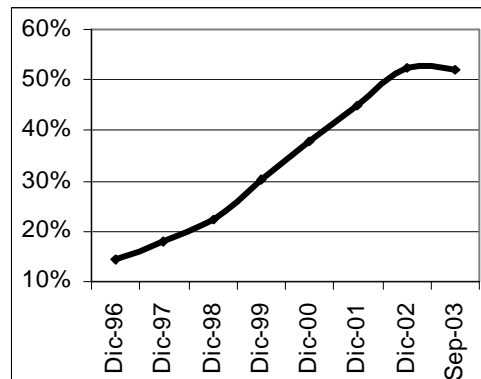
La descripción de los hechos analizados plantea la necesidad de analizar la estrategia actual de inversión de los bancos, bajo la cual han aumentado su inversión en títulos de deuda pública con el objeto de establecer su conveniencia, y determinar si las decisiones de inversión de los bancos han sido óptimas o no.

Gráfica 13. Composición del Servicio de la Deuda Pública Colombiana 1990 – 2003.



Fuente: Minhacienda – Cálculos del Autor.

Gráfica 14. Deuda Pública (% del PIB) 1996:12 – 2003:09.



Fuente: Minhacienda – Cálculos del Autor.

Teniendo en cuenta la descripción de los hechos estilizados, y el entorno económico bajo el cual han tenido que tomar sus decisiones, la hipótesis nula que se plantea en el trabajo, es considerar óptima la estrategia de los Bancos consistente en desplazar sus inversiones de cartera a TES, en el estricto sentido de considerar que la colocación de cartera en los niveles que se encontraba entre 1995 y 1998, por encima del 60% del nivel de los activos bancarios, no era conveniente por estar asociada a una creciente pérdida esperada por el aumento en el nivel del riesgo crediticio, reflejado en el comportamiento de la rentabilidad de la cartera descontando los costos de fondeo de la misma. Por tanto, era conveniente diversificar las inversiones, procurando elegir opciones que le diesen a los Bancos un mayor nivel de liquidez, reduciendo el nivel de riesgo de sus activos.

La opción tomada por los Bancos, los TES, constituía la única alternativa que satisfacía dicha condición, porque en la medida que el mercado de deuda pública se consolidó, con la emisión de TES con mayores plazos al vencimiento, y la confianza de los inversionistas, pudo ofrecer mejores niveles de rentabilidad y riesgo, así sea que dejar de colocar cartera e invertir en TES implica una sustitución de riesgo crediticio por riesgo de mercado. por ello, la disminución de la colocación de cartera no significa que aumentos vertiginosos y sin restricción de la inversión en TES, teniendo en cuenta el deterioro de las finanzas públicas nacionales, y la globalización de los mercados financieros, inmunicen la Banca de eventuales pérdidas, cuya magnitud incluso puede ser considerable, y comparable a la de un deterioro en la calidad de la cartera colocada, tal como aconteció durante la Crisis de los TES en Julio de 2002.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El análisis teórico de portafolios se inició en la postguerra con los trabajos de *Markowitz* (1952), quien introdujo el criterio media – varianza para la selección de carteras, Sharpe (1964), con el desarrollo del modelo CAPM, y Merton (1973) con la construcción de una frontera eficiente que permita establecer los niveles de riesgo asociados con un determinado nivel de rentabilidad.

La teoría de *Markowitz*, descansa en dos supuestos: a) el inversionista actúa bajo una función de utilidad determinada por la rentabilidad y la varianza del activo; b) el inversionista es racional y averso al riesgo, lo que lo hace preferir las carteras con máxima rentabilidad y mínimo riesgo. Por tanto, la curva de carteras de *Markowitz* es cóncava, reflejando la aversión al riesgo del inversionista (Elton y Gruber, 1995). La teoría de *Markowitz* concluye que si la correlación entre la rentabilidad de los activos es perfecta y negativa, la diversificación hace desaparecer completamente el riesgo diversificable del portafolio, maximizando su rentabilidad (Bernstein y Wilkinson, 1997).

Una continuación a los trabajos desarrollados por *Markowitz* y sus colegas se dio con Tobin (1965) quien formuló la “Teoría de la Formación de Carteras y del Equilibrio en el Mercado de Capitales”, la cual concluye que la aversión al riesgo del inversionista explica la preferencia por la liquidez y la relación inversa entre demanda de dinero y tasa de interés (Madura 2001). En ésta teoría se dan dos clases de carteras: a) “*Lending Portfolios*”, cuando se presta por parte del inversionista con algún tipo de interés; b) “*Borrowing Portfolios*”, cuando el inversionista se endeuda para invertir en valores mobiliarios al mismo tipo de interés (Marín y Rubio, 2001). A su vez Sharpe (1964), analiza la eficiencia de los portafolios de inversión, a partir de la razón entre el diferencial de su rendimiento con relación a la tasa libre de riesgo, y la volatilidad del portafolio.

Éste enfoque de la Teoría clásica de inversiones, muestra la necesidad de medir el comportamiento de un portafolio de inversiones, mediante la construcción de fronteras eficientes, y el análisis de sensibilidad de sus niveles de riesgo y rentabilidad para diferentes niveles de participación de los activos que lo componen, y la tasa libre de riesgo empleada.

La aparición y desarrollo de modelos de riesgo bajo el enfoque del Valor en Riesgo – VAR. (Elizondo, 2003), técnica implementada por el Banco *JP Morgan* (De Lara, 2001), basado en la media y varianza de los rendimientos de los activos que componen un portafolio, permitió una mejor medición del riesgo de mercado al que se expone un portafolio de inversiones, al estimar el nivel mínimo de pérdida que podría registrar en un intervalo de tiempo en el peor de los escenarios, el cual estadísticamente se asocia a la cola inferior de la distribución de los rendimientos. El enfoque VAR permitió relacionar la teoría de portafolios con la gestión de riesgo de los bancos, a pesar que con anterioridad. Hart y Jaffee (1974) mostraron que el análisis basado en media y varianza era un adecuado enfoque para modelar la gestión de riesgo de mercado de los bancos comerciales⁹.

Por tanto, la determinación de la pérdida esperada en un portafolio, los efectos de la concentración en un determinado tipo de inversión, la cartera para el caso de la banca nacional, así como las diferencias que en el comportamiento de su distribución de pérdidas presentan los activos que componen el portafolio, hacen indispensable la implementación del enfoque VAR., que en el caso colombiano, es exigida por la Superintendencia Bancaria (la cual lo denomina VER).

Por último, la literatura relacionada con el análisis de las decisiones de inversión de los bancos, involucra la evaluación que los bancos hacen de su relación retorno riesgo, de acuerdo a la evolución del ciclo económico. Bergara y Licandro (2001) empleando un modelo de riesgo crediticio que mide el impacto de las medidas de regulación prudencial con base en dos activos (bonos y créditos), demuestran que en la fase de auge del ciclo económico, aumenta la colocación de cartera, sujeto a las normas relacionadas con capital mínimo y provisiones por no pago; mientras, en la fase de crisis, las inversiones en títulos de renta fija aumentan como consecuencia del mayor riesgo crediticio de la cartera, que perciben los bancos. Se concluye entonces que el crédito tiene una conducta procíclica por la cual el ciclo económico afecta la percepción de retorno riesgo de las entidades bancarias.

⁹ Un desarrollo matemático de éste modelo que permite llegar a las conclusiones mencionadas se encuentra en Freixas (1997).

En el caso colombiano es evidente de acuerdo a la descripción de los hechos estilizados, que la colocación de cartera fue altamente procíclica durante los noventa hasta 1998, cuando la economía entra en un período de crisis y recesión. Posteriormente, durante la crisis de 1998 – 1999, la cartera disminuye y aumenta sensiblemente la colocación en TES, comportamiento que se mantiene a pesar que la economía empieza a recuperarse a partir del 2000, no obstante con niveles de crecimiento inferiores al 3%. Por tanto, el Modelo de Bergara – Licandro sustenta a priori las decisiones de inversión de los bancos durante el período analizado y muestra la relevancia de hacer un análisis de riesgo para cada activo, de acuerdo al enfoque VAR con dos cortes: 1995 – 1998, antes de la recesión; y 1999 – 2003, posterior a la recesión.

Como complemento, las investigaciones han explorado el riesgo asociado a las tasas de interés conocido en la literatura como descalce de tasa, el cual fue abordado para el caso argentino por Balzarotti (1998), quien concluye que el riesgo de invertir en un activo de largo plazo a tasa fija fondeado por depósitos de corto plazo, aumenta sensiblemente cuando el entorno macroeconómico se caracteriza por una alta volatilidad de las tasas de interés, incrementando el riesgo de mercado de las inversiones de renta fija, lo cual sugiere la modelación de los rendimientos a través de Modelos Garch que permitan hacer un seguimiento a la variabilidad de los precios de dichas inversiones, los TES para el caso colombiano.

Las investigaciones también se han encaminado al análisis de las regulaciones de riesgo crediticio. Siguiendo a Freixas y Rochet (1997), Escudé (1999) demuestra que los bancos cuando son amantes del riesgo con bajos niveles de capitalización, estimulados por una regulación laxa y limitaciones en el proceso de supervisión bancaria, que les permita hacer seguimiento al riesgo crediticio de la cartera colocada y la probabilidad que la misma varíe a través del tiempo, induce a que los márgenes de riesgo se sitúen por encima de los costos asociados con el préstamo, lo cual termina por empeorar la calidad de la misma cartera.

Tal es el caso de Fernández (2002), quien al hacer un análisis VAR de un portafolio en moneda extranjera con un modelo Garch, compuesto por inversiones de renta fija y variable, concluye que la dependencia extrema desaparece cuando se controla la correlación entre los componentes del portafolio y su nivel de heterocedasticidad.

Sin embargo, los modelos de riesgo implementados por las entidades financieras, suponen una distribución normal de los rendimientos, lo cual subestima las pérdidas cuando éstas presentan valores alejados significativamente de una medida de tendencia central, tal como lo han mostrado análisis de series de precios de acciones y tasas de interés internacionales hechos entre otros, por Dowd (2002) y McNeil (1998), los cuáles demuestran que abandonar el supuesto de normalidad y emplear técnicas de medición de riesgo, basadas en la teoría de la distribución de valores extremos (EVT), aumentan sensiblemente el nivel de pérdidas que potencialmente un portafolio de inversiones puede tener.

Por tanto, el análisis de los rendimientos de los activos del portafolio, obliga a emplear tanto la distribución normal como la de valores extremos, para establecer la subestimación del nivel de pérdidas, en la que se puede incurrir, para el caso de Colombia, por despreciar la ocurrencia de eventos extremos que obliguen al abandono del supuesto de normalidad.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 EL MODELO DE CARTERAS DE MARKOWITZ

La teoría de portafolios que *Markowitz* plantea la construcción de posibilidades de inversión que gráficamente se representan a través de fronteras eficientes, que le permitan obtener la adecuada combinación rentabilidad riesgo. Con este fin, el inversionista evalúa: a) retornos que obtiene para un mismo nivel de riesgo, procurando el máximo retorno; b) los diferentes niveles de riesgo que obtiene para un nivel dado de rentabilidad, procurando el riesgo mínimo en función de la diversificación del portafolio (Bodie y Merton, 1999), para lo cual se plantea la minimización de la varianza del portafolio σ_p^2 , tal como sigue:

$$\text{Minimizar } \sigma_p^2 = \sum_{j=1}^n X_j^2 \sigma_j^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq 1}^n x_i x_j \sigma_{ij} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n X_i E(R_i) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1 \quad (3)$$

$$0 \leq X_i \leq 1 \quad (4)$$

Donde la ecuación (4) implica que no se admiten ventas en corto (el Banco invierte en su portafolio con recursos obtenidos a través de terceros, luego no tiene posición propia), por lo cual la participación de cualquier activo que componga la cartera no puede superar el 100%.

3.2 INDICADORES DE EFICIENCIA

Construida la frontera eficiente, el inversionista debe medir la eficiencia en la gestión de carteras; un indicador que se utiliza, es el coeficiente de *Sharpe* (IS), el cual determina la razón rentabilidad / riesgo a lo largo de la frontera eficiente, teniendo en cuenta la tasa libre de riesgo R_f (Beninga, 2000):

$$IS = \frac{E(R_m) - R_f}{\sigma_m} \quad (5)$$

El IS permite establecer la recompensa por variabilidad de cada uno de los activos que conforma la cartera de inversión, asumiendo el inversionista que el mercado paga todo el riesgo en el que él incurre, de manera que la eficiencia del portafolio se mide como el precio que paga el mercado por cada unidad de riesgo adicional. Una variante en el cálculo de IS, es considerar el retorno del *Benchmark* en lugar de la tasa libre de riesgo, para mostrar la recompensa del portafolio por alejarse de aquel (Laporta y Valdés, 2002).

Un enfoque alternativo para medir la eficiencia de un portafolio de inversión, es la construcción de un portafolio de referencia o *Bechmark*, que sirve como punto de referencia para evaluar la gestión de las operaciones que se han realizado por parte del gestor del portafolio (Johnson, 2000). El *Bechmark* se caracteriza por incorporar las restricciones vigentes para el inversionista, las cuáles deben incorporarse en la construcción de la frontera eficiente de manera que los resultados obtenidos capturan los riesgos que los bancos revelan al establecer niveles mínimos o máximos en la participación de un tipo de inversión en el portafolio o en la suma de participaciones de dos o más activos.

En el caso de los bancos colombianos, de acuerdo al comportamiento descrito de su inversión en cartera y TES, se infiere que antes de 1999 se exigía una alta inversión de los recursos, en colocación de cartera, la cual sería posteriormente inferior, para permitir una mayor inversión en TES y otras alternativas de inversión en renta fija. Bajo éste enfoque, la eficiencia se mide a través de un indicador denominado *Tracking Error* que calcula el riesgo incremental de alejarse del *Bechmark* (Johnson, 2000):

$$TE = \sqrt{(\omega - \omega_B)^T \Sigma (\omega - \omega_B)} \sqrt{n} \quad (6)$$

Donde ω es el vector de ponderadores del portafolio; ω_B , el vector de ponderadores del *Bechmark*; Σ , la matriz de varianzas y covarianzas de los retornos de cada activo del portafolio, y n , la frecuencia anual de la estimación (si la periodicidad es semanal, n es 48; si la periodicidad es diaria, se asume $n = 240$ y si es mensual, 12). A partir del *Tracking Error*, se construye un nuevo indicador de eficiencia, la razón de información (IR), que indica el retorno incremental $R - R_B$, obtenido por el inversionista al posicionarse en un portafolio diferente al *Bechmark* (Johnson, 2000), de manera que establece el retorno incremental esperado, medido en puntos básicos de riesgo marginal por cada 100 puntos básicos de TE:

$$IR = \frac{R - R_B}{TE} \quad (7)$$

Para la determinación de la perdida esperada de los portafolios óptimos construidos bajo la Teoría de *Markowitz*, se calcula su VAR, mediante el método paramétrico de la matriz de Varianza – Covarianza (De Lara, 2002), o método Delta – Normal porque suponen que los rendimientos de los activos siguen dicha distribución, a partir de la expresión:

$$Var_p = Z * \sigma_p * \sqrt{t} \quad (8) \quad \text{donde } \sigma_p = \sqrt{W^T \Sigma W} \quad (9)$$

Siendo W el vector de pesos de las n posiciones del portafolio con dimensiones $(n \times 1)$; Σ , la matriz de varianza – covarianza, y Z el factor asociado al nivel de confianza correspondiente a la distribución normal. A través de éste VAR se mide el riesgo de mercado de un portafolio, considerando los efectos de la diversificación a través de las correlaciones entre los rendimientos de los activos que lo conforman, de manera que el VAR del portafolio sea menor que la suma de los VAR individuales para cada activo. Su aplicación al análisis del portafolio de los bancos colombianos, permitirá establecer los efectos de disminuir la participación de la cartera y aumentar la participación de TES, en procura de reducir el riesgo de sus inversiones.

3.3 ANÁLISIS DEL RIESGO DE MERCADO: VAR BAJO NORMALIDAD Y EVT

La determinación del riesgo de mercado se hace a partir del precio de los activos de renta fija, que son los más sensibles a dicho riesgo. Diferente es el caso de la cartera, que es más sensible a un riesgo crediticio que requiere un enfoque particular descrito en 3.4. Bajo el enfoque VAR, se considera en forma individual cada componente del portafolio de renta fija, cuyo rendimiento diario (ecuación 10) se define como un vector de beneficios / pérdidas (P / L). Sin embargo, para la estimación de VAR, es mejor reexpresar (10) como un vector de pérdidas / ganancias (L / P), de manera que valores positivos estén asociados a las pérdidas que sufre el inversionista cuando el precio del activo disminuye:

$$\frac{P}{L} = r = \log \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (10) \quad \frac{L}{P} = -r = \log \frac{P_{t-1}}{P_t} \quad (11)$$

En el caso de las inversiones en moneda extranjera, la medición de sus retornos (ecuación 12), por ende de sus pérdidas (ecuación 13), viene dada por:

$$r = \log \left[\left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \right] + \log \left[\left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right) \right] \quad (12) \quad \frac{L}{P} = -r = \log \left[\left(\frac{P_{t-1}}{P_t} \right) \right] + \log \left[\left(\frac{S_{t-1}}{S_t} \right) \right] \quad (13)$$

Donde S es el valor diario de la tasa de cambio (Levich, 2001). Una variación negativa de r señala una pérdida, mientras, una variación positiva señala una ganancia.

La definición empleada de rendimiento (ecuaciones 10 – 12) tiene la ventaja de tener un mayor sentido económico que una definición aritmética (en la que el rendimiento es la simple diferencia entre los precios en t y t – 1) porque asegura que el precio de los activos nunca es negativo, así el retorno del activo disminuya abruptamente (Dowd, 2000), como sucede en los mercados de deuda pública, cuando las crisis de confianza de parte de los inversionistas por la capacidad de pago de la Nación, inducen caídas abruptas en el rendimiento de los bonos de deuda soberana. Además, es más sensible para horizontes de largo plazo, al capturar mejor los eventuales saltos bruscos, hacia arriba (apreciación) o abajo (depreciación), que la serie de rendimientos pueda presentar.

A partir de la serie de rendimientos, se procede al análisis de riesgo, basado en dos medidas: Valor en Riesgo (VAR) y Valor Esperado de Pérdida en la Cola o *Expected Tail Loss* (ETL).

El primero hace referencia al mínimo monto que puede perderse al invertir en un activo para un determinado horizonte de tiempo para el cual se calcula (HP) bajo un nivel específico de confianza o *confidence level* (CL), asociado a la cola inferior de la distribución de rendimientos, bajo un escenario pesimista, donde la pérdida se aleja sensiblemente de su promedio histórico. El ETL, se define como la pérdida esperada dado que la caída en el rendimiento del activo es mayor al VAR (Dowd, 2000). La estimación de estas dos medidas se hace bajo dos métodos: paramétricos y no paramétricos.

Los métodos no paramétricos se basan en la construcción empírica de los rendimientos del activo, acorde a su comportamiento histórico. Los más empleados son dos: 1) Simulación Histórica (HS), el cual obtiene el VAR elaborando un histograma simple dado un CL, ordenando la serie de rendimientos, de menor a mayor; el ETL, es el promedio de las pérdidas en la cola de la distribución; 2) Bootstrap, el cual hace un remuestreo con reemplazo de los rendimientos del activo, al cual posteriormente se le aplica el método de HS para determinar el VAR y el ETL.

Los métodos paramétricos calculan el VAR y el ETL, a partir de la construcción de una curva de probabilidades, asumiendo a priori una distribución estadística de los rendimientos, la cual puede inferirse mediante pruebas estadísticas (la más usual es la prueba de Jarque – Bera).

Sin embargo, cuando los datos no se ajustan bien a la distribución asumida, los resultados pueden sobre o subestimar el VAR y el ETL. El enfoque usual asume una distribución normal de los datos, basándose en el documento *RiskMetricsTM* elaborado por el Banco estadounidense JP Morgan. La definición de VAR bajo Distribución Normal en función de la media μ_r y la desviación estándar σ_r de los rendimientos, viene dada por:

$$VAR = -\alpha_{cl} \sigma_r \sqrt{hp} - \mu_r hp \quad (14)$$

Siendo α_{cl} , el nivel de significancia de acuerdo al CL establecido a priori.. Por ejemplo, si el VAR es 0.15, y el nivel de significancia es el 5%, se esperaría que las inversiones hechas en el activo considerado, por ejemplo TES, sufran una pérdida por lo menos del 15% en el 5% de los casos, es decir una de cada 20 veces, lo cual equivale a uno de cada veinte días.

El ETL se interpreta como la pérdida esperada en la cola de la distribución, L, dado que la pérdida supera el VAR:

$$ETL = E(L/L > VAR) = \frac{\sigma_r \phi(-\alpha_{CL}) \sqrt{hp}}{F(\alpha_{CL})} - \mu hp \quad (15)$$

Donde $\phi(-\alpha_{CL})$ y $F(\alpha_{CL})$ son los valores de las funciones de densidad y distribución normal, mientras hp refiere al horizonte de tiempo en el cual se desea calcular el VAR.

Sin embargo, el supuesto de normalidad obvia problemas asociados con leptocurtosis (colas gruesas de la distribución de probabilidad de la serie de rendimientos) lo cual subestima la ocurrencia de eventos extremos, que son los que se suceden cuando hay crisis en el mercado de valores, y se reflejan en fuertes caídas en el precio de los bonos y acciones. Según Embrechts, Klüppelber, y Mikosch (1999), el análisis de riesgo de las inversiones bajo EVT es el más adecuado para el tratamiento de asimetrías, presencia de colas gruesas y escenarios de *Stress – Testing* (donde se incrementa la ponderación de los eventos extremos negativos, creando escenarios adversos históricos y su efecto en el comportamiento del valor de mercado del portafolio de inversiones), ya que la distribución bajo EVT presenta colas con mayor probabilidad que la distribución normal, lo que permite representar mejor la distribución empírica de los retornos.

El análisis bajo EVT estudia las colas de la distribución de rendimientos, siendo el *Tail Index* (parámetro de cola) el que resume sus características, el cuál puede obtenerse usando métodos de máxima verosimilitud (ML), o métodos semi paramétricos a partir de la serie de pérdidas / ganancias. Sin embargo, acudir a ML, requiere de un método de solución numérica apropiado, lo cual requiere de soluciones con paquetes de *software* apropiados que pueden hacer que los estimadores no sean robustos. En cambio, los métodos semi – paramétricos, son de fácil aplicación porque solo requieren de dos parámetros: media y desviación estándar.

La fórmula más empleada para el cálculo del Índice de Cola es el Estimador de Hill (HE), denotado por ξ :

$$\xi_{n,k}^H = k^{-1} \sum_{j=1}^k \ln X_{j,n} - \ln X_{k+1,n} \quad (16)$$

Donde X es la serie de pérdidas/ ganancias de rendimientos, y k , el índice del umbral de cola. HE es el promedio de las más extremas k observaciones menos las $k+1$ observaciones. No obstante, el HE no tiene un método analítico para escoger k apropiadamente, dándose un *Trade – Off* de sesgo – varianza (eficiencia), dado que la función que determina HE no es monótona y presenta mesetas que hacen que para intervalos donde m aumenta, HE también lo hace. Además en la medida que la muestra es más reducida, las estimaciones de HE son más sensibles a la elección de K pero en otros disminuya (Dowd, 2002). Enfoques alternativos han sido desarrollados como el Estimador de *Pickands* (Dowd, 2002) y el procedimiento de Bootstrap de Danielson y De Vries (1997) que elige un k tal que minimice el error cuadrado media de una función de pérdidas de manera que refleje un óptimo *Trade – Off* de sesgo – varianza.

El Enfoque EVT sigue dos distribuciones:

$$H_{\xi,a,b} = \exp\left[-1 + \xi\left(\frac{x-a}{b}\right)^\xi\right] \text{ si } \xi \neq 0 \quad (17) \quad H_{\xi,a,b} = \exp\left(-\exp\left\{-\left(\frac{x-a}{b}\right)\right\}\right) \text{ si } \xi = 0 \quad (18)$$

Cuando $\xi=0$, la distribución se denomina Gumbel, y si $\xi>0$, la distribución se denomina Frechet. A partir de éstas fórmulas, puede determinarse el VAR del portafolio analizado:

$$VAR_{Frechet} = \mu - \left(\frac{\sigma}{\xi}\right) \left[1 - (-\log cl)^{-\xi}\right] \text{ si } \xi > 0 \quad (19) \quad VAR_{Gumbel} = \mu - \sigma \log \left| \log \left(\frac{1}{cl}\right) \right| \text{ si } \xi = 0 \quad (20)$$

Donde σ y ξ son parámetros de localización y escala. El ETL se calcula como el promedio de los VAR situados en la cola.

La distribución Frechet corresponde a distribuciones de colas largas (fat tails), lo cual es típico en los retornos de activos financieros (McNeil, 1998), por la presencia de colas largas; las estimaciones de ξ muestran que para series financieras, toma valores positivos pero inferiores a 0.25 mientras la distribución Gumbel refiere a distribuciones de probabilidad con curtosis normal. Emplear EVT, permite establecer el nivel de pérdidas que se subestima cuando se asume distribución normal, tal como lo hacen los bancos en Colombia, de manera que se tenga una mayor certeza en relación con la magnitud que tendría potencialmente la pérdida por la inversión en Cartera y en papeles del Gobierno (TES y Bonos Yankee).

Así mismo, el enfoque EVT permite volcar la atención en modelar lo que realmente preocupa al inversionista, como es el comportamiento de los valores extremos de los rendimientos de los activos (Vilariño, 2001). Independientemente del enfoque bajo el cual el inversionista calcule el VAR, su correcta medición permite tomar decisiones que ajusten la rentabilidad al riesgo de las inversiones.

3.4 ANÁLISIS DE RIESGO CREDITICIO

La inversión en cartera está más expuesta a un riesgo crediticio que de mercado. La preocupación para el Banco es evitar el deterioro de la calidad de la cartera, para lo cuál hace un análisis y seguimiento a la capacidad de pago del deudor, bajo dos enfoques (Elizondo, 2003). En el primero, se estima una pérdida esperada (Ecuación 21), a partir de la cuál se calcula el vector de pérdidas y ganancias P/ L que se considero en el numeral 3.3, como la variación de la pérdida esperada en el instante t (Ecuación 22):

$$PE = \frac{\sum_{i=1}^3 M_i (1 - T_i) PI_i}{M} \quad (21) \quad \frac{P}{L} = \frac{PE_t}{PE_{t-1}} \quad (22)$$

donde: *PE*, Pérdida esperada; *T*, tasa de recuperación o porcentaje de cartera garantizada y *PI*, probabilidad de incumplimiento; y *M*, monto del crédito expuesto a riesgo crediticio desagregado en comercial, de consumo e hipotecario:

$$M = \sum_{i=1}^3 M_i \quad (23)$$

La ecuación 22, captura la percepción de mayores niveles de riesgo, a través de las variaciones que presenta la pérdida esperada por colocación de cartera; el VAR no se genera en si por la pérdida que se espera obtener al colocar cartera, sino por la alteración que la misma pérdida pueda sufrir merced a cambios en *T* o *PI*. El vector P/ L construido según (22), se reemplaza en (14), para determinar el VAR del portafolio atribuido a la cartera.

El otro enfoque se relaciona con un enfoque de suficiencia de capital y riesgo de crédito y la concentración de la cartera a través del índice de Herfindahl – Hirshman (HH):

$$VAR = PE * M + Z \sqrt{PE(1-PE) \sum_{i=1}^N M_i^2} \quad (24) \quad HH = \frac{\sum_{i=1}^N M_i^2}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (25)$$

Donde Z es el estadístico correspondiente al CL elegido, siguiendo una distribución normal. La fórmula del VAR descrita en (24), diferencia el enfoque de riesgo crediticio que se maneja en la cartera, con relación al riesgo de mercado que se emplea para el análisis de los activos de renta fija. De ésta manera, incrementos del monto de cartera colocada (M), como aumentos en PE, conducen al aumento de su nivel de pérdida esperada; mientras, el indicador HH permite establecer la relación entre el riesgo de cartera y su nivel de diversificación.

3.5 MEDICIONES DE VOLATILIDAD

Dado que los rendimientos de los activos financieros como serie de tiempo, son fuertemente heterocedásticas en períodos de alta turbulencia, para su análisis econométrico, se emplean los modelos Arch y Garch, los cuáles son muy utilizados por capturar adecuadamente la volatilidad de dichos rendimientos. Además, su utilización responde a la característica de memoria corta que caracteriza las series de tiempo en finanzas (lo cual obliga a darle importancia a las observaciones más recientes). Partiendo del supuesto de normalidad en los rendimientos, el riesgo es función de la volatilidad ε_t (Enders, 1995). La rentabilidad sigue un comportamiento descrito por:

$$R_t = \mu + \varepsilon_t \quad (26)$$

Así mismo, se asume una varianza condicional para ε_t que sigue el siguiente comportamiento:

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \alpha_3 \varepsilon_{t-3}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 \quad (27)$$

El modelo que mejor se ajusta en mejor forma a los choques aleatorios inmediatos y del valor de la varianza condicional en el período t – 1, es el Garch (Enders, 1995), donde la varianza condicional se porta como un proceso arma (p, q) donde el componente ar está dado por el componente Garch (ε_{t-i}^2), y el componente ma, por el componente Arch (h_{t-i}). :

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \quad (28)$$

Donde la varianza incondicional para el Caso del Garch (1,1) viene dada por:

$$h_t = \frac{\alpha_0}{1 - (\alpha_1 + \beta_1)} \quad (29)$$

El modelo exige una condición de estacionareidad:

$$\alpha_1 + \beta_1 = 1 \quad (30)$$

La suma de estos dos parámetros se denomina Persistencia, la cual determina la magnitud de desvanecimiento de un choque sobre la varianza condicional (Enders, 1995). En la medida que la Persistencia sea más grande, el choque se desvanece más suavemente (Jorion, 1997). Si la persistencia es inferior a 1, se asegura que los pronósticos de volatilidad tengan reversión a la media, por ende, que los pronósticos estén más cercanos al promedio de la volatilidad en el mediano y largo plazo.

4. EVIDENCIA PARA EL CASO COLOMBIANO

La inquietud que surge a partir del cambio en la estrategia de inversión de la banca nacional, es determinar si su comportamiento se asemeja al que se desprende de un modelo teórico para la toma de sus decisiones. Debe precisarse que en las conversaciones realizadas con analistas de riesgo de entidades bancarias¹⁰, no se encontró evidencia que demuestre la aplicación un modelo para establecer que porcentaje se invierte en cartera y cuál en TES, ya que el análisis de riesgo hecho por los bancos los considera por separado. En el caso de los TES mediante análisis de riesgos de mercado, y para cartera colocada, mediante la implementación del SARC (Sistema de Administración del Riesgo Crediticio), obedeciendo la normatividad dispuesta por la Superintendencia Bancaria¹¹. La gestión de riesgos se apoya en las siguientes metodologías:

a) Optimización de los portafolios constituidos por TES, aplicando el Modelo de *Markowitz*, con base en lo cual se decide qué fracción invertir en TES de corto, mediano y largo plazo.

¹⁰ El autor agradece la información suministrada por Louis Francois Klein (Banco Granahorrar), Moisés Mahecha (Bancafé), Maria Malabeth (Bancolombia), Carmen Helena Botero (Citybank) y Manuel Herrera (Banco Santander), la cual se condensa en éste aparte del informe. Sin embargo, la utilización de dicha información es responsabilidad exclusiva del Autor.

¹¹ Circular 088 de 2000 (Administración de Riesgos en las operaciones de tesorería); Circular 020 de 2001 (ponderación de Activos por nivel de riesgo); Circular 035 de 2001 (Posición propia) ; Circular 042 de 2001 (Criterios y procedimientos para la medición de riesgos de mercado); Circular 050 de 2001 (Gestión de Riesgo Crediticio) ; y las Circulares 033 y 038 de 2002 (Valoración de inversiones).

- b) Conformación de portafolios de renta fija, sujeta a una evaluación de riesgos empleando un enfoque VAR, siguiendo la metodología *RiskMetrics™*. Se construye un portafolio estratégico conformado por TES a diversas tasas y plazos, estableciendo la máxima pérdida esperada sobre las posiciones que se tengan en el portafolio de inversiones negociables; posteriormente se le aplica un procedimiento de *Back – Testing*, que consiste en establecer las utilidades y/ o pérdidas generadas dentro de los niveles de riesgo que estime la entidad.
- c) Cuantificación del riesgo por solvencia, el cual toma como referencia la evaluación de los emisores de los bonos u acciones adquiridas según las calificaciones asignadas por las sociedades calificadoras de valores.
- d) La medición de VAR, se calcula para diferentes niveles de confianza, iguales o superiores al 95%, asumiendo distribución normal de los rendimientos. Cuando se da una crisis que conduce a una caída sostenida del precio del bono o acción, se da la orden de *Stop Loss*, bajo la cual, los Bancos liquidan sus posiciones en los activos riesgosos para evitar un incremento de la pérdida asociada por valoración de la inversión.
- e) El análisis de riesgo para la cartera (*scoring*), mediante la utilización del modelo de valuación de mercado, elaborado por el Banco JP Morgan. el cuál mide el riesgo crediticio debido a cambios de valor causados por migraciones en la calidad crediticia de los deudores, para lo cuál aplica los métodos paramétricos descritos en el numeral 3.4.

Sin embargo, la inversión en TES de los bancos en Colombia esta determinada por la condición de creador o aspirante del mercado primario de deuda pública, la cual asigna la DCP, sujetándose a la normatividad vigente, dispuesta por el Ministerio de Hacienda¹². Si bien, en Colombia, los bancos han venido mejorando sus sistemas de administración y control de riesgo, su análisis no profundiza todavía en la ocurrencia de eventos extremos, al siempre manejar el supuesto de normalidad para análisis de rendimientos y niveles de riesgo de las inversiones realizadas, lo cuál, subestima pérdidas potenciales que pueden presentarse en una crisis en el mercado de capitales, o bajo un escenario de *Credit Crunch* por parte de las entidades bancarias.

¹² Circulares 001, 002 y 003 de Enero de 2003 del Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

En el caso de la Crisis de los TES, los Bancos perdieron más de lo previsto por sus analistas de riesgo, y buena parte de ello pudo deberse a la subestimación del riesgo de mercado, por trabajar con estimaciones de VAR que no consideran un enfoque EVT, además que la normatividad de la Superintendencia Bancaria así lo dispone.

5. METODOLOGÍA

El análisis de los datos, sujeto a la disponibilidad de datos se hace para dos períodos: Enero 1995 – Diciembre 1998 y Marzo 1999 – Junio 2003 con el objeto de contrastar las decisiones de inversión de los bancos antes y después de la crisis económica de 1998 – 1999. Para ello, se emplea el paquete de software, *Toolbox Finance* de *Matlab* 6.0. Las fuentes de información se relacionan en el Anexo I, mientras la descripción del proceso de construcción de las series se hace en el Anexo II, y la interpretación de los resultados obtenidos, en el Anexo III.

El análisis comprende tres partes. En primer lugar, se consideran los portafolios obtenidos aplicando la Teoría de *Markowitz*, mediante: a) Construcción de un portafolio sintético (*Benchmark*) compuesto por TES, Cartera y bonos Global., con base en el cual se hace análisis de sensibilidad, empleando portafolios obtenidos a partir de fronteras eficientes; b) Análisis de eficiencia empleando IS, TE y RI; y c) Cálculo del VAR a partir de la matriz de varianza – covarianza de los rendimientos de los activos, empleando un CL del 95%. Éstas tres metodologías se amplían en detalle en el Anexo V.

La segunda parte consiste en el análisis de riesgo de mercado de los TES y los Bonos Global, y el análisis de riesgo crediticio de la cartera colocada por los bancos, para lo cual se realizan los cálculos comprendidos en las secciones 3.3 – 3.5. Para ello, se utilizan los *Toolbox IMRM*, elaborado por Dowd (2002), y *EVIM*, diseñado por Gencay, Selçuk y Ulugülyaiğci (2002) del programa *Matlab* 6.0. Las diferentes estimaciones de riesgo se contrastan, y sus resultados se muestran gráficamente mediante las salidas suministradas por *Matlab*.

La tercera y última parte del análisis comprende el análisis de Volatilidad mediante el empleo de un Modelo Garch para analizar la volatilidad de los TES y Bonos Global, para lo cual se empleó el programa *RATS 5.0*.

6. ESTIMACIONES Y RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE FRONTERAS EFICIENTES

Con las tasas de retorno netas semanales de la Cartera, los TES y los Global, se corrieron cuatro fronteras eficientes, en las cuales se determinó la participación de cada activo, el retorno y riesgo asociado así como un análisis de sensibilidad frente a variaciones en la composición del portafolio que resultan de las fronteras construidas, con relación al *Benchmark*. El cálculo de las tasas netas considera la participación de cada uno de los tipos de cartera en el balance de los bancos, mientras, en el caso de los TES, la participación promedio que en el mercado han tenido según el plazo de colocación acorde a las subastas realizadas por la Dirección de Crédito Público del Ministerio de Hacienda entre 1996 y 2003¹³. El análisis supone que los bancos desarrollan una gestión activa de portafolios bajo una estrategia de rendimiento total, sin tener en cuenta solamente el portafolio *Benchmark*, procurando el mayor nivel de eficiencia (Martinez – Abascal, E. y Guash, J., 2002).

En el cuadro 1, se resumen los portafolios *Benchmark* construidos, sus componentes, el retorno y riesgo asociado a cada uno, y su IS, tomando como tasa libre de riesgo, la tasa efectiva anual de las letras del Tesoro Americano emitidas a un año. El *Benchmark*, se obtiene a partir del promedio de participación de los activos en las fronteras eficientes construidas, cuyas gráficas se encuentran en el Anexo V. Los resultados obtenidos permiten concluir que los rendimientos del *Benchmark* se sitúan sensiblemente por encima de la tasa libre de riesgo, y que con posterioridad a 1998, los portafolios son menos rentables y menos riesgosos, excepto en el portafolio donde se consideran Bonos Global, lo cual muestra la sensibilidad del comportamiento del *Benchmark* debida a la volatilidad del tipo de cambio, dado el bajo nivel que en el período analizado ha caracterizado a las tasas de interés externas.

¹³ Dado que la información sobre Colocación de Cartera de los Bancos, desagregada en Consumo, Comercial e Hipotecaria, aparece en los Informes Financieros semanales de la Superintendencia Bancaria, fuente oficial para el suministro de datos del sector financiero, desde la primera semana de octubre de 1996, los ejercicios realizados de frontera eficiente entre Cartera y TES parten de tal fecha, no obstante que la información disponible y desagregada para TES según plazo de colocación está desde Febrero de 1996, dado que en años anteriores la colocación en el mercado primario fue reducida y con lapsos considerables entre las colocaciones efectuadas. Así mismo, se utilizaron los Global 2007 para las estimaciones en razón a que su mayor bursatilidad, permite un ejercicio estadístico más riguroso acorde con la periodicidad con los demás datos de TES y Cartera.

Cuadro 1. Portafolios *Benchmark* Construidos

Período	Num.	Activos	Portafolio <i>Benchmark</i> (Composición)	Retorno	Riesgo	Retorno Tasa Libre de Riesgo	Riesgo Tasa Libre de Riesgo	IS
1996 – 1998	1	Cartera TES (CP, MP)	Cartera: 58.9% TES: 41.1%	15.49%	2.58%	5.42%	0.4%	4.2105
1999 – 2003	2	Cartera TES (CP, MP)	Cartera: 75.24% TES: 24.76%	9.61%	1.45%	3.85%	1.81%	3.9762
1999 - 2003	3	Cartera TES (CP, MP,) Global (MP)	Cartera : 48.47% TES: 8.76% Global: 42.77%	14.67%	5.17%	3.85%	1.81%	2.0924
2000 – 2003	4	Cartera TES (CP, MP, LP) Global (MP)	Cartera: 71.53% TES: 28.47%	9.26%	1.27%	3.42%	1.87%	4.5860

El comportamiento descriptivo de las series para el *Benchmark* 1 (Cuadro 2) señala que la rentabilidad de la Cartera se situó por encima de la rentabilidad de TES en 9.4% aproximadamente, con un nivel de riesgo superior en 84 puntos básicos; en síntesis, colocar mas cartera, significaba mayor rentabilidad, mayor riesgo. Por tanto, la relación retorno – riesgo de la cartera se sitúa por encima de la frontera eficiente. Lo particular es que de acuerdo a la matriz de varianzas – covarianzas (Cuadro 3) no se encuentra una correlación negativa entre Cartera y TES; su correlación positiva, dado que covarían positivamente, induce a un mayor riesgo del portafolio (Grinblatt y Titman, 2003).

**Cuadro 2.
Estadísticas Descriptivas
Portafolio *Benchmark* 1.**

Estadístico	Retorno Cartera	Retorno TES
Promedio	19.33%	9.99%
Desviación	4.58%	3.74%

**Cuadro 3.
Matriz de Varianza – Covarianza
Portafolio *Benchmark* 1**

	Cartera	TES
Cartera	0.000927	0.000285
TES	0.000285	0.000424

El análisis de sensibilidad para el *Benchmark* 1 (Cuadro 4) señala que la cartera es el activo de mayor participación, en procura de la maximización del rendimiento. Además, al calcular el IS tomando como rendimiento mínimo el obtenido por el *Benchmark*, se encuentra que la recompensa por alejarse de éste en función de la rentabilidad del portafolio en el sector bancario, es mayor en la medida que se aumenta la inversión en cartera y se reduce la inversión en TES. Además, según el TE, se indica un bajo nivel de riesgo incremental por alejamiento del *Benchmark*, lo cual sustenta la concentración en cartera en los activos bancarios durante la década de los noventa hasta 1998.

Cuadro 4. Análisis de Sensibilidad del Portafolio *Benchmark 1*.

Participaciones		Indicadores		IS <i>Benchmark</i>	IS Tasa Libre Riesgo	TE	RI	VAR por cada \$100 en Portafolio
Cartera	TES	Retorno	Riesgo					
17.80%	82.20%	11.65%	2.00%	-1.92	3.12	0.08	-0.48	0.4566
26.93%	73.07%	12.50%	2.01%	-1.49	3.52	0.06	1.60	0.4641
36.06%	63.94%	13.36%	2.06%	-1.03	3.86	0.04	3.02	0.4864
45.20%	54.80%	14.21%	2.14%	-0.60	4.11	0.03	5.36	0.5236
54.33%	45.67%	15.06%	2.24%	-0.19	4.30	0.01	17.04	0.5757
63.47%	36.53%	15.92%	2.37%	0.18	4.43	0.01	18.00	0.6427
72.60%	27.40%	16.77%	2.52%	0.51	4.50	0.03	6.33	0.7245
81.73%	18.27%	17.62%	2.68%	0.79	4.55	0.04	3.99	0.8211
90.87%	9.13%	18.48%	2.86%	1.05	4.57	0.06	2.99	0.9328
100.00%	0.00%	19.33%	3.04%	1.26	4.58	0.08	2.43	1.0592

De acuerdo al RI, se obtiene un mayor retorno incremental por alejamiento del *Benchmark*, teniendo en cuenta el riesgo asociado a ello, en portafolios cuya participación de la cartera no excede el 72.6%, lo que evidencia que en procura de una mayor rentabilidad de las inversiones, es deseable una participación en TES superior al 30%, situación que no se daba en la medida que en los noventa, los TES no excedían del 10% de los activos bancarios. El VAR calculado, indica un mayor valor esperado de la pérdida mínima que se obtendría con el 95% de confianza, en la medida que se incrementa la participación de la cartera, lo cual dado el bajo nivel de provisión de la cartera por parte de los Bancos antes de la Crisis Financiera de 1998 – 1999, sustenta la crisis de liquidez que éstos afrontaron al final de los noventa y el cambio de su política de inversiones en procura de estimular las inversiones en TES.

**Cuadro 5.
Estadísticas Descriptivas
Portafolio *Benchmark 2*.**

Estadístico	Retorno Cartera	Retorno TES
Promedio	10.74%	6.17%
Desviación	2.06%	2.09%

**Cuadro 6.
Matriz de Varianza – Covarianza
Portafolio *Benchmark 2***

	Retorno Cartera	Retorno TES
Cartera	0.000422	-0.000204
TES	-0.000204	0.000434

Para el caso del *Benchmark 2*, se encuentra una variación en la relación estadística entre sus componentes. Aunque Cartera y TES, como consecuencia del menor nivel de las tasas de interés con posterioridad a 1998 en la economía nacional, disminuyen su rentabilidad, es más pronunciada tal disminución en la cartera (Cuadro 5), como consecuencia del mayor nivel de provisión, no obstante que los niveles de desviación para ambos activos son similares.

Lo más relevante es la covariación negativa entre los activos del portafolio (Cuadro 6), lo cual evidencia un aumento de las inversiones en TES a partir de la menor colocación de cartera. Éste aspecto induce al menor riesgo del portafolio *Benchmark 2* con relación al uno.

Cuadro 7. Análisis de Sensibilidad del Portafolio *Benchmark 2*.

Participaciones		Indicadores		IS <i>Benchmark</i>	IS Tasa Libre Riesgo	TE	RI	VAR por cada \$100 en Portafolio
Cartera	TES	Retorno	Riesgo					
50.47%	49.53%	8.48%	1.06%	-1.07	4.37	0.06	-0.1850	0.1279
55.98%	44.02%	8.73%	1.08%	-0.81	4.52	0.05	-0.1853	0.1322
61.48%	38.52%	8.98%	1.13%	-0.56	4.54	0.03	-0.1856	0.1453
66.98%	33.02%	9.23%	1.21%	-0.31	4.45	0.02	-0.1863	0.1672
72.49%	27.51%	9.48%	1.32%	-0.10	4.27	0.01	-0.1906	0.1979
77.99%	22.01%	9.73%	1.44%	0.08	4.09	0.01	0.1784	0.2373
83.49%	16.51%	9.99%	1.58%	0.24	3.89	0.02	0.1874	0.2744
88.99%	11.01%	10.24%	1.73%	0.36	3.70	0.03	0.1862	0.3422
94.50%	5.50%	10.49%	1.89%	0.47	3.51	0.05	0.1856	0.4080
100.00%	0.00%	10.74%	2.05%	0.55	3.36	0.06	0.1854	0.4824

El análisis de sensibilidad del *Benchmark 2* (Cuadro 7) señala que si bien mayores niveles de cartera inducen un mayor nivel de rentabilidad, como en el caso del *Benchmark 1*, el VAR se reduce como consecuencia de la menor desviación en los retornos, no obstante, seguir estando correlacionado positivamente con la participación de la cartera. Según el TE, el riesgo incremental por alejarse del *Benchmark* sigue siendo bajo y relativamente similar para diferentes composiciones del portafolio, con la particularidad que el IS y la RI evidencian retornos incrementales por alejarse del *Benchmark*, para participaciones de la cartera superiores al 78%, con la restricción que implica el estar ello asociado a un mayor VAR.

En el caso del *Benchmark 3*, el comportamiento descriptivo de sus series (Cuadro 8) señala un mayor rendimiento de los Global, inversión en moneda extranjera, asociada fundamentalmente al mayor nivel de devaluación del peso frente al dólar (17.25% de promedio entre 1999 y 2003). Según se desprende de la matriz de varianza – covarianza (Cuadro 9), la cartera covaría negativamente con la inversión en TES y en Global, mientras que éstos dos, covarían positivamente, lo que señala que no solo en TES recae el *crowding out* que resulta por el desplazamiento de recursos anteriormente destinados para cartera, hacia inversiones en renta fija.

Cuadro 8.
Estadísticas Descriptivas
Portafolio *Benchmark 3*.

Estadístico	Retorno Cartera	Retorno Global	Retorno TES
Promedio	10.74%	6.17%	20.85%
Desviación	2.06%	2.09%	11.43%

Cuadro 9.
Matriz de Varianza – Covarianza
Portafolio *Benchmark 3*

	Cartera	Global	TES
Cartera	0.000422	-0.000204	-0.000343
Global	-0.000204	0.000434	0.001055
TES	-0.000343	0.001055	0.013003

Cuadro 10. Análisis de Sensibilidad del Portafolio *Benchmark 3*.

Participaciones			Indicadores		IS Benchmark	IS Tasa Libre Riesgo	TE	RI	VAR por cada \$100 en Portafolio
Cartera	TES	Global	Retorno	Riesgo					
0.00%	0.00%	100.00%	20.85%	11.40%	1.83	1.83	0.46	0.45	65.18
13.60%	0.00%	86.40%	19.48%	9.82%	1.98	1.98	0.35	0.56	60.46
27.20%	0.00%	72.80%	18.10%	8.24%	2.20	2.20	0.24	0.76	55.34
40.80%	0.00%	59.20%	16.73%	6.68%	2.50	2.50	0.13	1.32	49.69
50.47%	49.53%	0.00%	8.48%	1.06%	8.00	8.00	0.32	0.27	10.68
54.39%	0.00%	45.61%	15.35%	5.16%	2.97	2.97	0.02	6.67	43.32
67.24%	28.61%	4.15%	9.85%	1.33%	7.41	7.41	0.30	0.33	14.13
67.99%	0.00%	32.01%	13.98%	3.71%	3.77	3.77	0.10	1.39	35.83
81.40%	9.50%	9.10%	11.23%	1.81%	6.20	6.20	0.28	0.41	18.11
81.59%	0.00%	18.41%	12.60%	2.49%	5.06	5.06	0.21	0.60	26.28

El análisis de sensibilidad del *Benchmark 3*, de manera similar a los otros dos, indica un mayor nivel de VAR, en la medida que se incrementa la participación en Bonos Global, el cual sin embargo, se sitúa por encima de los VAR calculados para las fronteras eficientes correspondientes a los *Benchmark* anteriores (Cuadro 10). A pesar, que tanto IS como RI muestran retornos incrementales para cualquier composición del portafolio por alejarse del *Benchmark*, el TE se sitúa en niveles superiores al 10%, es decir que un nivel superior a la desviación estándar del portafolio.

Teniendo en cuenta que el portafolio eficiente más cercano al caso colombiano, es el que invierte en cartera un 67.24%, y en Global sólo un 4.15%, por la restricción en posición propia que por ley tienen las entidades financieras, es evidente que la composición actual de los activos bancarios dentro de los escenarios posibles, reduce el nivel mínimo de pérdidas esperadas, no obstante que la inversión en moneda extranjera así sea que genere mayor rentabilidad, induce un mayor nivel de riesgo en el portafolio.

Cuadro 11.
Estadísticas Descriptivas
Portafolio *Benchmark 4*.

Estadístico	Retorno Cartera	Retorno TES
Promedio	10.21%	6.86%
Desviación	1.79%	1.49%

Cuadro 12.
Matriz de Varianza – Covarianza
Portafolio *Benchmark 4*

	Retorno Cartera	Retorno TES
Cartera	0.000317	-0.000081
TES	-0.000081	0.000220

Para el último portafolio de referencia considerado, *Benchmark 4*, sobresale el hecho que la cartera y los TES pese a mantener las diferencias en rentabilidad y riesgo, a favor de la cartera covarían negativamente en mayor medida con relación al *Benchmark 2*, es decir que se ha venido fortaleciendo la relación de sustitución entre Cartera y TES, es decir, que el cambio de estrategia en las inversiones de los Bancos no obedece a razones simplemente asociadas con el ciclo económico (Cuadros 11 y 12).

Cuadro 13. Análisis de Sensibilidad del Portafolio *Benchmark 4*.

Participaciones		Indicadores		IS Benchmark	IS Tasa Libre Riesgo	TE	RI	VAR por cada \$100 en Portafolio
Cartera	TES	Retorno	Riesgo					
43.07%	56.93%	8.30%	0.95%	-1.01	5.14	0.0522	-0.1833	0.1032
49.39%	50.61%	8.51%	0.96%	-0.78	5.30	0.0290	-0.2575	0.1064
55.72%	44.28%	8.73%	1.01%	-0.52	5.26	0.0174	-0.3024	0.1453
62.04%	37.96%	8.94%	1.07%	-0.30	5.16	0.0116	-0.2732	0.1320
68.37%	31.63%	9.15%	1.16%	-0.09	4.94	0.0058	-0.1827	0.1544
74.70%	25.30%	9.36%	1.27%	0.08	4.68	0.0174	0.0598	0.1832
81.02%	18.98%	9.57%	1.38%	0.23	4.46	0.0290	0.1083	0.2184
87.35%	12.65%	9.79%	1.51%	0.35	4.22	0.0339	0.1576	0.2600
93.67%	6.33%	10.00%	1.64%	0.45	4.01	0.0406	0.1834	0.3080
100.00%	0.00%	10.21%	1.78%	0.54	3.82	0.0522	0.1829	0.3624

El IS y el TE indican un mayor retorno incremental por alejarse del *Benchmark*, en portafolios con participaciones en cartera superiores o iguales al 68.37%; el riesgo incremental asociado a distanciarse del *Benchmark*, es mayor es particularmente mayor en portafolios con inversiones en cartera cuya participación sea superior al 81.02%, siendo bajo en portafolios con mayor concentración en TES. Igualmente el VAR, se reduce con relación al *Benchmark 2*, con la particularidad que en el portafolio de TES se incluyen los TES de largo plazo, que acorde a los resultados, no afectan sensiblemente los indicadores de eficiencia y riesgo de los portafolios eficientes considerados (Cuadro 13).

La reflexión que obligan los resultados obtenidos se encamina a justificar la conducta de los Bancos, que siguen teniendo unos activos concentrados en cartera, pero cada vez en menor medida, una decisión de inversión que permite obtener un mayor retorno (la cartera al corte del 30 de Junio de 2003 representa el 62.86% del total de las inversiones de los bancos), un nivel de riesgo tolerable, y un VAR que es bajo excepto cuando se aumenta la inversión en moneda extranjera. Al respecto Grinblatt y Titman (2003) señalan que aspectos como el que se suceden en el caso de las inversiones en el sector bancario, evidencian que los inversores no consideran su portafolio en forma aislada como lo sugiere la Teoría de Markowitz, sino que tienen en cuenta el desempeño de la economía, y en el caso colombiano es claro que los inversionistas han preferido ser cautelosos y optar por un portafolio que rente menos pero que sea menos riesgoso, según se deduce del Análisis VAR., y la interpretación de IS, TE y RI. .

6.2 ANÁLISIS DE RIESGO DE MERCADO DE LOS TES Y BONOS GLOBAL

Los TES de CP en el período 1995 – 1998 con una confianza del 95% (uno de cada veinte días), presentan una pérdida esperada superior a 6.06%, por cada 100 puntos básicos que aumente la tasa de mercado de éstos títulos (Cuadro 14). En síntesis, por cada \$100 invertidos en TES de CP, se esperaría perder \$ 7.09 y si pérdida esperada excediera el VAR, ésta sería de \$10.09. Estos resultados son similares para métodos no paramétricos. Si se asume EVT, la pérdida aumenta significativamente; bajo la Distribución de Frechet, la pérdida al 98% (una de cada 50 días) es de 14.0542¹⁴, casi dos veces la experimentada bajo distribución normal.

Con relación a los TES de MP, entre 1995 y 1998, los resultados obtenidos (Cuadro 15) evidencian que su nivel de riesgo es inferior al de los TES de CP. Con un 95%, asumiendo distribución normal, la pérdida mínima esperada con un 95% de confianza se sitúa en 4.68; mientras, al 98%, ésta pérdida se encuentra en 5.85, siendo sensible el incremento en el nivel de VAR y ETL, asumiendo EVT. La pérdida potencial al 98% equivale a 12.98, casi dos veces el valor de dicha pérdida bajo distribución normal.

¹⁴ Para la Distribución de Frechet se encontró un Estimador de Hill de 0.1 para los TES de MP, y de 0.15 para los TES de CP.

Con relación a los TES de CP para el período 1999 – 2003 (Cuadro 16), se presenta una disminución de las pérdidas esperadas con relación al período 1995 – 1998. Sin embargo, la diferencia porcentual entre el VAR por distribución normal y por EVT es significativa. Siguiendo una distribución de Frechet¹⁵, para un CL del 95% (uno de cada 20 días), se pasó de una pérdida mínima de 10.37 por cada 100 invertidos, a una de 1.8478; para un CL del 98%, (uno de cada 50 días) la pérdida mínima esperada pasó de 14.0542 a 2.59. Se destaca, el hecho que las mediciones no paramétricas están más cercanas de la estimación por EVT que asumiendo el supuesto de normalidad en la serie de los rendimientos en dicho activo.

Respecto a los TES de MP (Cuadro 17), éstos también reducen su nivel de pérdidas esperadas, con relación al periodo 1995 – 1998. Al igual que acontece con los TES de CP, el supuesto de normalidad subestima el nivel de pérdidas potenciales, al contrastar el VAR y el ETL calculados bajo dicho supuesto con los obtenidos bajo EVT. Esta subestimación aumenta sensiblemente para un CL de 98%, bajo el cual, la pérdida potencial es 7.46%.

Los resultados de las estimaciones de los TES de largo plazo (Cuadro 18), muestran que de las tres clases de TES, es el que experimenta pérdidas esperadas más bajas. Nuevamente, los métodos no paramétricos y el supuesto de normalidad en los rendimientos subestiman el nivel potencial de las pérdidas con relación a EVT para los CL calculados. Se da entonces una consistencia con los resultados obtenidos al calcular las fronteras eficientes donde los TES de LP presentan mayor participación, lo que se asocia a un menor riesgo de obtención de pérdidas.

Así mismo, el menor nivel promedio VAR para 1999 – 2003, para los TES de largo plazo, indica que en éstos, las entidades bancarias concentraron sus esfuerzos por obtener utilidades, pero despreciaron la evidencia empírica antes comentada, según la cual, existe semejanza en la pérdida relativa con los demás TES, y que por tanto, una mayor aversión a papeles de largo plazo, se transmite al comportamiento del precio de los papeles de menor plazo. Por último, se analizan en éste aparte los Bonos Global, como proxy de inversión en moneda extranjera.

¹⁵ Se encontró un Estimador de Hill equivalente a 0.1, 0.23 y 0.21 para los TES de CP, MP y LP respectivamente.

Cuadro 14.
Estimación VAR – ETL TES CP
1995 – 1998.

Método	VAR 95%	VAR 98%	ETL 95%	ETL 98%
HS	6.06	8.93	8.53	10.37
Bootstrapped	6.10	8.51	8.56	10.42
Normal	6.26	7.81	7.84	9.21
Gumbel	7.10	9.86	10.10	12.83
Fréchet	10.38	14.05	15.28	20.93

Cuadro 15.
Estimación VAR – ETL TES MP
1995 – 1998.

Método	VAR 95%	VAR 98%	ETL 95%	ETL 98%
HS	4.54	6.87	6.54	8.12
Bootstrapped	5.16	7.53	7.24	8.78
Normal	4.69	5.85	5.88	6.90
Gumbel	5.32	7.39	7.57	9.62
Fréchet	7.94	10.45	9.76	12.98

Cuadro 16.
Estimación VAR – ETL TES CP
1999 – 2003.

Método	VAR 95%	VAR 98%	ETL 95%	ETL 98%
HS	1.09	1.84	1.78	2.30
Bootstrapped	1.10	1.76	1.76	2.33
Normal	1.17	1.46	1.46	1.72
Gumbel	1.32	1.84	1.88	2.39
Fréchet	1.85	2.59	3.47	4.93

Cuadro 17.
Estimación VAR – ETL TES MP
1999 – 2003.

Método	VAR 95%	VAR 98%	ETL 95%	ETL 98%
HS	0.91	1.63	1.71	2.53
Bootstrapped	0.97	1.61	1.76	2.55
Normal	1.15	1.44	1.44	1.69
Gumbel	1.31	1.81	1.85	2.36
Fréchet	1.49	2.22	4.89	7.46

En general, éstas inversiones de acuerdo a las mediciones de VAR y ETL indican un menor nivel potencial de pérdidas con relación a los TES. Ello esta asociado al buen comportamiento que éstos bonos han tenido en el mercado secundario, en especial durante el último año, en el cual se ha venido reduciendo su spread (*rally*) medido por el Indicador Embi (Gráfica 15).

Cuadro 18.
Estimación VAR – ETL TES LP
2000 – 2003.

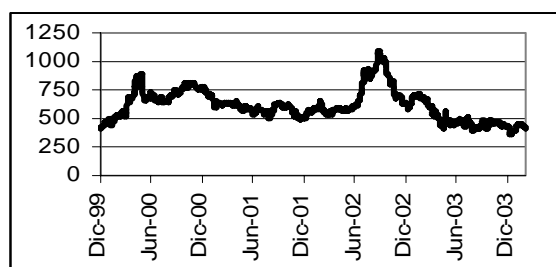
Método	VAR 95%	VAR 98%	ETL 95%	ETL 98%
HS	0.55	0.92	1.02	1.52
Bootstrapped	0.68	1.18	1.21	1.71
Normal	0.79	0.99	0.99	1.16
Gumbel	0.90	1.24	1.27	1.62
Fréchet	1.26	1.75	2.21	3.11

Cuadro 19.
Estimación VAR – ETL Global 2004
1999 – 2003.

Método	VAR 95%	VAR 98%	ETL 95%	ETL 98%
HS	1.08	1.55	1.57	1.96
Bootstrapped	0.82	1.20	1.35	1.85
Normal	1.07	1.32	1.33	1.55
Gumbel	1.20	1.65	1.69	2.13
Fréchet	1.57	2.19	2.90	4.05

Los bonos Global de CP son los que experimentan el mayor nivel potencial de pérdidas (Cuadro 19). Dado que en el mercado externo los títulos más transados son los de mayor plazo, la misma dinámica del mercado puede forzar este comportamiento en el riesgo por parte de los Global de CP. Sin embargo, asumiendo EVT, el nivel de pérdidas se aumenta con relación a los demás métodos. Mientras, con un CL del 95% (1 de cada 20 días) se presenta una pérdida mínima de 1.07 por cada \$100 invertidos bajo HS, bajo EVT, asumiendo distribución Gumbel, dicha pérdida sería de 1.207.

**Gráfica 15. Indicador Embi Diario de los Bonos Global de Colombia
1999:12 – 2003:12**



Fuente: Bloomberg.

Bajo la distribución de Fréchet, la pérdida se aumenta a 1.56. La pérdida mínima esperada de la cartera es 1.65 por cada \$100 invertidos de acuerdo al VAR y un ETL de 1.55, pero con distribución Fréchet, la pérdida esperada es 2.19, y la pérdida potencial, acorde al ETL, es de 4.0488. Por tanto, con normalidad se subestimaría el nivel de pérdidas en más de un 50%. En el caso de los bonos Global con vencimiento en 2007 (Cuadro 20) presentan bajos niveles de VAR, constituyéndose en la inversión más segura de los tres bonos Global considerados.

No obstante, bajo EVT Fréchet ¹⁶, se encuentra un ETL equivalente a 3.4 veces el valor del VAR, para los niveles de CL considerados. Su comportamiento es semejante con el de los TES de CP, excepto que bajo EVT, el nivel de pérdidas de los Global aumenta considerablemente; en síntesis, si se invierte en bonos Global de MP, se incurre en menores pérdidas mínimas, pero ellas de darse harían incurrir al inversionista en pérdidas potenciales de mayor cuantía con relación a la inversión en TES de MP.

¹⁶ Se encontró un Coeficiente de Hill para los Global con vencimiento en 2004, 2007 y 2011, de 0.21, 0.35 y 0.21 respectivamente.

Cuadro 20.
Estimación VAR – ETL Global 2007
1999 – 2003.

Método	VAR 95%	VAR 98%	ETL 95%	ETL 98%
HS	0.56	0.88	0.89	1.19
Bootstrapped	0.47	0.70	0.81	1.15
Normal	0.63	0.78	0.78	0.91
Gumbel	0.71	0.97	0.99	1.25
Fréchet	0.74	1.12	2.56	3.90

Cuadro 21.
Estimación VAR – ETL Global 2011
2001 – 2003.

Método	VAR 95%	VAR 98%	ETL 95%	ETL 98%
HS	1.02	1.32	1.41	1.81
Bootstrapped	0.99	1.45	1.50	1.97
Normal	1.08	1.34	1.34	1.56
Gumbel	1.22	1.67	1.71	2.16
Fréchet	1.59	2.23	2.93	4.10

Los Bonos Global 2011, presentan aumentos en sus niveles de VAR y ETL (Cuadro 21), lo cual es de esperarse, pues el riesgo está directamente asociado al plazo de colocación; además hasta Noviembre de 2002 con la colocación de Global a 30 años, éstos bonos eran la referencia de los Global emitidos, al ser los de mayor plazo al vencimiento.. Así mismo, se presenta una cercanía de las estimaciones de VAR y ETL bajo métodos paramétricos, con relación a las obtenidas bajo el supuesto de normalidad.

Por último, se encuentra respecto de los demás Global, una mayor diferencia entre los resultados de VAR y ETL para los rendimientos bajo el supuesto de normalidad, y los obtenidos bajo EVT. El contraste entre los TES y los Global, muestra que su nivel de riesgo es similar bajo el supuesto de normalidad en los rendimientos, además que el ETL en unidades VAR es similar, lo cual infiere una correlación en el rendimiento entre éstos activos. Sin embargo, cuando se abandona el supuesto de normalidad y se asume el enfoque EVT, tanto con distribución Gumbel como Fréchet, el VAR y el ETL son mayores en los TES, es decir que bajo valores extremos de los rendimientos, éstos títulos representan un mayor riesgo que los bonos Global.

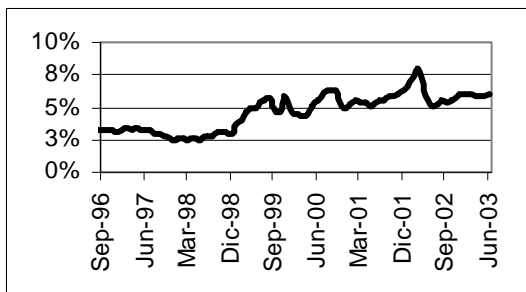
6.3 ANÁLISIS DE RIESGO CREDITICIO DE LA CARTERA DEL SECTOR BANCARIO

El comportamiento de la Cartera desde 1996 ha venido mostrando cambios en su composición así como en la pérdida de incumplimiento relacionada con cada tipo de cartera: comercial, consumo e hipotecaria (Gráficas 16 – 18).

La probabilidad de no pago ha venido en aumento, tanto a nivel general, como particular, dentro de la composición de la cartera colocada. Asumiendo una distribución normal con un CL del 95% y 98%, bajo el enfoque de concentración de cartera y suficiencia de capital, se encuentra que el período más crítico se sitúa entre Septiembre de 1998 y Septiembre de 2000, cuando el VAR de la Cartera se situó entre el 12.85% y el 20.75% del monto expuesto a riesgo crediticio (Gráficas 19 y 20). No obstante, la Cartera de acuerdo al índice HH que ha disminuido alrededor del 15% desde 1996 se ha venido diversificando (Gráficas 21). Por tanto, la diversificación de la cartera, no contribuye al mayor riesgo crediticio de la cartera.

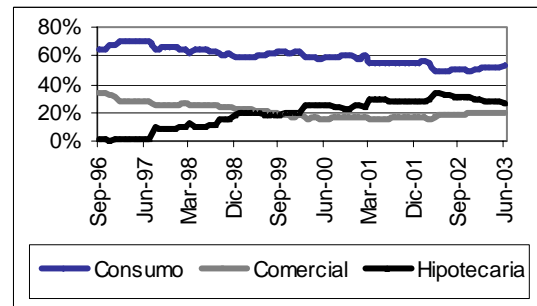
Mientras en 1998, por cada 100 pesos colocados de cartera garantizada se tendría una pérdida esperada mínima (considerando un CL del 95 %y 98%) entre \$10 y \$ 14, a Junio de 2003, el monto de la pérdida se sitúa entre \$14 y \$18, lo cual induce un mayor nivel de provisiones, disminuyendo la liquidez de la entidad bancaria.

Gráfica 16. Probabilidad de Incumplimiento General Cartera Colocada Sector Bancario 1996:09 – 2003:12



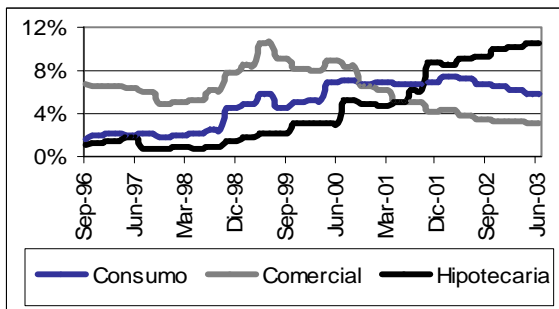
Fuente: Cálculos del Autor.

Gráfica 17. Monto Expuesto a Riesgo Crediticio según Tipo de Cartera 1996:09 – 2003:12



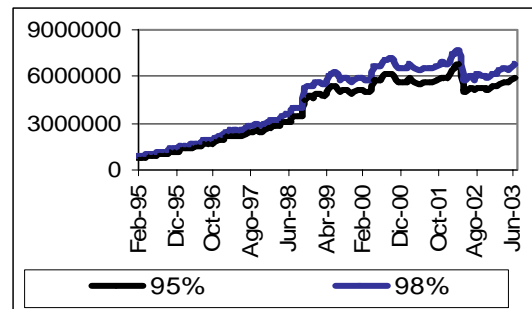
Fuente: Cálculos del Autor.

Gráfica 18. Probabilidad de Incumplimiento Cartera Desagregada en el Sector Bancario 1996:09 – 2003:12



Fuente: Cálculos del Autor.

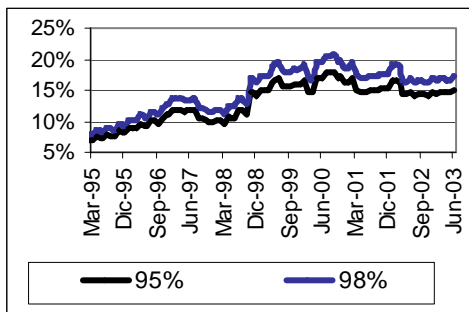
Gráfica 19. VAR de la Cartera de Acuerdo a Concentración y Suficiencia de Capital (Millones de Pesos).



Fuente: Cálculos del Autor.

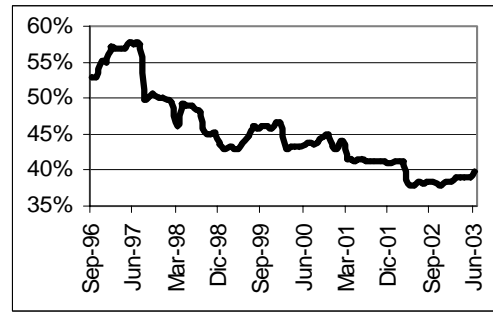
El segundo enfoque asume que dado el riesgo de crédito inherente a la colocación de la cartera, el VAR refiere a las variaciones en la probabilidad de incumplimiento considerando el nivel de provisión y la cartera garantizada.

**Gráfica 20. VAR Como % de la Cartera Bancaria
1996:09 – 2003:06**



Fuente: Cálculos del Autor.

**Gráfica 21. Índice de Concentración HH de la Cartera
Bancaria 1996:09 – 2003:06.**



Fuente: Cálculos del Autor.

**Cuadro 22.
Estimación VAR – ETL
Cartera 1995 – 1998.**

Método	VAR 95%	VAR 98%	ETL 95%	ETL 98%
HS	1.21	3.64	5.88	12.87
Bootstrapped	14.04	22.48	22.50	34.71
Normal	8.32	11.36	11.41	14.07
Gumbel	9.96	15.35	15.79	21.13

**Cuadro 23
Estimación VAR – ETL
Cartera 1999 – 2003.**

Método	VAR 95%	VAR 98%	ETL 95%	ETL 98%
HS	8.25	13.17	13.49	14.25
Bootstrapped	9.99	15.09	15.37	17.11
Normal	8.92	11.31	11.36	13.45
Gumbel	10.21	14.46	14.81	19.02

En el caso del período 1995:01 – 1998:12 la cartera presentó de acuerdo a las estimaciones no paramétricas, un VAR mensual potencial de 34.71%, es decir, el ETL, si la variación en la pérdida esperada superaba el VAR, calculado en 22.48%, para un CL del 95% (Cuadro 22). Esto supone una alta volatilidad en la pérdida esperada de la cartera y un mayor riesgo asociado a su colocación en el mercado. El enfoque bajo distribución normal, induce a una disminución en el VAR a 8.32%. Por Distribución Gumbel, el VAR se sitúa en niveles mayores, siendo potencialmente de 19.02%, al 98% de CL. El contraste entre 1995:01 – 1998:12 y 1999:01 – 2003:06 indica que en éste último al 95% de CL, se percibe un mayor nivel de riesgo en la Cartera (Cuadro 23). Sin embargo el ETL en unidades VAR se reduce (se espera una menor pérdida dado que se superara el nivel dado por el VAR).

Finalmente, se concluye que bajo EVT, los niveles de VAR y ETL son levemente menores frente al período anterior, sin embargo se mantienen altos, y por encima de los obtenidos bajo distribución Normal.

9.4 ANÁLISIS GARCH DE LOS TES

Con base en modelos Garch (1,1) se determina el VAR dinámico para TES y Global. El análisis también se desagrega en dos períodos: 1995 – 1998 y 1999 – 2003. La persistencia para los modelos obtenidos se muestra en los cuadros 24 y 25. Por su parte, los TES de MP, presentaron una mayor volatilidad, en especial al comienzo y al final del período.

Cuadro 24.
Persistencia Modelos Garch (1, 1)
TES CP, MP y LP

Serie	Período	Persistencia	Reversión a la Media
TES CP	1995 - 1998	0.9169	Si
TES MP	1995 - 1998	0.9901	Si
TES CP	1999 - 2003	0.7098	Si
TES MP	1999 - 2003	1.1049	No
TES LP	2000 - 2003	1.1077	No

Cuadro 25
Persistencia Modelos Garch (1, 1)
Global CP, MP y LP

Serie	Período	Persistencia	Reversión a la Media
Global CP	1999 - 2003	1.0008	No
Global MP	1999 - 2003	0.9868	Si
Global LP	2001 - 2003	0.9806	Si

La persistencia del modelo, 0.9904, muestra que en éste proceso también existe reversión a la media. Para el período 1999:03 – 2003: 06, los TES de CP se caracterizan por presentar en sus rendimientos diarios, una mayor volatilidad durante la primera mitad del período analizado lo cual se asocia a la drástica reducción sensible que experimentaron las tasas de interés; posteriormente, la estabilidad de las tasas de interés de corto plazo, a partir de 2002, condujo a una reducción en su volatilidad, siendo su persistencia, la más baja con relación a los demás plazos de los TES, para el segundo período de análisis: 0.7098. En los TES de mediano plazo, se presenta un proceso de no-reversión a la media, dado que la suma de los componentes Garch y Arch, es mayor a uno. La mayor volatilidad se presenta al comienzo del período, sin embargo hacia la mitad del año 2000 hasta promediar 2002, el rendimiento de éstos activos se mantuvo estable.

Sin embargo, la volatilidad se incrementa en el último año en particular, debido a la mayor colocación hecha en títulos de mediano plazo por parte del Gobierno, en razón de la mayor demanda por ésta clase de títulos, consecuencia de la crisis de los TES de Julio – Agosto de 2002 que desestímulo las altas posiciones en títulos de largo plazo.

Con relación a los TES de LP, cabe indicar que no se presenta convergencia a la media, lo que evidencia la fuerte volatilidad de éstos títulos, lo cual contrasta con el análisis del VAR Estático. Resultan ser los TES de LP, un activo más riesgoso, en especial para la segunda mitad del período analizado, donde absorbe la crisis del mercado de deuda pública.. Con posterioridad a éste suceso, los TES LP, han mantenido una volatilidad mayor a la que se presentaba con anterioridad a la crisis, reflejo de una mayor aversión al riesgo por invertir a mayor plazo en el mercado secundario de la deuda pública. Respecto a los Global, se evidencian diferencias entre las emisiones consideradas, aunque en los tres casos, se encuentra una persistencia muy fuerte y cercana a uno, evidencia de correlación entre sus rendimientos.

En síntesis, los modelos Garch, muestran que las inversiones en TES y Global presentan un riesgo asociado a su nivel de volatilidad significativo, y que por tanto, las posiciones en éstos activos son sensibles de sufrir pérdidas por disminuciones en el precio, consecuencia del aumento en su TIR

10. CONCLUSIONES

El trabajo expuesto tenía por objeto el análisis exhaustivo de las decisiones de inversión de los bancos nacionales, con base en la Teoría de Portafolios. Partiendo de la hipótesis nula de considerar óptima la política de inversiones de los Bancos en Colombia consistente en desplazar sus inversiones de Cartera a TES a lo largo del período analizado, se evidencia que si es óptima la estrategia de los bancos con relación a sus inversiones, dado que reduce el VAR de sus inversiones. Sin embargo, portafolios concentrados en cartera son más rentables que aquellos en TES, bajo la imposición de límites en la participación de ambos activos, en procura de reducir el riesgo y la pérdida esperada debida a la volatilidad de los rendimientos.

El análisis del VAR de la cartera de acuerdo a la concentración y suficiencia de capital, pone en evidencia un crecimiento en la pérdida esperada por colocación de cartera, independientemente de su nivel de diversificación., hecho que se sustenta con mediciones de VAR y ETL, separando el análisis en dos períodos, antes y después de 1998, las cuáles indican un nivel de riesgo alto para la cartera, sin evidenciarse un cambio en la tendencia creciente de dicho nivel. Con relación a los TES y bonos Global, su nivel de riesgo ha disminuido entre 1999 y 2003 con relación al comportamiento que venían presentando entre 1995 y 1998, aunque bajo EVT, presentan niveles potenciales de pérdida considerables, menores a los de la cartera, pero en períodos más cortos.

Por su parte, el empleo de modelos Garch evidencia una mayor volatilidad en los TES de mediano y largo plazo a partir de 2002, como consecuencia de la crisis del mercado de deuda pública, que aun mantienen, evidenciándose el mayor riesgo de mercado por aumentar la participación de los TES y disminuir la participación de la cartera en los activos de las entidades bancarias, lo cual permite concluir que las decisiones de inversión en los bancos que no pasan por un análisis formal, en el que se puede estar sobreestimando el riesgo crediticio de la cartera y subestimado el riesgo de mercado de los TES.

Finalmente, el esfuerzo hecho en la investigación, ha procurado una visión macro de las decisiones de las inversiones en el sector bancario, pero dada la necesidad de ampliar una literatura bastante pobre para Colombia en cuanto refiere al abordaje de análisis de inversiones y estudios de riesgo de crédito y mercado, se requieren de estudios que contrasten las decisiones de inversión entre los Bancos, así como trabajos que exploren la relación entre las políticas del Emisor y el comportamiento de los precios de mercado de los TES y Global.

11. BIBLIOGRAFÍA

Arbeláez, María, Zuluaga, Sandra y Guerra, María (2002). *El Mercado de Capitales Colombiano en los Noventa*. Bogotá: Alfaomega – Fedesarrollo.

Arias, Andrés, Carrasquilla, Alberto y Galindo, Arturo (2002). *Efectos en Bienestar de la Represión Financiera*. Universidad de los Andes, Documento CEDE 02.

Balzarotti, Verónica (1998). *Descalce de Tasa: Riesgo y Capitales Mínimos*. Documento de Trabajo del Banco Central de la República de Argentina, 117.

Banco de la República (2004). *Tasas de Colocación: Tasa efectiva anual y monto en millones de pesos*. Disponible por web en: http://www.banrep.gov.co/economia/tasas_colo4.htm.

Beninga, Simón. *Financial Modeling* (2001). The MIT Press: Cambridge.

Bergara, Mario y Licandro, José (2001). *Regulación Prudencial y Ciclos de Crédito: Un Enfoque Microeconómico*. Documentos de Trabajo del Banco Central del Uruguay.

Bodie, Zvi y Merton, Robert (1999). *Finanzas*. México D. F.: Prentice Hall.

Bolsa de Valores de Colombia – Bolsa de Bogotá (1995 – 2003). *Boletín Diario*.

Cadena, Héctor (2002). *Crisis Financieras en Colombia: ¿Qué se ha hecho?*. En: Crisis Financieras y Respuestas de Política (Compilador). Bogotá: Alfaomega – Fedesarrollo.

Cárdenas, Patricia, Zapata, Alexander, y Guzmán, Carlos (2002). *La Evolución del Crédito en Colombia: Comportamiento e Interpretación*. Apuntes de Banca y Finanzas No. 1, Bogotá..

Clavijo, Sergio (2002). *Deuda Pública Cierta y Contingente: El caso de Colombia*. Borrador de Economía del Banco de la República No. 205.

Clavijo, Sergio (1998). *Termitas en la Estructura del Gasto Público y la Sostenibilidad Fiscal en Colombia: 1990 – 2002* .

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2001). *Crecer con Estabilidad*. México D. F.: Alfaomega.

Consejo Superior de Política Fiscal, CONFIS (2002). *La deuda pública colombiana: Definiciones, Estadísticas y Sostenibilidad*. Documento Asesores 2.

Correa, Patricia (2001). El papel de la Superintendencia Bancaria frente a la Banca Pública: ¿Cuál es su responsabilidad?. En: Contraloría General de la República. *Memorias de la segunda jornada académica “Política de salvamento de la banca pública”* (pp. 15 – 20). Bogotá: Imprenta Nacional.

Danielson, J. y De Vries, C. G. (1997). *Tail Index Estimation with very high frequency data*. Journal of Empirical Finance 4, pags. 241 – 257.

De Lara Haro, Alfonso (2001). *Medición y Control de Riesgos Financieros*. México D. F.: Limusa.

Dowd, Kevin (2002). *An Introduction to Market Risk Measurement*. Chichester : John Wiley & Sons.

Elizondo, Alan (2003). *Medición Integral del Riesgo Crediticio*. México D. F: Limusa.

Elton, Edwin y Gruber, Martín (1995). *Modern Portfolio Theory and Investment Análisis*. New York: John Wiley & Sons.

Embrechts, Paul, Klüppelber, C. y Mikosch T. (1999). *Modelling Extreme Events for Insurance and Finance*. Berlín: Springer – Verlag.

Enders, Walter (1995). *Applied Econometric Time Series*. New York: John Wiley & Sons.

Escudé, Guillermo (1999). *El Indicador de Riesgo Crediticio de Argentina, dentro de un enfoque de carteras de la exigencia de capital por riesgo crediticio*. Documentos de trabajo del Banco Central de la República Argentina, 8.

Fernández, Viviana (2002). *Extreme Value Theory: Value at Risk and Returns Dependence Around the World*. Working Paper.

Freixas, Xavier y Rochet, Jean Charles (1997). *Economía Bancaria*. Barcelona: Antoni Bosch.

Grinblatt, Mark y Titman, Sherindan (2003). *Mercados Financieros y Estrategia Empresarial*. Madrid: Mc Graw Hill.

Hart, O. y Jaffee, D. (1974). “*On the application of portfolio theory of depository financial intermediaries*”, Review of Economic Studies, 41 (1), pags. 129 – 47

Johnson, Christian (2000). *Métodos de Evaluación de Riesgo para Portafolios de Inversión*. Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile , 67.

- Jorion, Philippe (1997). *Valor en Riesgo*. México D. F.: Limusa.
- Laporta, Sofia y Valdés Maria (2002). *Estandarización e Implementación de las Medidas de Riesgo para los Fondos de Pensión*. Montevideo: Departamento de Estudios de República AFAP S. A.
- Levich, Richard (2001). *International Financial Markets*. Boston: Mc Graw Hill.
- McNeil, Alexander (1998). *Calculating Quantile Risk Measures For Financial Return Series Using Extreme Value Theory*. Mimeo. ETHZ Zentrum, Zurich.
- Madura, Jeff (2001). *Financial Markets and Institutions*. México D. F.: Thomson Learning.
- Marín, José y Rubio, Gonzalo (2001). *Economía Financiera*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Markowitz, Harry (1952). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. New York : John Wiley & Sons.
- Martínez Abascal, Eduardo y Guasch Ruiz, Jordi (2002). *Gestión de Carteras de Renta Fija*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Merton, Robert (1973). *Theory of Rational Option Pricing*. Bell Journal of Economics and Management Science, 4: 141 – 183.
- Saunders, Anthony y Allen Linda (2002). *Measurement: New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms*. New York: John Wiley; 319 p.
- Sharpe, W. F (1964). *Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk*. Journal of Finance, 19 (9), pags. 425 – 442.
- Superintendencia Bancaria de Colombia (2004). *Histórico Circulares Externas 1998 – 2004*. Disponible por web en: <http://www.superbancaria.gov.co/normas/boletines/circulares.htm>
- Superintendencia Bancaria de Colombia (1995 – 2002). *Informe Financiero Semanal*.
- Vallejo, Hernán (2003). *Bases para la Elaboración de un Artículo Publicable como Tesis en Economía*. Bogotá: Universidad de los Andes. Documento CEDE 16.

Anexo 1. Descripción de la Base de Datos del Autor.

Para la realización de éste trabajo, se utilizó la información proveniente de dos fuentes de información básicamente:

a) Superintendencia Bancaria, a través de su publicación, Informe Financiero Semanal, desde Enero de 1995 hasta Abril de 2002, fecha hasta la cual circuló. Posteriormente, se utilizó la versión magnética del reporte mensual de colocación de cartera, que ha venido publicando la Superintendencia. Ésta información se complementó con las bases de datos sobre operaciones activas de crédito, GAP de liquidez y estadísticas de posición propia, disponibles en la página web <http://www.superbancaria.gov.co/> Con base en la información obtenida se construyeron las series mensuales de Cartera y Provisión de Cartera (desagregadas en comercial, consumo e hipotecaria), y Cartera Garantizada, y tasas de captación (desagregada en depósitos de ahorro, cuentas corrientes y CDT's). De ésta manera, se obtuvo de acuerdo a la fórmula (35), la serie de rendimientos de cartera., empleada en la construcción de portafolios eficientes.

b) Base de datos de las operaciones hechas en el Mercado Secundario a través del Sistema Electrónico de Negociaciones (SEN), que maneja el Banco de la República, disponible en <http://www.banrep.gov.co/> , con base en los cuales se construyó las series de tasas de rendimiento y precios de los TES a partir de Marzo de 1999, de acuerdo al procedimiento descrito en el numeral 8. Así mismo, se empleo la base de datos histórica de las tasas activa y pasiva desagregada por tipo de crédito y pasivo bancario respectivamente.

c) Base de datos disponible en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), con base en la información histórica de la Bolsa de Bogotá, integrada a la BVC desde Julio de 2001, para el período comprendido entre 1995 y 1998, con base en la cual se construyó para dicho período, las series diarias de precios y tasas de los TES, siguiendo la metodología descrita en el numeral 8.

e) Series de precios y tasas, diarios, de los Bonos Global emitidos en: 1997 con vencimiento en 2007 (Global MP); 1999, con vencimiento en 2004 (Global CP) y 2001, con vencimiento en 2011 (Global LP) por el Gobierno Nacional, disponibles en el sistema de información Bloomberg.

El valor agregado a juicio del Autor, es el hecho que se crea una serie de precios y tasas para los TES de acuerdo al plazo, que no existía antes para Colombia, la cual está disponible por parte del Autor, en medio magnético, y puede ser de provecho para trabajos que requieran información del comportamiento del Mercado de Deuda Pública.

Anexo II. Construcción de las series de rendimientos de los TES y la Cartera.

Las series de tasas y precio promedio de los TES, r_t y P_t respectivamente, se obtuvieron ponderando la tasa diaria de cierre del SEN r_j , y el precio diario del TES analizado, p_j , por la participación según el valor transado en la semana del TES para el plazo correspondiente, respecto al valor total transado en la semana en TES en el SEN (VT) :

$$r_t = \frac{\sum_{j=1}^k r_j w_j}{VT} \quad (31) \quad P_t = \frac{\sum_{j=1}^k p_j w_j}{VT} \quad (32)$$

Con relación a la cartera, se construyó un indicador de rentabilidad (*IRC*), el cual la desagrega de acuerdo al tipo de cartera (Consumo, Hipotecaria y Comercial), la clase de depósitos que remuneran los Bancos (Cuentas de Ahorro, CDT's y Cuentas Corrientes), su respectiva tasa de interés, y los indicadores de calidad y cubrimiento de cartera, de acuerdo a la fórmula:

$$IRC = \frac{C_{CONS}}{C} r_{cons} + \frac{C_h}{C} r_{hip} + \frac{C_{COM}}{C} r_{com} - \frac{D_A}{D} i_{aho} - \frac{D_{CDT}}{D} i_{cdt} - \frac{D_{CC}}{D} i_{cc} - \frac{CV}{C} \frac{PROV}{CV} \quad (33)$$

donde: C_{CONS} , Cartera de consumo; C_h , Cartera hipotecaria; C_{COM} , Cartera comercial; C , Cartera Bruta; D_A , depósitos en cuentas de ahorro; D_{CDT} , Depósitos en CDT's; D_{CC} , Depósitos en cuenta corriente, CV , nivel de cartera vencida (Indicador de Calidad); $PROV$, nivel de provisiones sobre la cartera vencida (Indicador de Cubrimiento); r_{cons} , tasa promedio de mercado del crédito de consumo; r_{com} , tasa promedio de mercado del crédito comercial; r_{hip} , tasa promedio de mercado del crédito hipotecario; i_{aho} , tasa promedio de remuneración de los ahorros; i_{cdt} , tasa promedio de remuneración de CDT's (la cual se asume equivalente a la DTF); i_{cc} , tasa de remuneración de las cuentas corrientes que se asume cero; y D , total de los depósitos bancarios.

Con relación a los TES y los Bonos Global, se asume la misma tasa pasiva de la Cartera, procurando homogeneizar los costos de fondeo de los activos que componen el portafolio. Así, el indicador de rentabilidad de TES (*IRTES*) está dado por la expresión:

$$IRTES = \frac{\sum_{j=1}^k r_j w_j}{VT} - \frac{D_A}{D} i_{aho} - \frac{D_{CDT}}{D} i_{cdt} - \frac{D_{CC}}{D} i_{cc} - \frac{CV}{C} \frac{PROV}{CV} \quad (34)$$

Anexo III. Comprensión de los Gráficos de Medición de Riesgo de la Cartera, TES y Bonos Global.

Las estimaciones por Bootstrapped, Simulación histórica (HS), y siguiendo Distribución Normal, Gumbel y Frechet, se hicieron para los TES de CP, MP y LP, y la Cartera, para dos períodos: 1995 – 1998 y 1999 – 2003, considerando dos niveles de confianza: 95% y 98%. Sin embargo, por restricciones de espacio y extensión del documento, se anexan las gráficas de las salidas para las mediciones de riesgo, aunque se resumen en cuadros, en el cuerpo del informe, los resultados obtenidos para ambos niveles de confianza.

Las distribuciones empíricas de probabilidad (Anexo VI), muestran a partir de la discontinuidad de la curva obtenida, la presencia de valores extremos, que se subestimarían si se asumiera normalidad en la distribución de las pérdidas, lo cual se evidencia para las cinco series de TES las tres series de Global, y las dos series de cartera..

Las mediciones de VAR y ETL por simulación histórica y Bootstrapped se muestran en los Anexos VII y VIII.. Su ventaja radica en que para su obtención, no se emplean distribuciones de probabilidad, lo cual, sin embargo, constituye su principal limitante, pues son medidas sensibles al tamaño de los datos y la presencia de valores extremos aislados del vector de pérdidas. En las mediciones de VAR y ETL por distribución Normal (Anexo IX) se considera como eje X, las pérdidas (vector L / P) en porcentaje por cada 100 puntos básicos que variase la tasa de mercado a la cual se negocia el título, cuanto disminuiría el precio de mercado del título, y por ende, ello sería la pérdida para el inversionista.), y en el eje Y, la probabilidad asociada al respecto nivel de pérdidas.

En las distribuciones Gumbel y Fréchet (Anexos X y XI), la forma de la gráfica evidencia la asimetría y la presencia de colas gruesas o fat tails, aunque la interpretación gráfica de VAR y ETL es similar. Es de anotar que la distribución Fréchet necesita de un parámetro de escala, denominado Estimador de Hill, el cual varía de acuerdo al tamaño de la muestra y la serie estadística de pérdidas considerada, el cual se grafica para las 8 series de Tes y Global, en el anexo XII. Los anexos XIII y XIV se refieren a las estimaciones de VAR y ETL por los métodos paramétricos y no – paramétricos descritos anteriormente, excepción del de Fréchet, por contar con datos insuficientes.

Por último, los anexos XV y XVI, refieren a las salidas en el paquete *RATS*, de los Modelos Garch estimados, que fueron ocho en total, cinco para los TES (CP y MP en los períodos 1995:01 – 1998:12 y 1999:03 – 2003:06, y LP para el período 2000 – 2003) y tres para los Global (2004, 2007 y 2011). La totalidad de salidas disponibles que en el cuerpo del trabajo se mencionan en los cuadros que las resumen, y gráficas relacionadas, en los paquetes *Matlab* y *Rats*, se encuentran disponibles por parte del autor en medio magnético para quien las requiera con el propósito de mejorar la comprensión del informe.

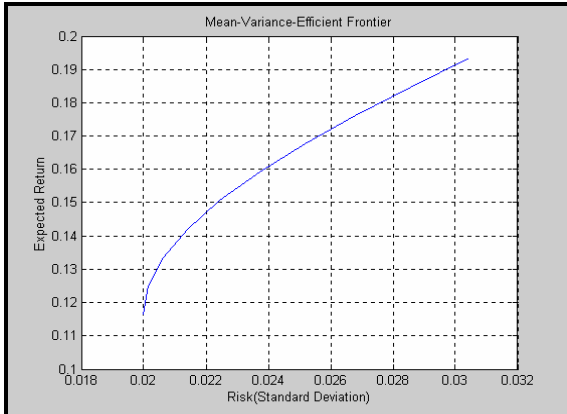
Anexo IV. Estadísticas Descriptivas de las Series de Precios de TES y Global.

Estadística	TES CP 1995 – 1998	TES MP 1995 – 1998	TES CP 1999 – 2003	TES MP 1999 – 2003	TES LP 2000 – 2003	Global 2004	Global 2007	Global 20011
Observaciones	776	542	639	982	658	1106	1114	571
Media	0.00219	0.00778	0.00054	0.00245	0.01101	0.061021	0.033366	0.0568
Desviación	3.80385	2.854401	0.7098	0.698607	0.376035	0.614377	0.3617	0.62356
Varianza	14.469283	8.147606	0.503830	0.488052	0.141403	0.377460	0.130830	0.388830
Asimetría	-0.01715	-0.29592	- 0.14013	-0.27444	-0.43472	-0.18571	-0.44179	-0.59378
Curtosis	1.19205	2.39625	4.55336	11.64110	5.75028	5.28825	9.52323	5.64114
JB	45.98296	137.58422	554.10901	5557.15357	927.27790	1295.11	4245.85	790.66329
Nivel Sign. (JB=0)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

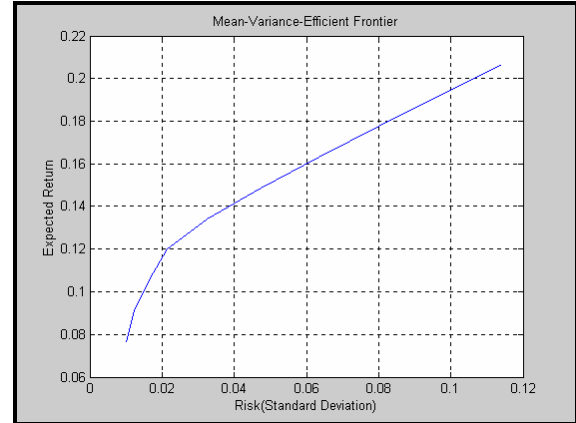
Dado que el p – value del Estadístico Jarque – Bera, es cero, implica que se rechaza la hipótesis nula de normalidad en la distribución de los residuos, y se acepta la alterna de no – normalidad, a un nivel de significancia del 95%, lo que permite inferir la existencia de Efectos Arch, a la vez que sugiere que el vector de pérdidas (L / P) seguiría una distribución de valores extremos (EVT).

Anexo V. Gráficas y Determinación de las Fronteras Eficientes de los Portafolios Construidos.

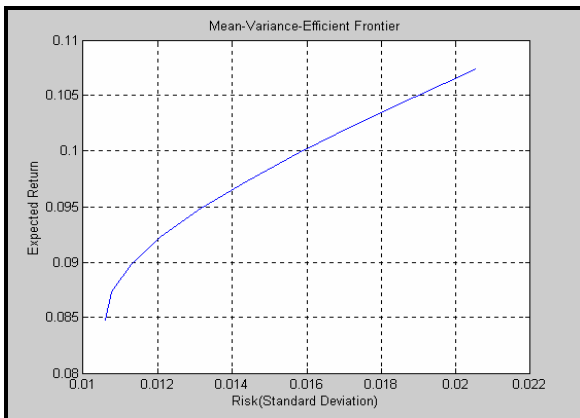
**Portafolio 1: Cartera y TES
1996 – 1998**



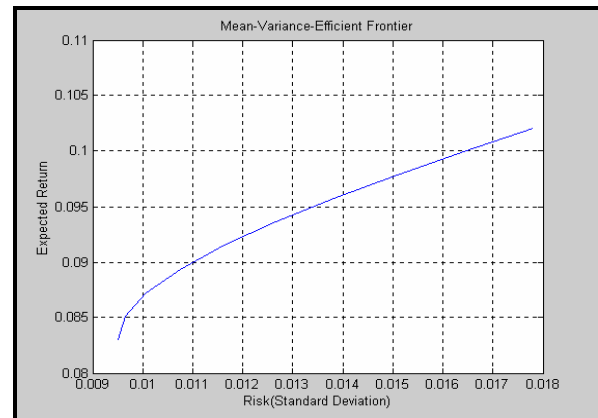
**Portafolio 2: Cartera y TES
1999 – 2003**



**Portafolio 3: Cartera, TES y Global
1999 – 2003**



**Portafolio 4: Cartera y TES
2000 – 2003**



Para la determinación de las fronteras eficientes se partió del análisis de las series de rendimientos efectivos anuales, descontando costos de intermediación, de Cartera y TES , con periodicidad semanal, cuyo comportamiento para el período analizado, 1996 – 2003, se resume en dos series, una para cada activo, con base en la cual se determinan los portafolios óptimos, a partir de los cuáles se determina el *Benchmark*, tomando el promedio de las participaciones de cada activo según los resultados obtenidos en la determinación de las fronteras eficientes.

El análisis se divide en dos períodos: 1996 – 1998, y 1999 – 2003 , en razón de la necesidad de capturar el mayor desarrollo del mercado de la deuda pública, particularmente, desde 1999. Así mismo, se hace un análisis de frontera eficiente para Cartera y TES estrictamente para el período 2000 – 2003, teniendo en cuenta que en el mercado secundario, se empieza a dar una bursatilidad de los TES de largo plazo (por definición del Autor, se consideran de largo plazo aquellos TES con período al vencimiento igual o superior a 1460 días), los cuáles concentran el mercado de la deuda pública, es decir, constituyen los papeles con mayor nivel de liquidez.

En particular, para el caso de la Cartera, ésta se desagrega en cartera de consumo. comercial e hipotecaria, ponderando las tasas vigentes para la semana respectiva, por la participación en el stock de cartera bruta de los bancos, que tienen los tres componentes anteriormente citados, tal cual se anota en el Anexo II. La periodicidad es semanal, en función de la menor frecuencia disponible con la cual puede realizarse, lo cual condiciona la periodicidad de información de los TES, con los cuáles se disponía de una serie diaria, que se hubo de ajustar a la periodicidad semanal requerida.

Para los TES, se procedió a realizar una ponderación con las tasas netas ya calculadas de acuerdo al Anexo II, según el porcentaje de los TES, por plazo, que el Gobierno Nacional Central a través de la Dirección de Crédito Público, haya colocado durante el mes en el mercado primario. De ésta manera, se procuró que en el cálculo de la Tasas de los TES se tuviera en cuenta tanto su bursatilidad en el mercado secundario, sino también su comportamiento en el mercado primario. Por tanto, la tasa *IRTES* modificada, se calculó con base a la fórmula:

$$IRTES^M = \sum_{p=1}^3 \left(\frac{\sum_{j=1}^k r_j w_j}{VT} \right) W_p - \left(\frac{D_A}{D} i_{aho} + \frac{D_{CDT}}{D} i_{cdt} + \frac{D_{CC}}{D} i_{cc} - \frac{CV}{C} \frac{PROV}{CV} \right) \quad (35)$$

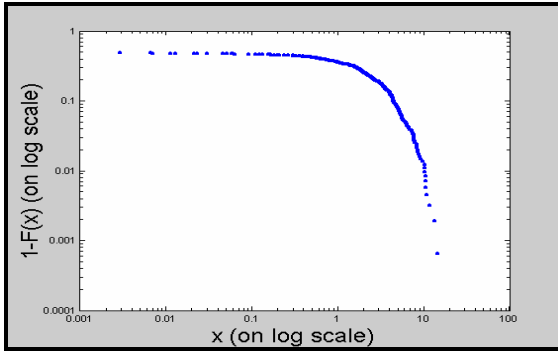
Donde W_p es el porcentaje colocado en el mercado primario de la clase de TES que corresponda, sea de corto, mediano o largo plazo.

Las fronteras obtenidas muestran que la de mayor inclinación corresponde a la hecha para el período 1996 – 1998, lo cual se explica en la mayor volatilidad de los rendimientos para éste periodo, consecuencia a su vez del alto nivel que caracterizaron las tasas de interés en la economía colombiana. Las fronteras eficientes hechas para los períodos 1999 – 2003 y 2000 – 2003 para portafolios conformados por Cartera y TES son más convexas, en la medida que se reduce el retorno y su nivel de riesgo asociado. Las estadísticas señaladas en los cuadros 1 al 13, indican que la Cartera se sitúa por encima de la frontera eficiente, mientras los TES se sitúan por debajo de la misma; lo anterior implica que el mayor retorno del portafolio, está básicamente asociado al aumento en las participaciones de la cartera, mientras la reducción en el nivel de riesgo se asocia a una mayor inversión en TES.

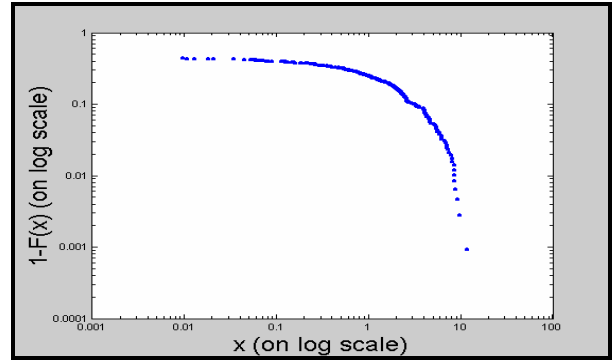
La gráfica con mayor inclinación corresponde al portafolio que considera Bonos Global, como proxy de inversión en moneda extranjera, junto a Cartera y TES. Este comportamiento responde a la mayor volatilidad experimentada por el tipo de cambio en especial durante el período 1999 – 2000, lo cual hace que los mayores retornos de Global se reflejen en un desplazamiento hacia arriba con relación al portafolio compuesto solamente de Cartera y TES, con lo cual se obtienen retornos mayores pero asociados a sensibles aumentos en el nivel de riesgo, para el portafolio de Global, Cartera y TES.

Anexo VI. Distribuciones Empíricas de Probabilidad de Cartera, TES y Bonos Global.

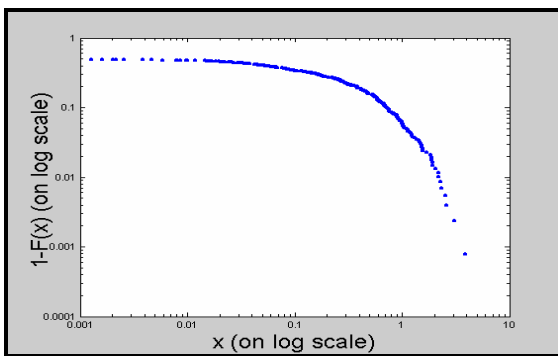
TES CP 1995 – 1998.



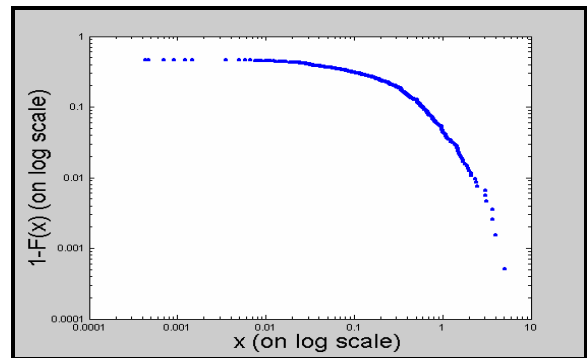
TES MP 1995 – 1998



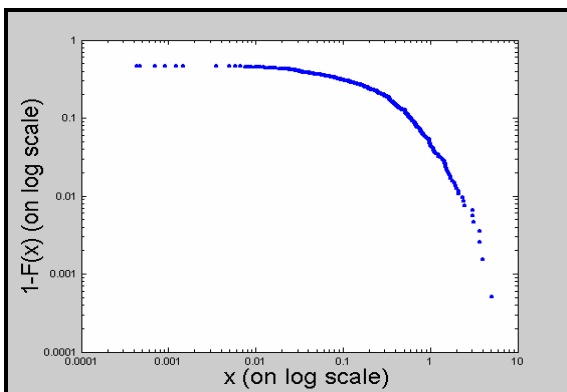
TES CP 1999 – 2003



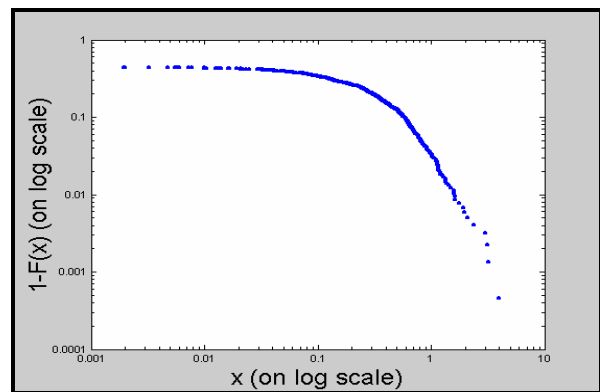
TES MP 1999 – 2003



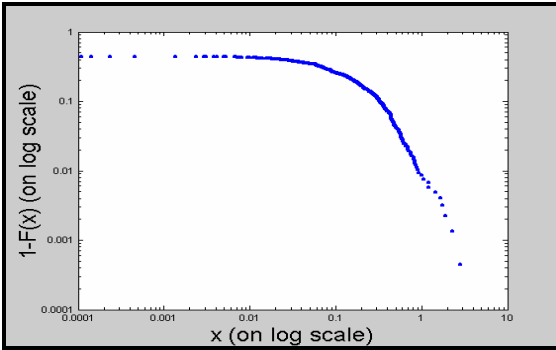
TES LP 2000 – 2003.



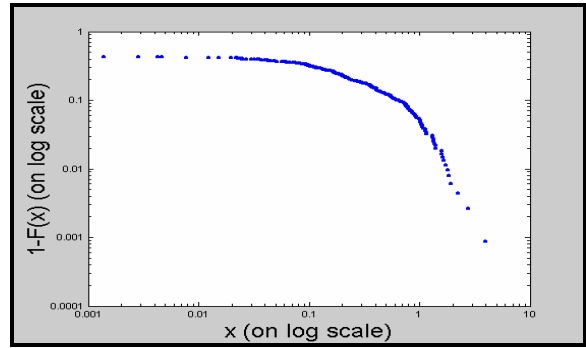
Global CP 1999 – 2003.



Global MP 1999 – 2003

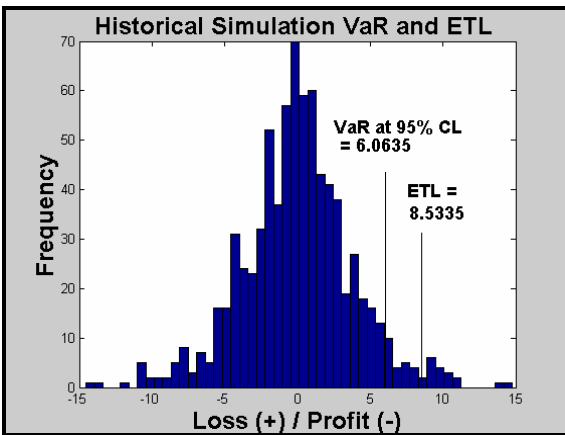


Global LP 2001 – 2003.

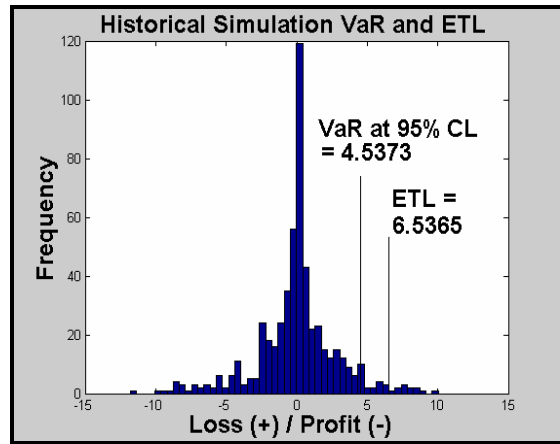


Anexo VII. Gráficas VAR y ETL por Simulación Histórica (HS) con CL del 95%.

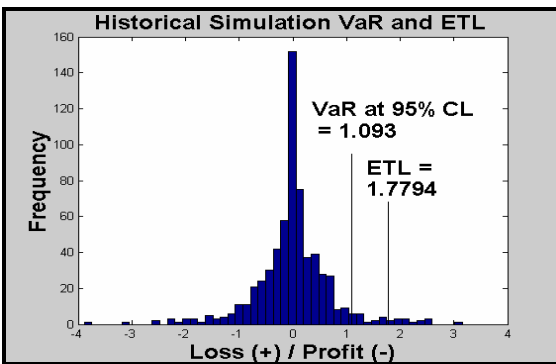
TES CP 1995 – 1998.



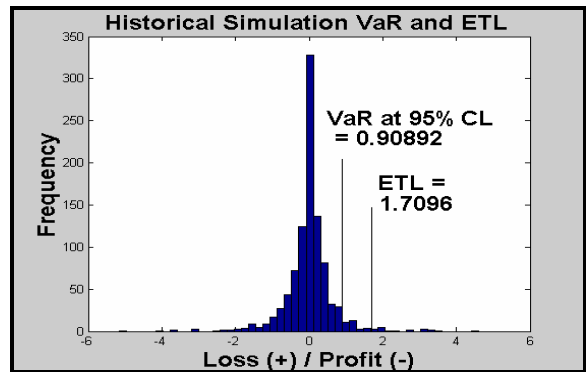
TES MP 1995 – 1998



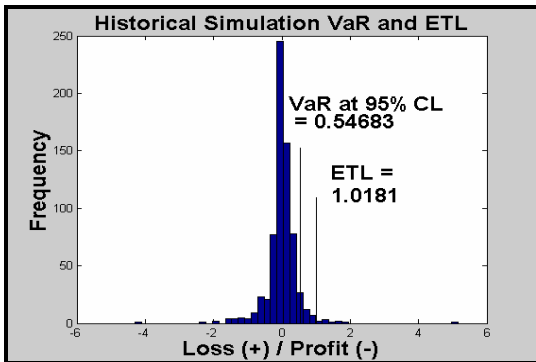
TES CP 1999 – 2003.



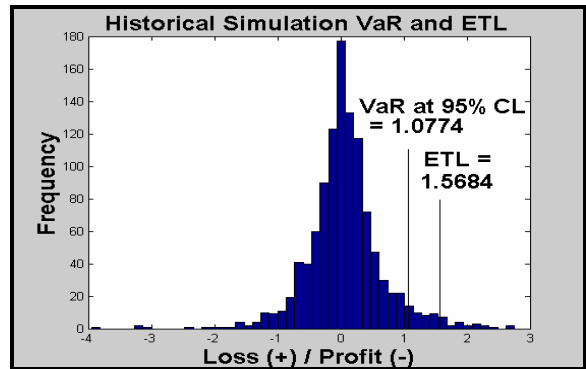
TES MP 1999 – 2003.



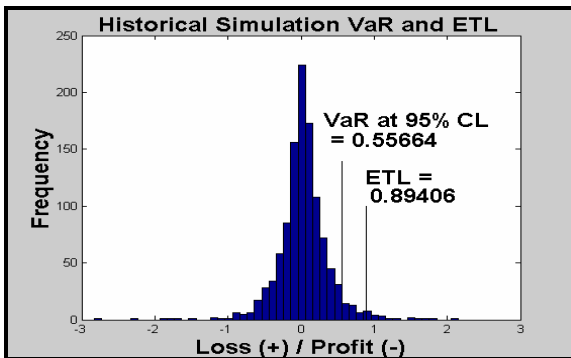
TES LP 2000 – 2003.



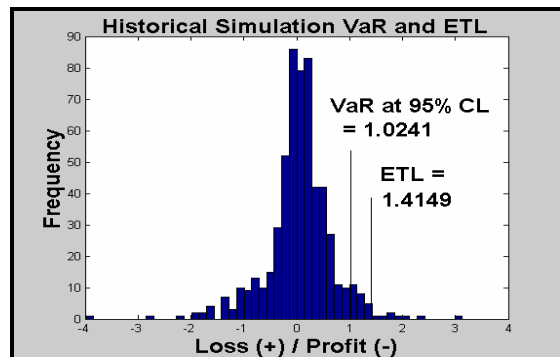
Bonos Global CP 1999 – 2003



HS Bonos Global MP 1999 – 2003

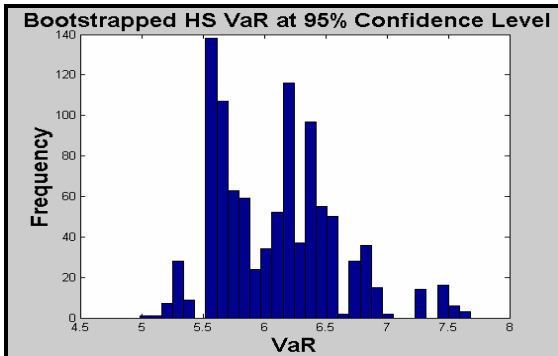


HS Bonos Global LP 2001 – 2003

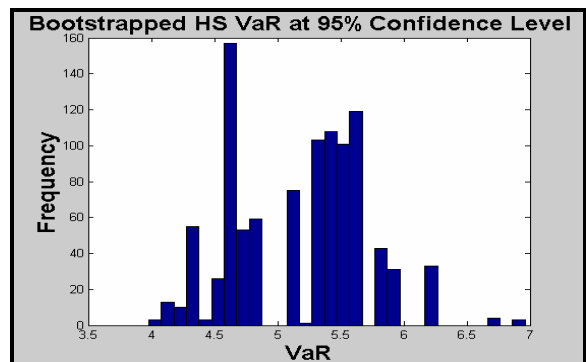


Anexo VIII. Gráficas VAR y ETL por Boostrapped HS con CL del 95%.

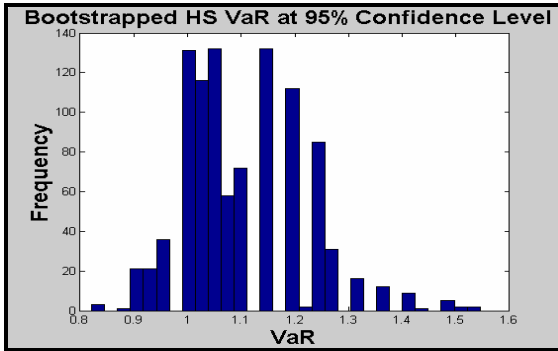
TES CP 1995 – 1998.



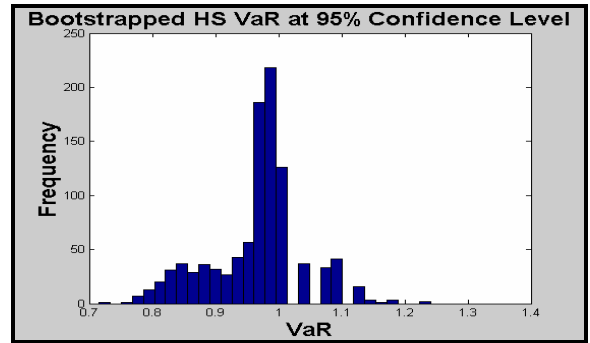
TES MP 1995 – 1998



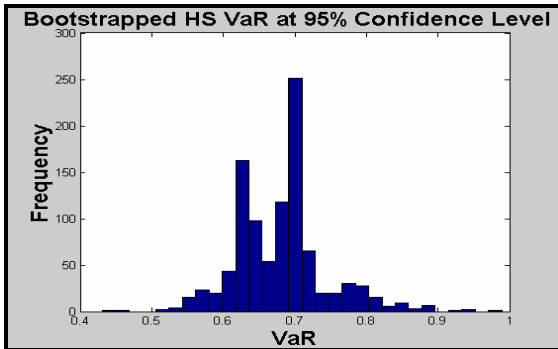
TES CP 1999 – 2003.



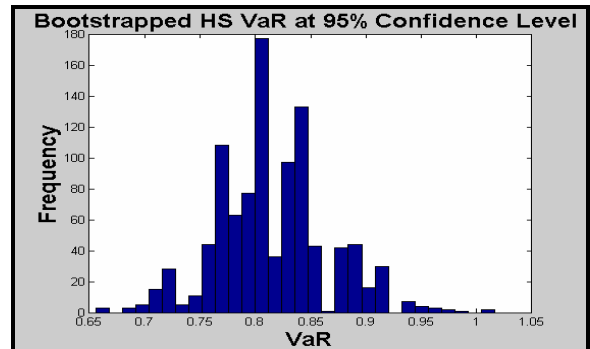
TES MP 1999 – 2003.



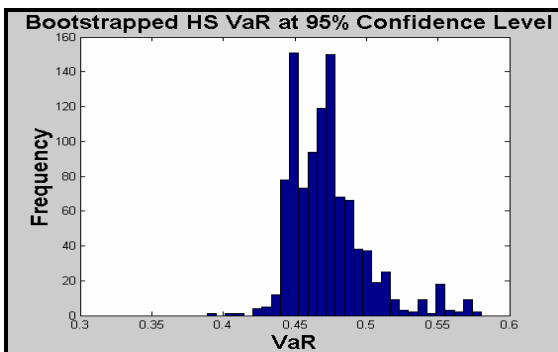
TES LP 2000 – 2003.



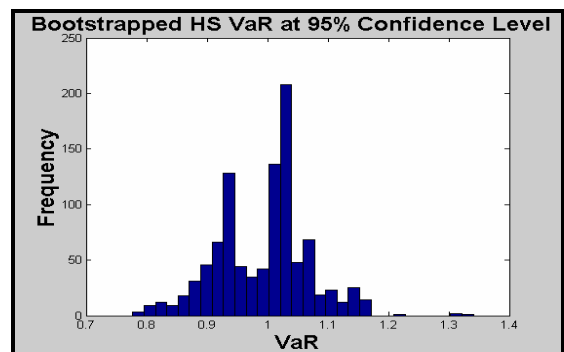
Global CP 2001 – 2003.



Global MP 2001 – 2003.

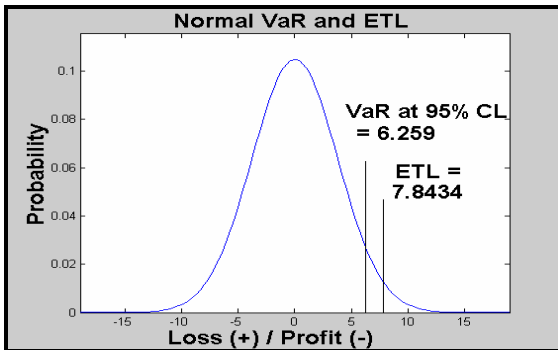


Global LP 2001 – 2003.

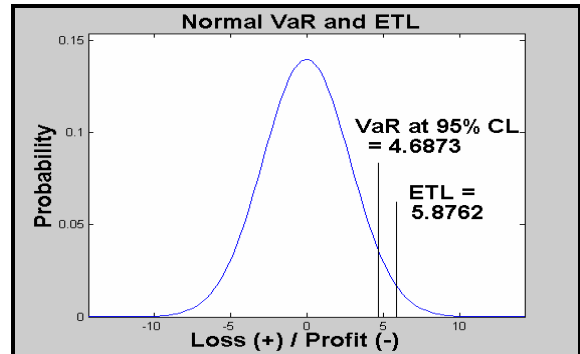


Anexo IX. Gráficas VAR y ETL bajo Distribución Normal con CL del 95%.

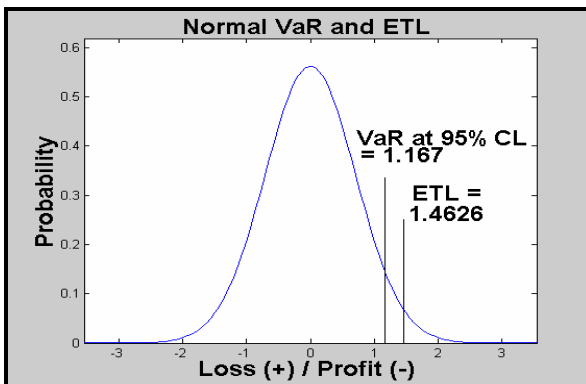
TES CP 1995 – 1998.



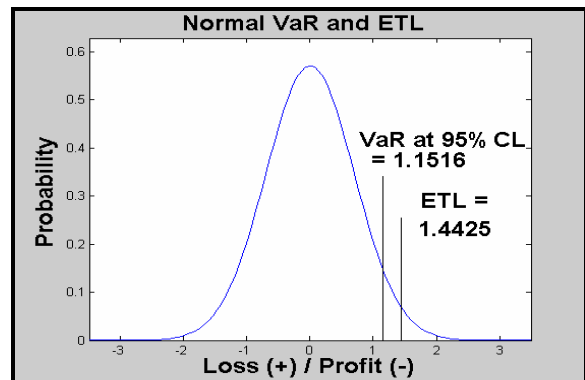
TES MP 1995 – 1998.



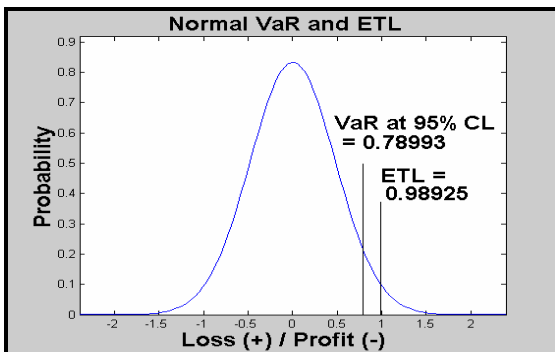
TES CP 1999 – 2003



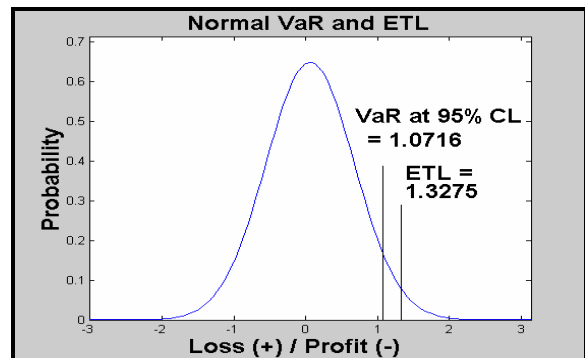
TES MP 1999 – 2003



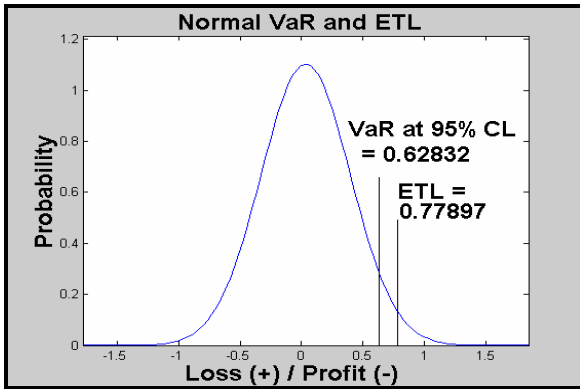
TES LP 2000 – 2003.



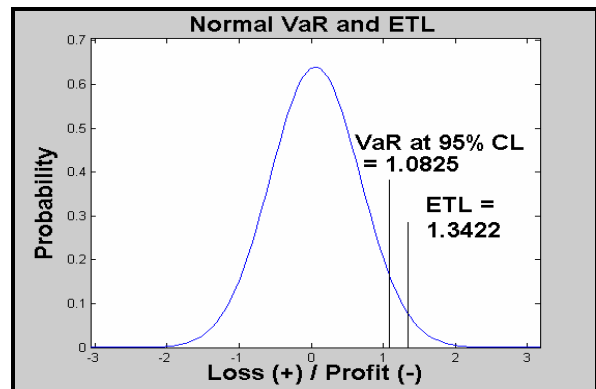
Global CP 2001 – 2003.



Global MP 2001 – 2003.

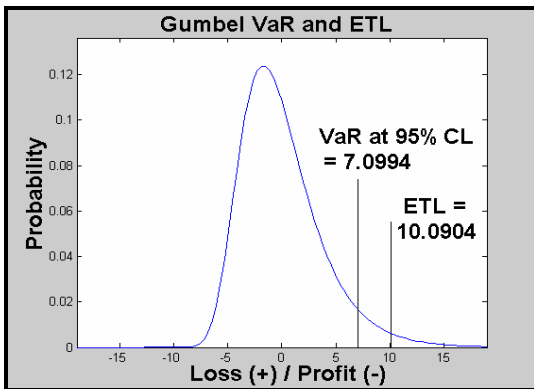


Global LP 2001 – 2003

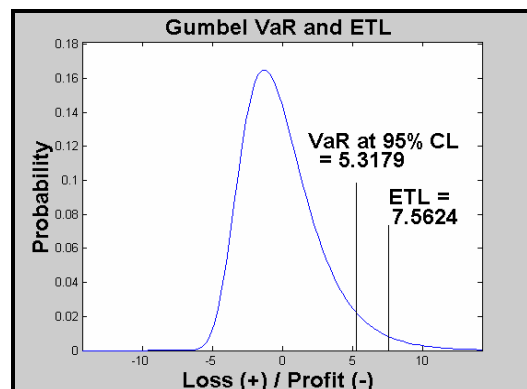


Anexo X. Gráficas VAR y ETL bajo Distribución Gumbel CL 95%.

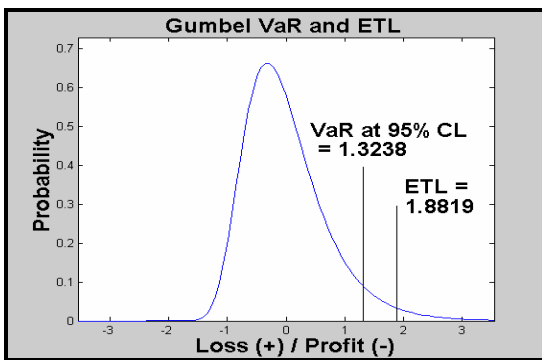
TES CP 1995 – 1998



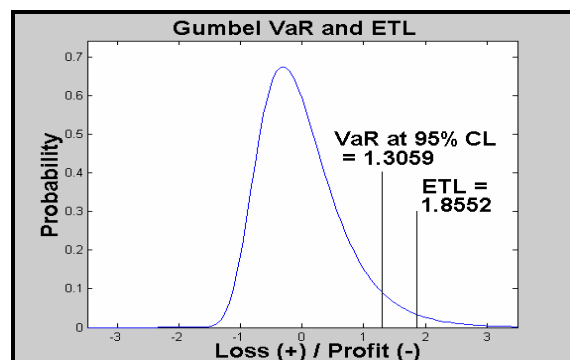
TES MP 1995 – 1998



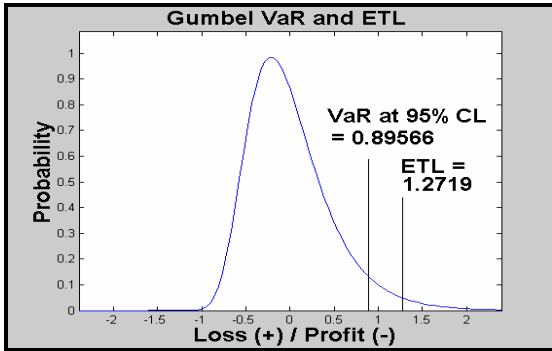
TES CP 1999 – 2003.



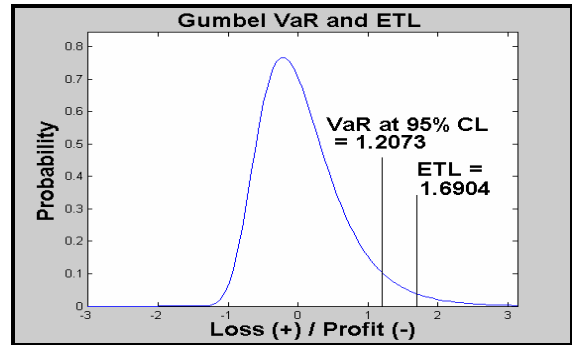
TES MP 1999 – 2003.



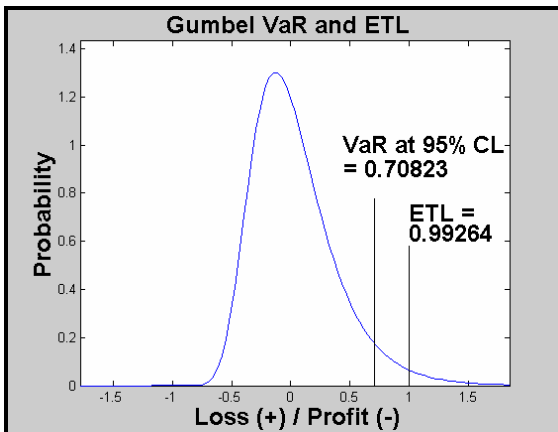
TES LP 2000 – 2003.



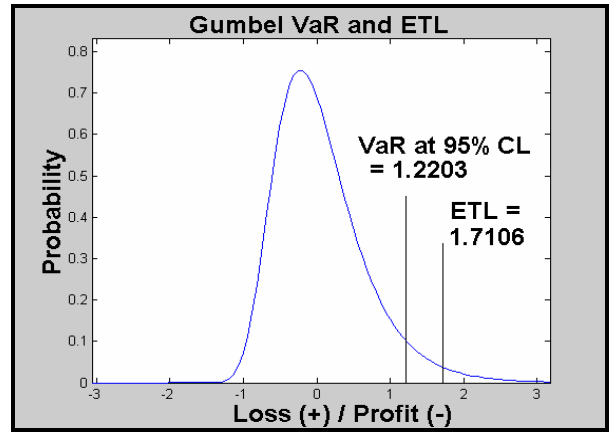
Global CP 2000 – 2003.



Global MP 1999 – 2003.

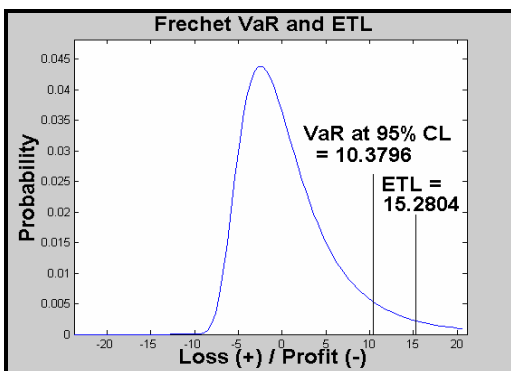


Global LP 2001 – 2003

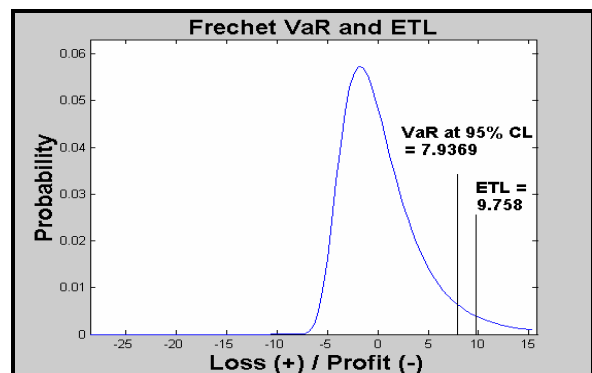


Anexo XI. Gráficas VAR y ETL bajo Distribución Frechet CL 95%.

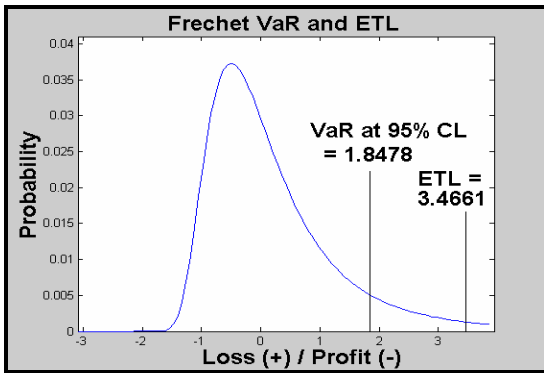
TES CP 1995 – 1998.



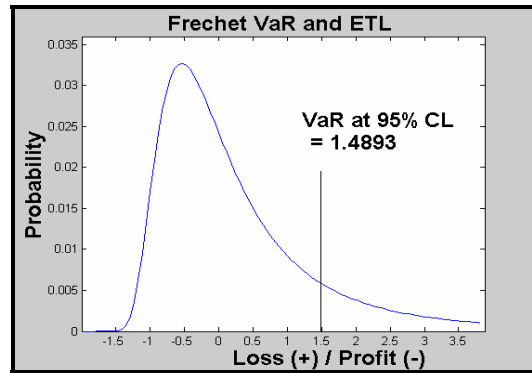
TES MP 1995 – 1998.



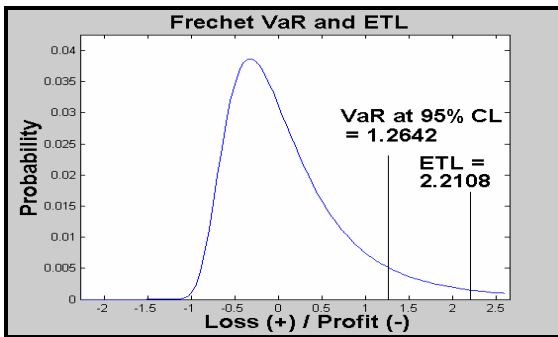
TES CP 1999 – 2003.



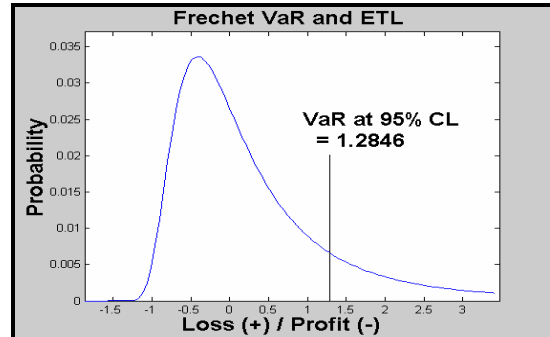
TES MP 1999 – 2003.



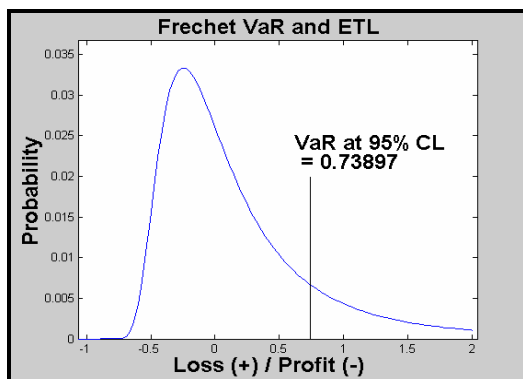
Tes LP 2000 – 2003



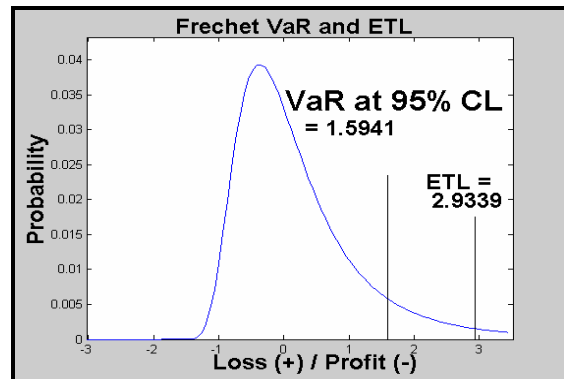
Global CP 1999 – 2003



Global MP 1999 – 2003

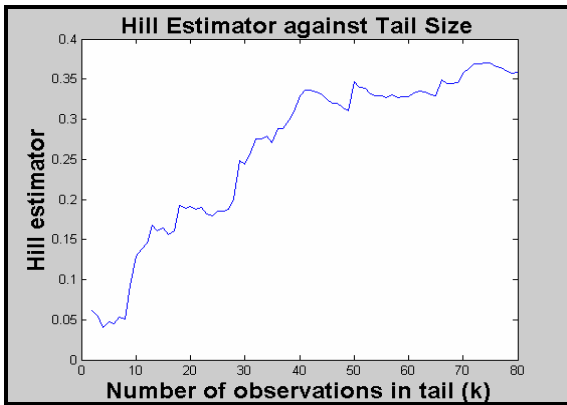


Global MP 1999 – 2003

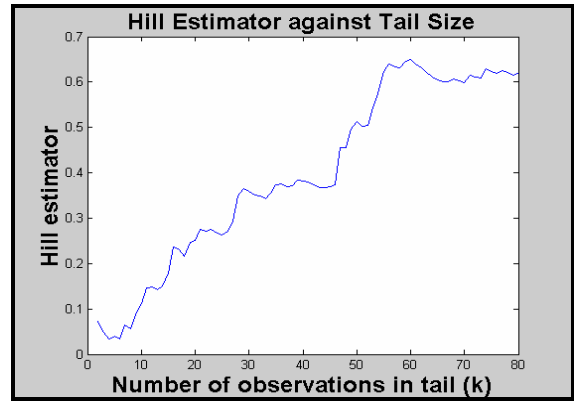


Anexo XII. Estimador De Tail.

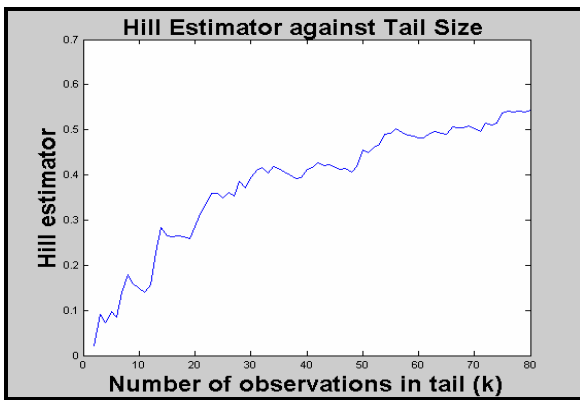
TES CP 1995 – 1998.



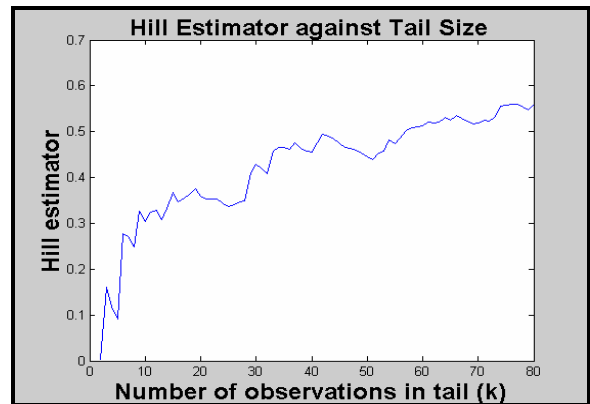
TES MP 1995 – 1998



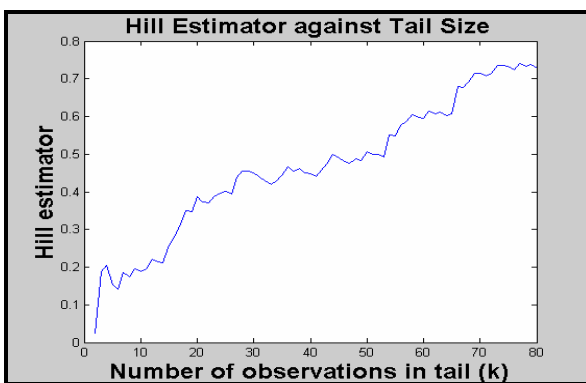
TES CP 1999 – 2003 .



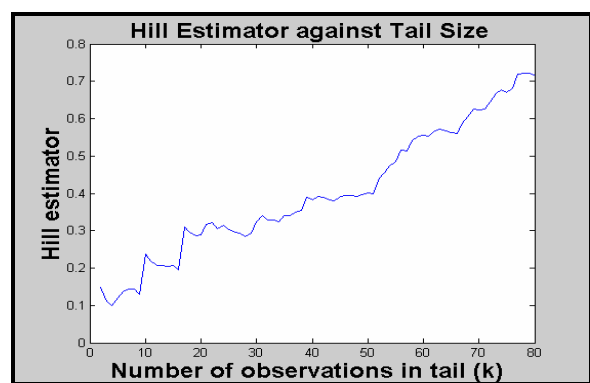
TES MP 1999 – 2003



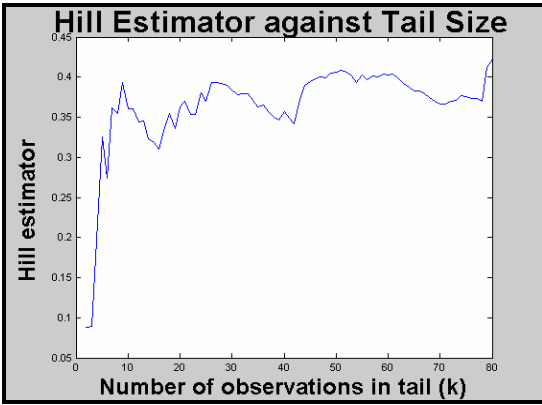
TES LP 2000 – 2003



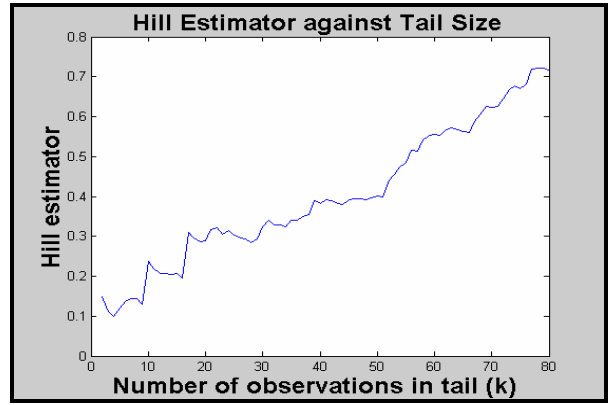
Global CP 1999 – 2003



Global MP 1999 – 2003

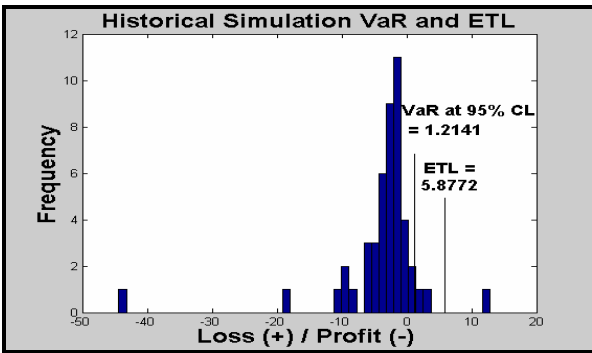


Global LP 2001 – 2003.

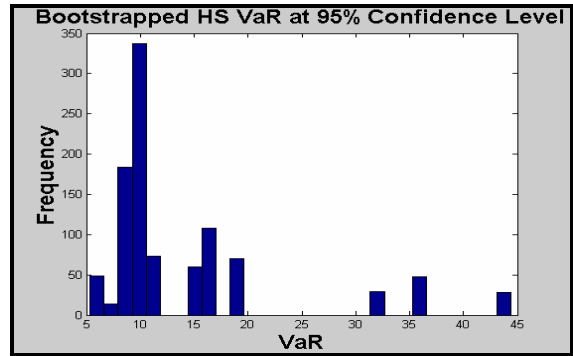


Anexo XIII. Mediciones de Riesgo para la Cartera CL 95%, 1995:01 – 1998:12

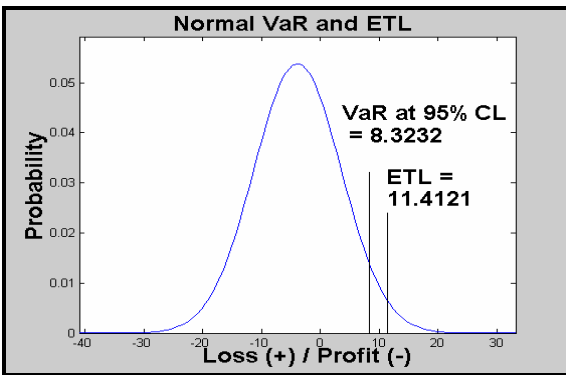
HS



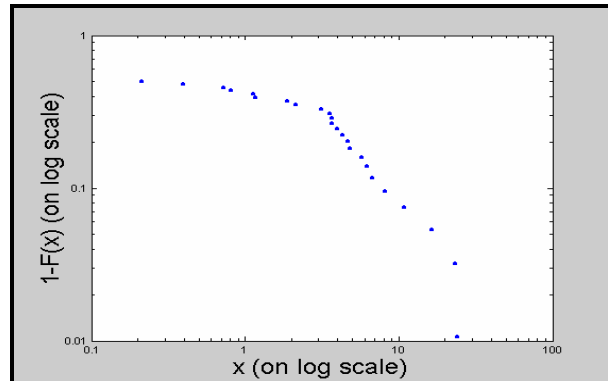
Boostrapped HS



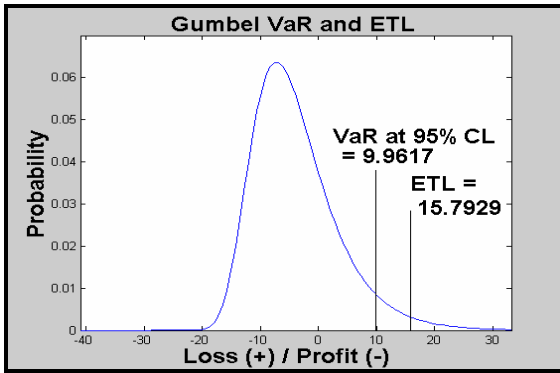
Distribución Normal



Distribución Empírica.

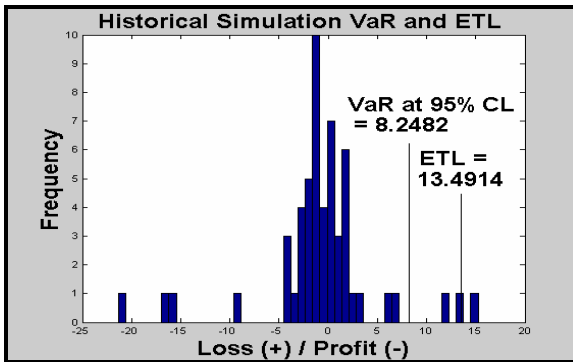


Distribución Gumbel

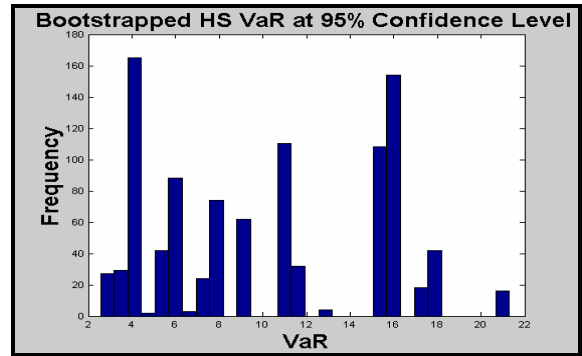


Anexo XIV. Mediciones de Riesgo para la Cartera, CL 95%, 1999:01 – 2003:06.

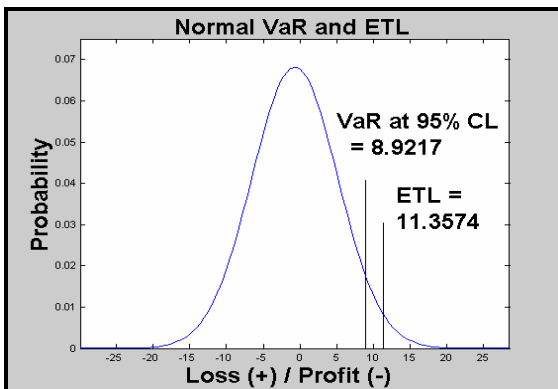
HS



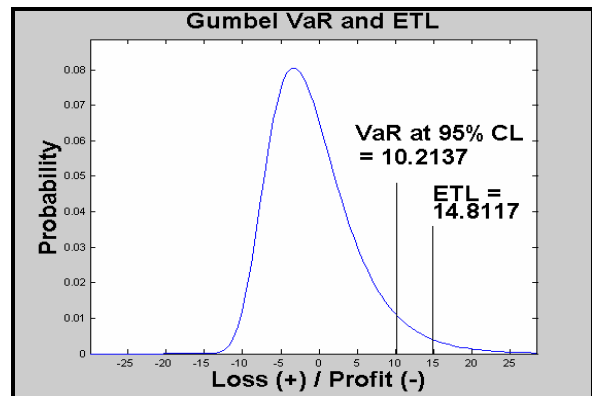
Boostrapped HS



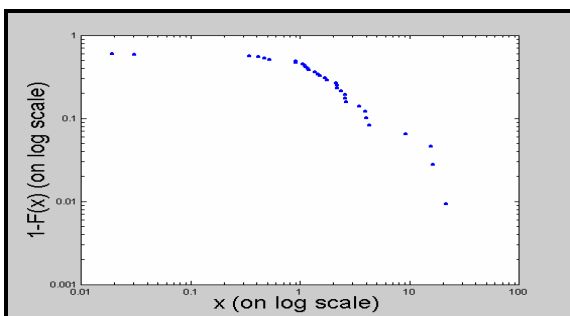
Distribución Normal



Distribución Gumbel



Distribución Empírica.



Anexo XV. Salidas Econométricas de los Modelos Estimados GARCH (1,1)

TES CP 1995 – 1998.

MAXIMIZE - Estimation by BFGS				
Convergence in 21 Iterations. Final criterion was 0.0000000 < 0.0000100				
Usable Observations 757				
Function Value -1347.413				
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
B1	0.1146	0.05468	2.0949	0.0362
.B2	-0.8864	0.024706	-35.8787	0.0000
A0	0.8112	0.31783	2.5523	0.0107
A1	0.1359	0.037129	3.6615	0.0003
A2	0.7809	0.058567	13.3336	0.0000

TES MP 1995 – 1998.

MAXIMIZE - Estimation by BFGS				
Convergence in 24 Iterations. Final criterion was 0.0000009 < 0.0000100				
Usable Observations 523				
Function Value: -626.77839362				
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
B1	0.06972	0.06306	1.10558	0.2689
.B2	-0.79501	0.03744	-21.23536	0.0000
A0	0.104167	0.04613	2.25790	0.0240
A1	0.149861	0.03022	4.95898	0.0000
A2	0.84025	0.02825	29.74235	0.0000

TES CP 1999 – 2003

MAXIMIZE - Estimation by BFGS				
Convergence in 14 Iterations. Final criterion was 0.0000021 < 0.0000100				
Usable Observations 620				
Function Value 85.88151422				
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
.B1	-0.5756	0.04287	-13.42518	0.0000
A0	0.0946	0.02353	4.01950	0.0000
A1	0.3506	0.08622	4.06654	0.0000
A2	0.3821	0.12226	3.12586	0.0018

TES MP 1999 – 2003

MAXIMIZE - Estimation by BFGS				
Convergence in 23 Iterations. Final criterion was 0.0000009 < 0.0000100				
Usable Observations 963				
Function Value 328.15598390				
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
.B1	0.3594	0.1001	3.5914	0.0003
.B2	-0.6756	0.0788	-8.5727	0.0000
A0	0.00025	0.00034	0.7350	0.46233
A1	0.31632	0.0361	8.7682	0.0000
A2	0.78861	0.0162	48.6076	0.0000

**TES LP
2000 – 2003**

MAXIMIZE – Estimation by BFGS				
Convergence in 17 Iterations. Final criterion was 0.0000018 < 0.0000100				
Usable Observations 639				
Function Value 532.51868903				
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
.B1	-0.06452	0.0473	-1.36412	0.17253
A0	0.00212	0.0007	3.22458	0.0013
A1	0.4669	0.0717	6.51472	0.0000
A2	0.64082	0.03996	16.03469	0.00000

**Global 2004
1999 – 2003**

MAXIMIZE - Estimation by BFGS				
Convergence in 21 Iterations. Final criterion was 0.0000064 < 0.0000100				
Usable Observations 1087				
Function Value 186.11177915				
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
.B1	0.89805	0.1133	7.92887	0.0000
B2	-0.819401	0.01944	-42.14573	0.0000
A0	0.005860	0.00196	2.98981	0.0028
A1	0.16964	0.02747	6.17472	0.0000
A2	0.8311	0.021105	39.38243	0.0000

**GLOBAL MP
1999 – 2003**

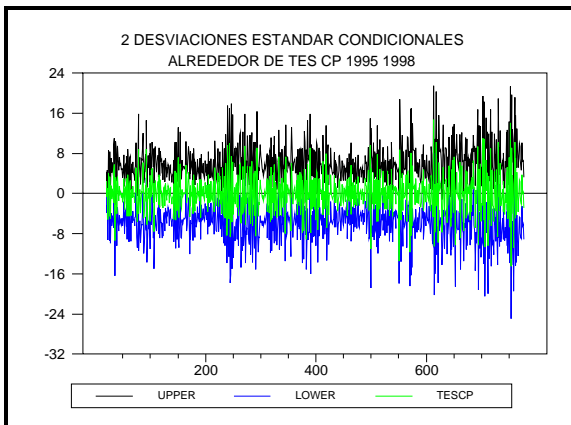
MAXIMIZE - Estimation by BFGS				
Convergence in 16 Iterations. Final criterion was 0.0000096 < 0.0000100				
Usable Observations 1095				
Function Value 786.00131072				
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
BO	-0.0177	0.01345	-1.31841	0.1874
.B1	0.16346	0.0378	4.32477	0.0000
B2	0.47899	0.13453	3.56054	0.0004
A0	0.00859	0.001796	4.78224	0.00000
A1	0.36345	0.0556	6.53745	0.0000
A2	0.62331	0.04464	13.96090	0.0000

**GLOBAL LP
2001 – 2003**

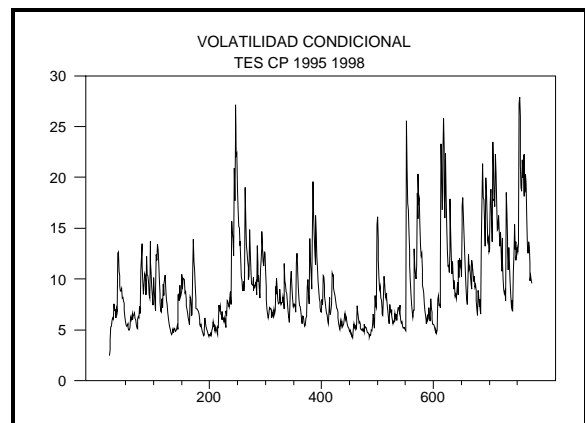
MAXIMIZE - Estimation by BFGS				
Convergence in 18 Iterations. Final criterion was 0.0000064 < 0.0000100				
Usable Observations 552				
Function Value 51.68888797				
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
BO	-0.0389	0.0304	-1.27979	0.2006
.B1	0.7136	0.3039	2.34805	0.0189
A0	0.01386	0.0052	2.64357	0.0082
A1	0.1752	0.04060	4.31569	0.0000
A2	0.8054	0.03908	20.60648	0.0000

ANEXO XVI. Gráficas de las Salidas de los Modelos Estimados Garch (1,1)

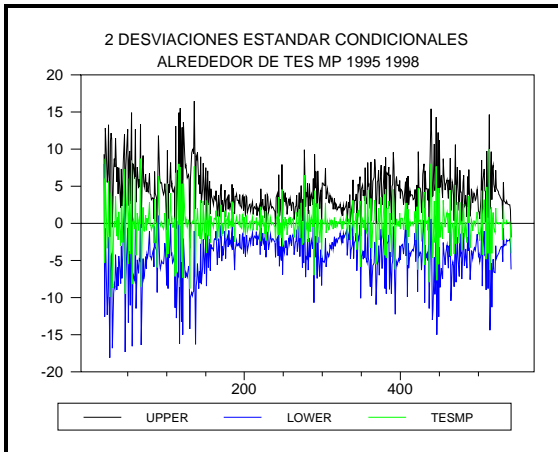
**VAR Dinámico
TES CP 1995 – 1998.**



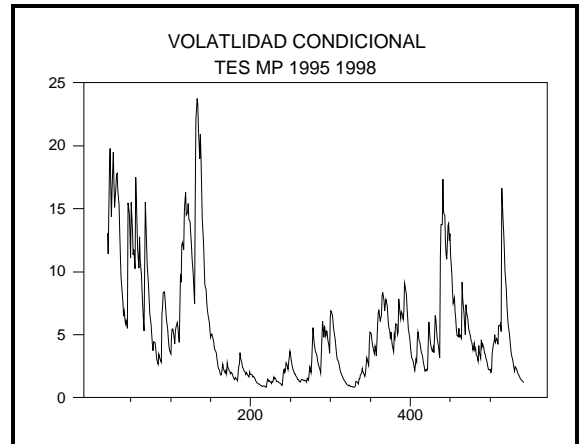
**Volatilidad Condicional
TES CP 1995 – 1998.**



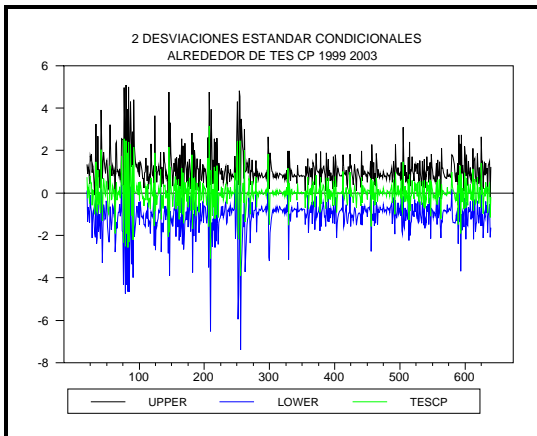
VAR Dinámico TES MP 1995 – 1998.



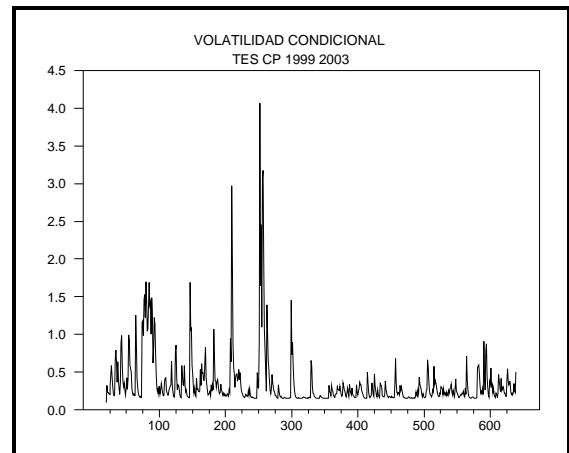
Volatilidad Condicional TES MP 1995 – 1998.



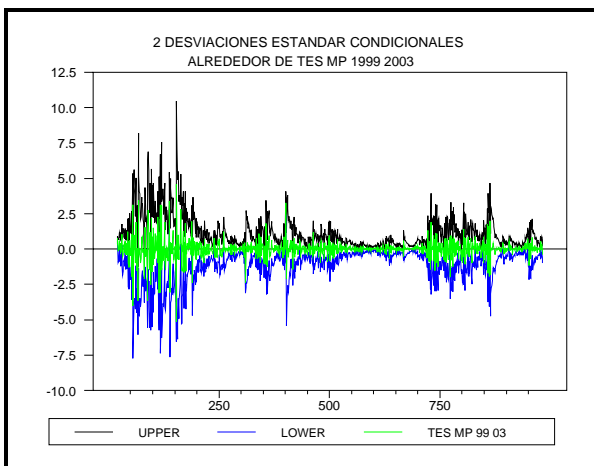
VAR Dinámico TES CP 1999 – 2003



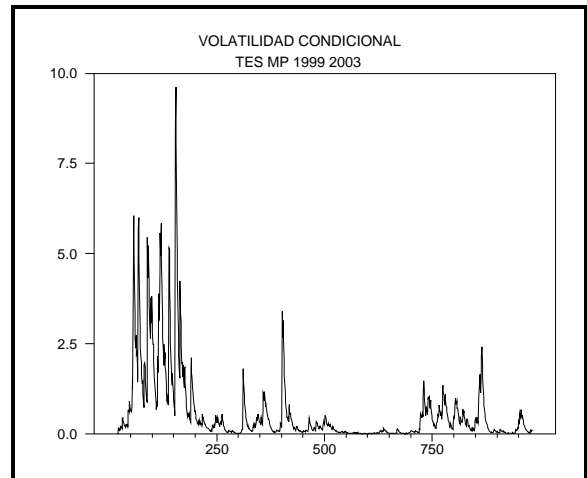
Volatilidad Condicional TES CP 1999 – 2003.



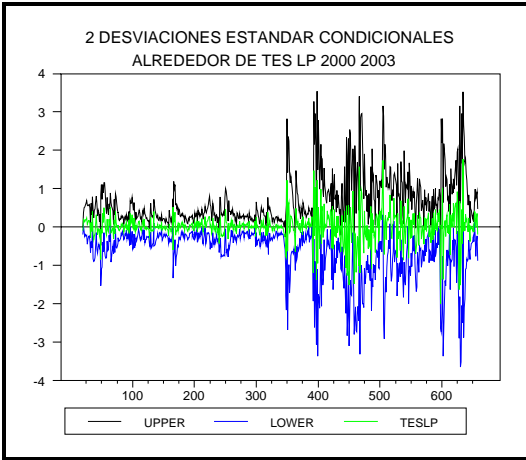
VAR Dinámico TES MP 1999 – 2003.



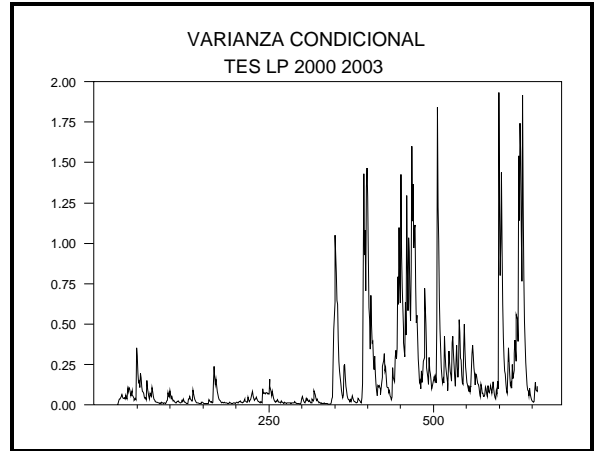
Volatilidad Condicional Tes MP 1999 – 2003.



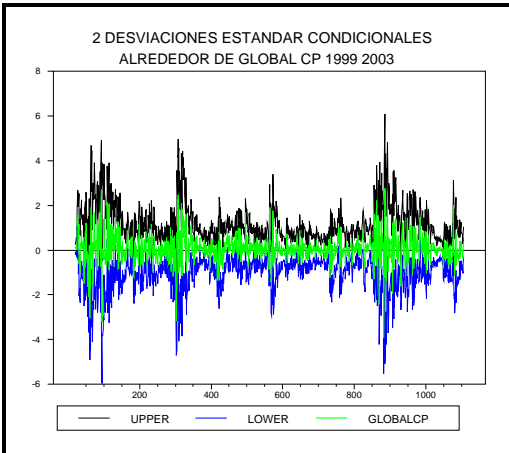
VAR Dinámico TES LP 2000 – 2003



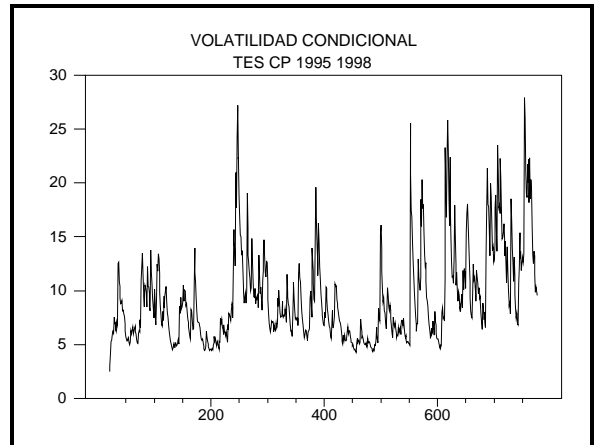
Volatilidad Condicional TES LP 2000 – 2003



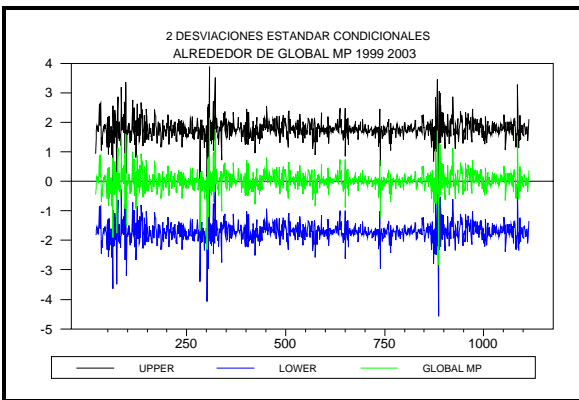
VAR Dinámico Global 2004 1999 – 2003



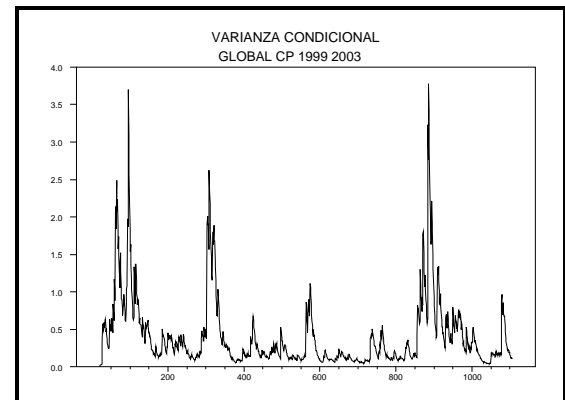
Volatilidad Condicional Global 2004 1999 – 2003



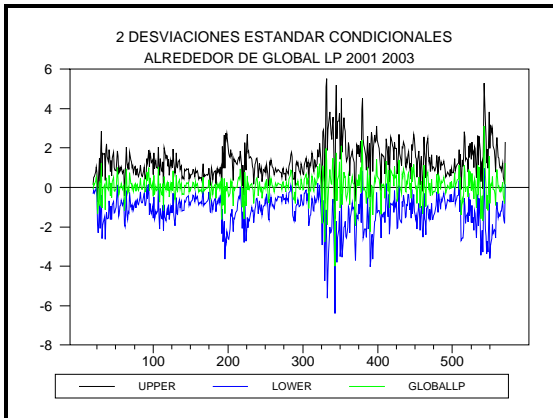
VAR Dinámico Global 2007 1999 – 2003



Volatilidad Condicional Global 2007 1999 – 2003



**VAR Dinámico Global 2011
2001 – 2003**



**Volatilidad Condicional Global 2011
2001 – 2003**

