



**Departamento de Estudios Especiales y
Valoración de Riesgo**

Nota técnica N°2

NT-2002-02

**VAR: UNA OPCIÓN PARA
MEDIR EL RIESGO DE
MERCADO EN LOS FONDOS
DE PENSIONES**

Ana Patricia Morera Martinelli

Agosto del 2002

Clasificación JEL: G1

Clave: VaR, Pensiones , Análisis de riesgo

Las ideas representadas en este documento son responsabilidad de los autores y no necesariamente representan la opinión de la Superintendencia de Pensiones.

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. LA ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO	3
III. VALOR EN RIESGO: UNA DEFINICIÓN	4
A. Horizonte temporal	5
B. Intervalo de confianza	5
C. Datos utilizados	5
IV. MÉTODOS PARA MEDIR EL VAR	6
A. Valoración local.....	6
1. Método delta normal.....	6
B. Valoración completa	7
1. Método de simulación histórica	8
2. Método de Monte Carlo estructurado	9
C. ¿Cuál método es mejor?.....	9
1. Habilidad de capturar instrumentos que no son lineales	10
2. Facilidad en su implementación	10
3. Facilidad para comunicar los resultados	11
4. Confiabilidad de los resultados.....	11
5. Flexibilidad para incorporar supuestos alternativos	11
V. CRÍTICAS SOBRE EL USO DEL VAR	11
VI. EL USO DEL VAR PARA LA REGULACIÓN DE ENTIDADES FINANCIERAS	12
VII. LA UTILIZACIÓN DEL VAR EN LOS FONDOS DE PENSIONES	13
A. Riesgos de manejar fondos de pensiones.....	13
B. Beneficios para las operadoras de pensiones de utilizar el VaR.....	14
1. Es una herramienta útil para la presentación de información.....	15
2. Permite monitorear y controlar los riesgos	15
3. Permite asignar los recursos	15
4. Permite evaluar el desempeño	15
VIII. CONCLUSIONES	16
IX. BIBLIOGRAFÍA	17
ANEXO 1: PRUEBAS COMPLEMENTARIAS AL USO DEL VALOR EN RIESGO	19
ANEXO 2:LA APLICACIÓN DEL VAR EN LA SUPEN	20

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los desarrollos más recientes en el área de la administración de riesgo es la técnica de Valor en Riesgo (VaR, por sus siglas en inglés). Este análisis describe la máxima pérdida que puede tener un portafolio en un horizonte de tiempo definido y bajo un cierto nivel de confianza.

El VaR ha demostrado ser una herramienta muy útil para cuantificar el riesgo de mercado y su utilización se ha difundido con gran fuerza entre los intermediarios financieros. Adicionalmente, VaR se ha utilizado para establecer los riesgos de liquidez y los riesgos operacionales. Sin embargo, su utilización no ha tenido tanta difusión entre los inversores institucionales como los fondos de pensiones o los fondos de inversión que trabajan con recursos de largo plazo (Jorion, 2000).

Por ello, la presente nota técnica tiene como objetivo describir esta técnica y establecer su eventual aplicación a un marco de administración de riesgos por parte de las operadoras de pensiones y de su respectiva superintendencia. Para una mejor comprensión de esta técnica, el trabajo se divide en siete apartados. El primero resume el problema de la administración del riesgo. Se prosigue con la definición del VaR y la cuarta sección incluye los principales enfoques para aplicar esta técnica. La quinta sección describe las críticas a su utilización. Se prosigue con un apartado que describe el uso del VaR para la regulación de entidades financieras y la séptima sección trata el uso de esta técnica en los fondos de pensiones. Se finaliza con las conclusiones y recomendaciones respectivas.

II. LA ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO

Según Jorion (1999) el riesgo se define como *“la volatilidad de los flujos financieros no esperados, generalmente derivados del valor de los activos o pasivos.”* Por lo general, se asocian con eventos no deseados que causan pérdidas o fluctuaciones en los ingresos futuros¹. En el caso de las empresas financieras, la literatura señala que están expuestas a tres tipos de riesgos: los de negocios, los estratégicos y los financieros.

Los riesgos de negocios son aquellos que se asumen a fin de crear ventajas competitivas y agregar valor para los accionistas. Por lo general, involucran el mercado en el cual opera la empresa y comprende las innovaciones tecnológicas, diseño del producto y mercadotecnia. La exposición racional a este tipo de riesgo generalmente es considerada como una habilidad interna o ventaja competitiva de cualquier empresa.

El riesgo estratégico surge cuando se dan cambios importantes en la economía o en el entorno político, tales como: expropiaciones y nacionalizaciones. Su cobertura por parte de las empresas es difícil y sólo se puede lograr a través de la diversificación de las líneas de negocios y de los mercados utilizados.

¹ Es importante destacar la diferencia entre riesgo e incertidumbre. En el primer caso se refiere a ingresos, que aunque no se conocen con total certeza, tienen probabilidad de ser estimados por medio de la experiencia o del manejo estadístico. La incertidumbre se presenta cuando los ingresos futuros no pueden ser estimados (Marshall, 2001).

Los riesgos financieros están relacionados con las posibles pérdidas de los mercados generadas principalmente por movimientos en las variables como: tasas de interés, tipos de cambio, precios de las acciones y de mercancías (*commodities*). La exposición a este tipo de riesgos por lo general puede ser optimizada por las empresas a fin de minimizar su exposición a los mismos.

Finalmente, los riesgos operativos se relacionan con las pérdidas potenciales por manejar sistemas de información inadecuados, tener fallas administrativas o en los procesos, controles defectuosos o errores humanos. Para minimizar este riesgo se recomienda tener respaldos de los sistemas de información, definir claramente las responsabilidades con fuertes controles internos y revisar constantemente los procedimientos para enfrentar las contingencias.

La administración del riesgo es el proceso mediante el cual se identifica, se mide y se controla la exposición al riesgo. Para ello, se ha desarrollado la ingeniería financiera cuyo objetivo es proporcionar alternativas creativas para protegerse contra los riesgos financieros o para especular con ellos (Jorion, 1999).

De esta forma, surgen los derivados² a fin de brindar mecanismos a través de los cuales las instituciones puedan cubrirse contra los riesgos financieros. Su utilización le permite a las empresas manejar los riesgos y obtener apalancamiento, dado que la prima es muy pequeña.

En caso de que estos instrumentos se utilicen en el manejo de riesgos, uno de los puntos más importantes es la medición de los mismos a través de indicadores que sintetizen adecuadamente el nivel de riesgos y que sean sensibles a los factores del entorno que los originan. Para ello, se han desarrollado dos grandes grupos de metodologías de medición de riesgo: el análisis de escenarios y las técnicas de probabilidad.

El primer grupo busca seleccionar situaciones consideradas desfavorables y estimar las pérdidas asociadas, sin tomar en consideración las probabilidades de ocurrencia. Este planteamiento fue el primero que se desarrolló, pero presenta serias deficiencias dentro de las que se pueden citar: que los escenarios se eligen de forma subjetiva y no es posible llegar a conocer la probabilidad de tener un cierto nivel de pérdidas.

Las metodologías basadas en técnicas de probabilidad son más recientes y buscan construir tablas donde se recojan los montos de cada una de las posibles pérdidas y la probabilidad de que se alcance dicho nivel. Estas técnicas permiten evaluar riesgos de forma homogénea a través de una medida común (Soler, 1999). Así, la técnica de valor en riesgo, permite sintetizar una de las posibles pérdidas de esa tabla de acuerdo con un nivel de confianza seleccionado.

III. VALOR EN RIESGO: UNA DEFINICIÓN

El Valor en Riesgo (VaR) es la estimación de la pérdida máxima que puede tener la posición de una cartera, con un determinado nivel de confianza en un horizonte de tiempo dado. Al utilizar un nivel de confianza se supone que las pérdidas de la cartera pueden modelarse utilizando la estadística. Para ello, se parte de la posición de la

² Este instrumento se define como contrato privado el cual deriva la mayor parte de su valor del precio de algún activo, tasa de referencia o índice subyacente, tales como una acción, una divisa o un producto físico (Jorion, 1999).

cartera o los precios de mercado de los activos. Bajo el supuesto de que los precios siguen un comportamiento aleatorio, la valoración de mercado de la cartera también es aleatoria. Bajo esta hipótesis es posible estimar el precio de la cartera que determina una pérdida máxima a un nivel de confianza dado (Vilariño, 2001).

Antes de utilizar esta metodología, cuando se querían evaluar los riesgos de una firma se utilizaba el Asset/Liability Management (ALM). El objetivo de este análisis era obtener un diagnóstico de la situación del estado de resultados y proyectar cambios en las tasas de interés, a fin de realizar una proyección del mismo. A partir de ello, se analizan los puntos fuertes y débiles de la institución, según el riesgo de mercado.

Sin embargo, esta metodología requiere una proyección de tasas en períodos extensos hacia el futuro y utiliza principios contables, que eventualmente pueden ocultar el verdadero riesgo al que está sujeto el valor de mercado.

Con el análisis VaR se logró superar estas limitaciones, ya que trabaja con valores de mercado y las proyecciones que utiliza son de más corto plazo, lo que minimiza la probabilidad de cometer error en ellas. Además, se basa en varios supuestos que se detallan a continuación:

A. Horizonte temporal

La selección de este depende de los objetivos del portafolio analizado y la liquidez de sus activos. Usualmente, para operaciones de mercado de dinero se utiliza un día, una semana o dos semanas. Sin embargo, cuando se trabaja con corporaciones o inversores institucionales se utilizan períodos de tiempo más amplios pues poseen activos poco líquidos o tardan más tiempo en cambiar sus posiciones.

B. Intervalo de confianza

Define el porcentaje de tiempo en el cual la firma no debe tener pérdidas mayores a las establecidas por el cálculo del VaR. Usualmente los intervalos de confianza utilizados se ubican entre 90% y 99%. El *Bank of International Settlement* y el *Derivates Policy Group* recomiendan utilizar niveles de confianza del 99%; sin embargo, la evidencia empírica a determinado que un 95% funciona mejor dado que las observaciones no siempre se distribuyen normalmente³ (Minnich, 2002).

C. Datos utilizados

Usualmente con series de datos largas se pueden obtener distribuciones de los retornos mejor elaboradas; mientras que períodos cortos le permiten a las estimaciones de VaR reaccionar más rápido a los cambios en los mercados. Por ello, es común que se utilicen series de datos que abarquen períodos de tres a cinco años.

Con respecto a los valores extremos, la literatura aún no ha definido si deben excluirse. Algunos analistas argumentan que se deben incluir porque reflejan eventos reales y contribuyen en la definición de la distribución de la serie. Por su parte, quienes argumentan que se deben excluir, consideran que pueden llevar a resultados incorrectos que no reflejan el riesgo actual que enfrentan los portafolios.

³ Los grandes movimientos usualmente se presentan con mayor frecuencia que la establecida por la distribución normal.

Una solución propuesta para este problema consiste en utilizar datos ponderados exponencialmente, de tal forma que se le brinde un mayor peso a las observaciones más recientes. Con ello, se le permite al VaR reaccionar más rápido a los cambios en el mercado.

IV. MÉTODOS PARA MEDIR EL VAR

Existen varios métodos para obtener medidas del VaR, y estos se clasifican en dos grupos. El primero es el de valoración local y usualmente se implementa con el método delta-normal. El segundo grupo se denomina valoración completa y recoge la simulación histórica y el método de Monte Carlo estructurado.

A. Valoración local

Estos métodos usualmente se basan en la normalidad de los factores de riesgo que se van a utilizar. Por tanto, si un portafolio se compone de activos que se distribuyen normalmente, es de esperar que la cartera total siga también esta distribución. Esta categoría básicamente se trabaja por medio del método delta normal⁴.

1. Método delta normal

También llamado VaR de varianza y covarianza, supone que el rendimiento de todos los activos está distribuido normalmente. Por lo tanto, el rendimiento del portafolio también sigue esta distribución, ya que es una combinación lineal de sus componentes ponderados por su importancia dentro de la cartera. Además, esta técnica utiliza lo que la literatura ha denominado la valuación delta, la cual consiste en valorar el portafolio solamente una vez al precio actual.

$$V_0 = V(S_0)$$

donde:

V_0 Valor actual de la cartera (período 0)
 S_0 Precio actual de los activos (período 0)

Su implementación es bastante sencilla y parte del cálculo de la varianza del portafolio. Posteriormente, el cálculo del VaR consiste en determinar el número de desviaciones estándar correspondientes al percentil deseado. Para implementar dicha metodología se pueden seguir los pasos que se detallan a continuación:

1. Se identifican las variables de mercado a utilizar.
2. Se comprueba si los cambios en las variables de mercado tienen una distribución normal.
3. Se calculan las desviaciones estándar y la correlación de las variables de mercado para cada uno de los instrumentos que componen la cartera.
4. Se determina la desviación estándar de la cartera en las unidades de la misma.

⁴ En los mercados de derivados, la exposición a los movimientos en el valor del activo subyacente se le conoce como delta (Jorion, 1999).

5. Se obtiene el VaR multiplicando la desviación estándar de la cartera por el factor correspondiente al nivel de confianza previamente seleccionado.

Este es el método considerado más simple y tiene varias ventajas:

- Con una hoja de cálculo fácilmente se puede estimar.
- Permite manejar una gran cantidad de activos; ya que para su implementación únicamente se requiere de los valores de mercado, las posiciones actuales del portafolio y la matriz de varianzas y covarianzas.
- En muchas situaciones presenta una medida adecuada del riesgo, en especial cuando se trabaja con lapsos de tiempo muy cortos.

Sin embargo, presenta serias limitaciones

- Cuantifica de manera pobre el riesgo de evento; es decir, la posibilidad de que se presenten circunstancias inusuales o extremas, tales como: desplomes en los mercados accionarios o colapsos en el tipo de cambio (Jorion, 1999). Estas situaciones no ocurren con suficiente frecuencia como para que sean representadas adecuadamente por una distribución de probabilidad basada en datos históricos recientes.
- La existencia de *colas anchas*⁵ en la distribución de rendimientos de la mayoría de los activos, provoca que se subestime la importancia de los datos correspondientes a valores extremos y con ello el valor del riesgo.
- No mide adecuadamente los instrumentos no lineales, tales como: opciones e hipotecas. En el caso del primer instrumento, esta metodología mide sus posiciones de acuerdo al activo subyacente. Sin embargo, los valores de las opciones también dependen de los niveles de las tasas *spot*.

B. Valoración completa

En algunos casos, utilizar una aproximación delta normal para medir el VaR es totalmente inadecuado. Estas situaciones se presentan cuando los deltas son inestables, como es el caso de las opciones que se encuentran cerca de su vencimiento o están *at the money* (Jorion, 2000).

Por ello, se desarrollaron nuevas metodologías utilizando una valuación completa. Esta considera el valor del portafolio para un amplio rango de precios.

$$dV = V(S_1) - V(S_0)$$

donde:

V	Valor de la cartera
S ₁	Precio de los activos en el período 1
S ₀	Precio de los activos en el período 0

⁵ Las colas anchas se presentan cuando en la distribución de los rendimientos de los activos financieros Existe una mayor acumulación de observaciones en las colas de las que se presentan en una distribución normal.

En este caso, los valores de S_1 se generan con métodos de simulación, tales como: Monte Carlo o simulación histórica. Por ello, este procedimiento es superior pues toma en cuenta instrumentos que no son lineales, como los pagos de dividendos, entre otros. Sin embargo, requiere de una cantidad de información considerable que lo hacen difícil de implementar, en especial cuando se trabaja con portafolios grandes.

1. Método de simulación histórica

Este método estima el VaR reconstruyendo la historia. La distribución se realiza utilizando la cartera actual y aplicándole los cambios en precios y rendimientos que se dieron durante el período seleccionado. Posteriormente, se compara dicha distribución con el valor actual para calcular la ganancia o pérdida (Otárola, 2001).

Este método es muy fácil de aplicar en las carteras que cuentan con la información sobre las variables de mercado relevantes. Es conceptualmente simple de entender y eventualmente se puede desarrollar en una hoja de cálculo. Además no depende del cálculo de correlaciones y volatilidades, ya que éstas se calculan implícitamente al utilizar la información histórica (Minnich, 2002). Para la aplicación de este método se pueden seguir cinco pasos que se describen a continuación:

1. Se identifican las variables de mercado que se van a utilizar en el análisis.
2. Se obtienen los valores históricos de precios y rendimientos para el período seleccionado.
3. Se somete la cartera actual a los cambios en las variables mencionadas anteriormente y se calculan las pérdidas y ganancias para cada uno de esos días.
4. Se ordenan las ganancias y las pérdidas en orden descendente.
5. Se determina el VaR al seleccionar la pérdida que es igualada o sobrepasada al nivel de confianza establecido.

La simulación histórica es un método con muchas ventajas:

- Es relativamente simple de implementar, robusto e intuitivo.
- Toma en cuenta el comportamiento no lineal de las opciones.
- No se necesita calcular la matriz de covarianzas, lo que simplifica el proceso.
- Como se basa en los cambios realmente observados, el método no supone ninguna distribución y no se afecta por distribuciones que no son normales o que tienen *colas anchas*.

Sin embargo, se ha criticado por diversas razones, entre las que se encuentran las siguientes:

- Asume que el pasado representa adecuadamente el futuro inmediato; sin embargo, no siempre esto se cumple, por lo que los datos históricos podrían omitir riesgos inminentes en el mercado.
- La calidad de los resultados depende del período histórico considerado. En caso de utilizar períodos largos, se podrían incorporar comportamientos que ya

no se observan en las variables; mientras que los períodos cortos pueden generar errores de muestreo.

- Le otorga la misma importancia a las observaciones recientes que a las antiguas.
- Se puede volver computacionalmente intenso en portafolios de muchos instrumentos.

2. Método de Monte Carlo estructurado

Esta técnica es muy similar al método de valuación histórica, pero difiere en la forma en que se plantean los escenarios utilizados. El mismo busca simular un rango amplio de cambios aleatorios en las variables financieras más relevantes, tomando en cuenta las posibles correlaciones existentes entre los riesgos.

Para implementarlo, se define un proceso estocástico para las variables críticas como el riesgo y en el caso de las correlaciones se derivan de los datos históricos. Posteriormente, se simulan las trayectorias para las variables de interés y se realiza la valuación completa del portafolio, tal y como se describe a continuación:

1. Se identifican las variables que se van a utilizar.
2. Se determina o se asume una distribución específica para los cambios de las variables de mercado.
3. Se selecciona un proceso generador aleatorio para calcular N valoraciones hipotéticas⁶ en los factores de mercado. Posteriormente se utilizan estos datos para calcular el valor a mercado de la cartera y se le restan a la cartera actual para obtener las pérdidas o ganancias diarias.
4. Se ordenan los resultados en forma descendente.
5. Se determina el VaR seleccionando la pérdida que es igual o mayor al nivel de confianza escogido.

Este es el método de cálculo de Valor en Riesgo más completo, pues toma en cuenta los factores que omiten los otros enfoques tales como: riesgos no lineales, riesgos de volatilidad, cambios del riesgo en el tiempo, *colas anchas* y escenarios extremos. Sin embargo, requiere de mucha información y fácilmente puede tener problemas para ser implementado. Además, requiere de hardware con una alta capacidad de procesamiento y software especializado.

C. ¿Cuál método es mejor?

Dado que existen tres métodos para calcular VaR, la pregunta obvia es cuál de ellos es mejor. La respuesta depende de los objetivos que se quieran alcanzar dado que los métodos difieren en su capacidad de capturar instrumentos no lineales, su facilidad de implementarlos y de explicarlos, etc. Por ello, a continuación se describen brevemente todos estos puntos:

⁶ Por lo general se trabaja con N mayores a 1000 repeticiones.

1. *Habilidad de capturar instrumentos que no son lineales*

En este caso los dos métodos de valoración completa son los que capturan mejor este tipo de instrumentos. El método de varianza-covarianza no se aconseja para estos casos dado que al incorporar este tipo de instrumentos los reemplaza por su posición de mercado equivalente. Sin embargo, en la mayoría de los casos esta linearización no es adecuada para captar los cambios en las tasas y los precios subyacentes.

No obstante, debe aclararse que esta limitación del método delta-normal se minimiza cuando se trabaja con horizontes muy cortos como los de un día, dado que en un lapso tan corto no se esperan cambios muy bruscos en el precio de dichos activos y las aproximaciones lineales son adecuadas para capturar dichos cambios.

En el caso de los métodos de simulación, la presencia de instrumentos no lineales no genera problemas dado que recalculan el portafolio para cada una de las posiciones de mercado. Al hacer esto, se estima la distribución adecuada para el análisis del portafolio. No obstante, el método Monte Carlo depende de la distribución estadística asumida para las variables relevantes y las estimaciones de sus parámetros. Por ello, si los supuestos son incorrectos se pueden generar medias sesgadas del VaR. En el caso de la simulación histórica, se pueden generar medidas incorrectas si los días que se toman no son representativos.

El último aspecto a tomar en cuenta en el caso de las opciones es que sus volatilidades son aleatorias y sus precios cambian con movimientos de dichas variables. En este caso, como se mencionó anteriormente, el método delta-normal no captura en forma adecuada estos movimientos. El análisis de Monte Carlo puede incorporar volatilidades aleatorias y precios que cambien con ellas al extender la simulación para que incluya la distribución de las volatilidades. La simulación histórica puede incorporar estos cambios si se incluyen en las variables consideradas en el período muestral.

2. *Facilidad en su implementación*

La simulación histórica es muy fácil de implementar para aquellas variables cuyos datos de mercado se encuentren disponibles. Este método es teóricamente sencillo y puede ser implementado en una hoja de cálculo adecuada para realizar estas funciones. Sin embargo, en empresas que manejen instrumentos en diversas monedas se puede complicar la implementación de este método, en especial si se trabaja en mercados poco desarrollados que no cuentan con series históricas para todas las variables relevantes.

El método delta normal ha sido utilizado como base en muchas aplicaciones informáticas especializadas en este campo. Esto lo hace muy fácil de implementar en los casos donde se manejan pocas monedas y los instrumentos son cubiertos por dichas aplicaciones.

En el caso del análisis de Monte Carlo, actualmente se están desarrollando software especializado para su aplicación. Sin embargo, su implementación es más lenta que en caso del VaR delta normal. Para aquellos portafolios que no son cubiertos por los programas actuales, el método Monte Carlo es una opción más viable, dado que no requiere calcular las posiciones de todos sus instrumentos. Sin embargo, es necesario que se establezca el tipo de distribución a utilizar y estimar los parámetros de la distribución.

Todos los métodos requieren que los modelos de precios se encuentren disponibles. Aunque en el caso del método delta normal no se utilizan directamente dichos precios, se usan para establecer la posición de las opciones. En este caso, la aplicación del análisis VaR se puede complicar cuando se manejan portafolios con opciones poco comunes y se trabaja con *swaps* de tasas de interés.

3. *Facilidad para comunicar los resultados*

El método de simulación histórica es uno de los más fáciles de explicar cuando el auditorio no tiene conocimientos técnicos. En el caso del análisis delta normal, se deben manejar conceptos relacionados con la distribución normal y la desviación estándar. Las simulaciones de Monte Carlo son las más difíciles de explicar pues se deben manejar los muestreos aleatorios, las distribuciones de probabilidades y además tener conocimientos sobre el mercado analizado.

4. *Confiabilidad de los resultados*

Todos los métodos dependen de la información histórica, siendo el caso más particular la simulación histórica que depende directamente de los datos pasados. En este caso, el peligro radica en que la muestra elegida no sea representativa para analizar el comportamiento futuro del mercado. Por eso, se recomienda aplicar este análisis en conjunto con la experiencia de los analistas, para determinar las tendencias que se esperan en el mercado.

Las otras metodologías utilizan las series de tiempo para determinar los parámetros de las distribuciones. El análisis delta normal las utiliza para estimar las desviaciones estándar y las correlaciones de la distribución normal multivariada que describe el comportamiento de los factores de mercado. Aunque con esta metodología existe el peligro de que el período sea atípico, al fijarse una distribución de probabilidades, se limitan las posibles formas que la distribución estimada puede tener.

Finalmente, el análisis Monte Carlo puede generar resultados incorrectos cuando la distribución asumida no describe en forma adecuada el comportamiento de los activos del portafolio.

5. *Flexibilidad para incorporar supuestos alternativos*

Los métodos delta normal y de simulación histórica están muy relacionados a las series de datos, esto dificulta la incorporación de supuestos sobre el comportamiento futuro de las variables. En el caso de Monte Carlo, estos análisis son más fáciles pues la información histórica se utiliza para elegir la distribución asociada y sus respectivos parámetros. Sin embargo, la mayoría de los programas computacionales que se utilizan para calcular este método no son muy flexibles o son difíciles de programar.

V. *CRÍTICAS SOBRE EL USO DEL VAR*

El análisis de valor en riesgo tiene algunas desventajas, una de las más frecuentes es la necesidad de información histórica para su cálculo. El comportamiento histórico no necesariamente se repetirá en el futuro, por lo que los pronósticos elaborados con este procedimiento nunca serán exactos. Adicionalmente, existe el peligro de que el período seleccionado no sea típico, como es el caso de espacios temporales con baja volatilidad en los rendimientos y precios de mercado, en cuyo caso el VaR calculado estaría subestimado y viceversa (Linsmeier y Pearson, 1996).

El VaR que se obtiene únicamente aplica para la cartera actual, sin posibilidades de que presente cambios durante el período seleccionado para el cálculo. Este supuesto es razonable cuando se selecciona un horizonte temporal de un día hábil, no obstante, para lapsos más amplios es poco probable que un administrador de cartera mantenga una posición estática durante todo un mes y que esta no sufra modificaciones.

Finalmente, la literatura ha señalado que el VaR no considera las diferencias de liquidez entre los títulos que componen la cartera ni mide los efectos de una eventual crisis de mercado. Por ello, esta metodología sólo aplica en condiciones normales de mercado (Otárola, 2001).

VI. EL USO DEL VAR PARA LA REGULACIÓN DE ENTIDADES FINANCIERAS

La aplicación del análisis VaR en materia de regulación se inicia en 1988, cuando el acuerdo de Basilea estableció un esquema progresivo para imponer requerimientos mínimos de capital a los bancos comerciales, el cual fue criticado posteriormente por no tomar en cuenta el riesgo del portafolio del banco, dado que las correlaciones entre los componentes del portafolio pueden alterar significativamente el riesgo total del mismo. Además, en el acuerdo original la medición del riesgo de mercado era muy pobre, pues no contabilizaba cambios en variables como las tasas de interés. En reconocimiento de estas desventajas, el Comité de Basilea optó por la medición del riesgo de mercado mediante el enfoque de Valor en Riesgo.

La primera propuesta en este sentido, fue elaborada en 1993 con el modelo estándar. En este caso, el VaR se calcula para los portafolios expuestos al riesgo de: tasa de interés, tipos de cambio, participaciones o productos. El VaR total del banco se obtiene como la suma de los diferentes VaR de las cuatro categorías anteriores.

Para el riesgo de tasas de interés, las propuestas definen un conjunto de bandas de vencimiento, dentro de las cuales se identifican las posiciones netas en todas las partidas dentro y fuera del balance. Posteriormente, se asigna una ponderación de duración a cada una de las bandas. La suma de todas las posiciones netas evaluadas genera un indicador global de riesgo de tasa de interés⁷.

Para el riesgo cambiario y de participación, el cargo de capital por el riesgo de mercado es el 8% de la posición neta, mientras que para los productos se maneja un cargo de 15%.

Sin embargo, estas metodologías presentaban algunos inconvenientes; entre ellos: que la duración de algunos instrumentos es difícil de determinar y que no toma en cuenta la diversificación de los distintos instrumentos.

Para subsanar estos vacíos, en 1995 se presentó un anexo substancial a los modelos de riesgo de mercado, en el cual se le permitía a los bancos utilizar sus propios modelos de riesgo para determinar sus requerimientos de capital. Dentro de estas propuestas, la más reciente se basa en la aplicación de la metodología VaR, para la cual se recomienda utilizar los siguientes parámetros:

⁷ En este análisis, la conciliación de las posiciones dentro de una banda y la agregación entre las bandas, asume esencialmente correlaciones perfectas entre los instrumentos de deuda.

1. Un horizonte de 10 días de operación o de dos semanas calendario.
2. Un intervalo de confianza de 98 por ciento.
3. Un período de observación basado en un año de datos históricos actualizados, al menos una vez por trimestre.
4. Las correlaciones se podrían establecer sobre categorías generales así como entre categorías.

De los resultados obtenidos, se recomienda fijar el nivel de capital en el nivel más alto del VaR del día previo, o en relación con el VaR promedio de los últimos 60 días hábiles.

En cuanto a los intermediarios financieros no bancarios, la regulación establecida es análoga a la de los bancos ya que sus portafolios operativos son similares. Para el caso de las pensiones, todavía no se ha establecido regulación que obligue a las operadoras o administradoras a mantener requerimientos de capital de acuerdo con sus activos propios. Sin embargo, cuando se trabaja con regímenes de beneficios definidos hay una gran variedad de restricciones. En estos casos, se requiere que las compañías hagan contribuciones que sean suficientes para brindar cobertura a los pagos de pensión. De esta forma, el capital mínimo es el valor presente de los pasivos por pago de pensión futuros, tomando en cuenta que las provisiones deben ser más blandas por no tomar riesgos excesivos.

VII. LA UTILIZACIÓN DEL VAR EN LOS FONDOS DE PENSIONES

A. Riesgos de manejar fondos de pensiones

El análisis de riesgo mediante la metodología del VaR se ha difundido con gran fuerza en el sector bancario, dado que su cartera de inversiones cambia constantemente y ello requiere que las mediciones de riesgo sean frecuentes. En estos casos, el análisis VaR permite subsanar los problemas de tener mediciones de riesgo basadas en las posiciones anteriores que usualmente son distintas a las actuales. Sin embargo, en la industria de administración de fondos de pensiones, la utilización del VaR no se ha difundido con tanta facilidad, debido a las siguientes razones:

- Para dichos fondos, los horizontes de inversión son los amplios y las posiciones se cambian más lentamente. En este caso, una secuencia de eventos adversos no conduciría a un fondo de pensiones a la quiebra con tanta facilidad como lo haría con una entidad bancaria
- Los bancos manejan un alto nivel de apalancamiento lo que les origina una alta exposición al riesgo de crédito. Caso contrario se presenta en los fondos de pensiones donde las inversiones se manejan con más prudencia y no se trabaja con apalancamiento.
- La menor efectividad del análisis VaR en períodos largos no han estimulado su difusión entre las administradoras de fondos de pensiones (Simons, 2000).

Sin embargo, muchos de los beneficios que han hecho tan exitosa la metodología VaR entre los bancos son aplicables a los fondos de pensiones, ya que permite tener un mejor control y manejo de los riesgos financieros que se presentan cuando se manejan inversiones.

En los fondos de pensiones el riesgo se mide en términos relativos, como la diferencia monetaria entre el rendimiento del fondo y el beneficio obtenido de haber invertido en dinero en el *benchmark* escogido como base de comparación, en este sentido, la evaluación y la valoración del riesgo de mercado es fundamental.

El *Risk Standards Working Group*⁸ en su documento *Risk Standards for Institucional Investment Managers and Institucional Investors* reitera la importancia de escoger adecuadamente la medida de referencia y tener un manejo apropiado de los activos de la cartera. Por ello, las operadoras de pensiones deben identificar cuáles son los riesgos a los que se exponen y establecer límites para estos. Posteriormente, deben analizar el rendimiento obtenido en conjunto con los riesgos asumidos, a fin de evitar mezclas de políticas de inversión inadecuadas, las cuales se suelen presentar frecuentemente cuando los fondos se invierten en otra administradora y el fondo de pensiones toma una actitud pasiva o cuando las carteras se manejan activamente y se producen desviaciones de las políticas establecidas por la administración.

Otro factor importante que deben considerar los fondos de pensiones es el riesgo de calce entre el vencimiento de sus inversiones y el momento en el cual los afiliados pueden realizar retiros. Este usualmente depende de la maduración que tengan los contratos y es válido para la fase de acumulación de un plan de pensiones.

Finalmente, las operadoras deben cubrirse de los riesgos económicos, que recogen los cambios en la imagen de la operadora, el fondo o la corporación a la que pertenecen.

B. Beneficios para las operadoras de pensiones de utilizar el VaR

La regulación prudencial de las empresas financieras requiere que éstas mantengan niveles mínimos de capital como reservas contra el riesgo financiero. El Comité de Basilea para la Supervisión Bancaria, el Banco de la Reserva Federal de Estados Unidos y los reguladores en la Unión Europea han aceptado el VaR como una medida aceptable del riesgo. Esta decisión se ha basado en los múltiples beneficios que puede brindar esta herramienta. Por otra parte, si bien el fondo de pensiones es una entidad o figura independiente de la operadora, en la cual no se exigen adecuaciones de capital, es fundamental la evaluación de los riesgos financieros en la gestión de los recursos, dado que el principal objetivo es obtener la mejor combinación de riesgo rendimiento.

Por lo anterior, el uso de la técnica VaR es importante en el Sistema de Pensiones, por las siguientes razones:

⁸ Este grupo se conformó con representantes de las siguientes entidades: *The Rockefeller Foundation, GTE Investment Management Corporation, Pacific Telesis Group, The Equitable Companies Inc., Office of the Comptroller of New York City, The Common Fund, R.R. Donnelley & Sons Company, CalPERS, Employee's Retirement Association, Amoco Corporation and Capital Market Advisors.*

1. *Es una herramienta útil para la presentación de información*

La utilización del VaR le permite a los inversionistas tener criterios más científicos y objetivos para evaluar los riesgos financiero, así como una medida uniforme del riesgo. De esta forma, permite reforzar los esfuerzos de los supervisores por promover la estabilidad en los mercados, ya que los agentes económicos obligan a las empresas financieras a manejar sus actividades operativas de una forma prudente y de acuerdo con los objetivos establecidos (Jorion, 1999).

2. *Permite monitorear y controlar los riesgos*

Usualmente, los fondos de pensiones implementan sus decisiones de inversión por medio de dos pasos. El primero consiste en diseñar la estrategia basada en el estudio de las inversiones a largo plazo, el cual usualmente se realiza por medio del análisis de media-varianza. Posteriormente, se delega el fondo a un grupo de expertos que se encarga de administrar los recursos de acuerdo con los lineamientos previamente establecidos por los administradores.

Sin embargo, el control del riesgo se puede perder con el tiempo, pues existen muchas partes involucradas en el proceso. Ello puede generar exposiciones al riesgo no deseadas o cambios en las estrategias iniciales. La implementación de la metodología VaR permite confirmar si los riesgos que se asumen en el corto plazo se desvían de las metas del largo plazo.

3. *Permite asignar los recursos*

El análisis VaR permite ajustar racionalmente las posiciones cuando los riesgos cambian, especialmente si se trabaja en mercados muy volátiles. Para ello, se fija un nivel de exposición aceptable y por medio del VaR se comparan diferentes clases de activos para establecer un portafolio óptimo a los objetivos planteados.

4. *Permite evaluar el desempeño*

Las mediciones del VaR permiten elaborar una base estandarizada para la comparación de mercados con diferentes características de riesgo. Por ello, a nivel estratégico, las mediciones del desempeño ajustadas por riesgo permiten establecer cuales activos le agregan más valor al portafolio. De esta forma, se evalúan las ganancias de los operadores y el desempeño del modelo (Jorion, 1999).

VIII. CONCLUSIONES

El Valor en Riesgo estima la máxima pérdida que puede tener un portafolio con un determinado nivel de confianza en un horizonte de tiempo dado. Su implementación se puede realizar por medio de tres procedimientos. El primero (análisis delta normal) supone que las carteras contiene activos que se distribuyen normalmente y consiste en valorar el portafolio al precio actual de mercado con el fin de obtener la desviación estándar y multiplicar por el factor correspondiente al nivel de confianza deseado. La simulación histórica estima el VaR reconstruyendo la historia, para lo cual elabora una distribución de pérdidas y ganancias aplicando los precios y rendimientos que se presentaron en el pasado. Finalmente, el método de Monte Carlo estructurado simula un rango amplio de cambios aleatorios y realiza la valuación del portafolio.

Los bancos usualmente han utilizado este análisis para establecer sus requerimientos de capital y cuantificar los riesgos de mercado. En el caso de los fondos de pensiones, su uso no es tan difundido aún, pero muchos de los beneficios que lo han hecho tan exitoso entre los intermediarios financieros pueden ser aplicados en el sector de pensiones.

De esta forma, el VaR constituye una herramienta útil para que los inversionistas tengan un criterio más exacto del trabajo que realizan los administradores de los fondos. Ello refuerza la búsqueda de estabilidad financiera por parte de las autoridades supervisoras, ya que obliga a las operadoras de pensiones a manejarse de una forma prudente y de acuerdo con los objetivos establecidos.

Otro de los principales beneficios del VaR consiste en su capacidad de monitorear y controlar los riesgos a lo largo del tiempo, al verificar que las acciones de corto plazo no se aparten de las metas de largo plazo.

Cuando los mercados en los que trabajan las operadoras son muy volátiles, el análisis VaR les permite ajustar racionalmente sus posiciones cuando los riesgos de los instrumentos cambian. Adicionalmente, permite comparar mercados con diferentes características.

Sin embargo, la metodología del Valor en Riesgo tiene algunas desventajas, siendo la más importante que su cálculo se basa en información histórica que no necesariamente se repetirá en el futuro, lo que hace que los pronósticos con este método nunca sean exactos. Su cálculo es válido mientras se mantenga la misma cartera y sólo se debe aplicar en condiciones normales de mercado.

A pesar de las críticas anteriores, esta metodología ha tomado importancia entre los reguladores, en especial luego de su aprobación por parte del Comité de Basilea para ser aplicada en el cálculo de las reservas y el capital mínimo de los intermediarios financieros. En el caso de las operadoras de pensiones, aún no se han establecido normas que las obliguen a mantener un nivel de capital dado.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Aragonés, J; Blanco, C y Dowd, K. 2001. *Incorporating Stress Testing into Market Risk Modelling*. Derivates Quarterly: Spring.
- Best, P. 1999. *VaR versus Stress Testing*. Derivates Week: November, 8.
- Blake, D; Cairns, A y Dowd, K. 2001. *Pensionmetrics: Stochastic Pension Plan Design and Value at Risk During the Accumulation Phase*. Pension Institute: Discussion Paper PI-0102.
- Blanco, C. 1998. *Nuevos avances en la metodología de valor en riesgo: conceptos de VeRdelta y Verbeta*. Análisis Financiero.
- Blanco, C. 1999. *Complementing VaR with Stress Testing*. Derivates Week: August, 9.
- Falkestein, E. 1997. *Value at Risk and Derivates Risk*. Derivates Quarterly: Fall, vol N°4.
- Johnson, C. 2000. *Métodos de evaluación del riesgo para portafolios de inversión*. Chile: Banco Central de Chile. Documento de trabajo N°67.
- Johnson, C. 2000. *Value at Risk ajustado por liquidez: una aplicación a los bonos soberanos chilenos*. Chile: Banco Central de Chile. Documento de trabajo N°76.
- Johnson, C. 2002. *Value at Risk: teoría y aplicaciones*. Chile: Banco Central de Chile. Documento de trabajo N°136.
- Jorion, P. 1997. *In Defense of VaR*. Derivates Strategy.
- Jorion, P. 1999. *Valor en Riesgo: el índice de referencia para controlar el riesgo en derivados*. México DF: Editorial Limusa.
- Jorion, P. 2000. *Risk Management lessons from Long Term Capital Management*. European Financial Management: September.
- Jorion, P. 2001. *Value at Risk: the New Benchmark for Managing Financial Risk*. II ed. United States: McGraw-Hill.
- Levonian, M. 2000. *Value at Risk: What It Is, How It Is Use*. Seminario impartido en el Fondo Monetario Internacional. Washington DC
- Linsmeier, J y Pearson, N. 1996. *Risk measurement: An Introduction to Value at Risk*. University of Illinois.
- Marshall, C. 2001. *Measuring and Managing Operational Risks in Financial Institutions: Tools, Techniques and Other Resources*. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- Minnich, M. 1998. *A Primer on VaR*. Perspectives on Interest Rate Risk Management for Money managers and Traders.

- Navarro, W. 1999. *VaR delta-normal para el portafolio de inversiones del Banco Nacional*. Proyecto final de graduación de Maestría en Economía con énfasis en Banca y Mercado de Capitales. San José: Universidad de Costa Rica
- Otárola, C. 2001. *Aplicación de la teoría del “Valor en Riesgo” a títulos del sector público*. Proyecto final de graduación de Maestría en Economía con énfasis en Banca y Finanzas. San José: Convenio UCR-FUNDEPOS
- Saunders, A. 1999. *Credit Risk Measurement*. United States: John Wiley & Sons, Inc.
- Sequeira, F. 1998. *Aplicación de la metodología del “Value at risk” al análisis del riesgo de crédito en el Banco Crédito Agrícola de Cartago*. Proyecto final de graduación de Maestría en Economía con énfasis en Banca y Mercado de Capitales. San José: Universidad de Costa Rica
- Silva, M. 2000. *Valor en riesgo de la cartera de crédito del sistema bancario nacional*. Proyecto final de graduación de Maestría en Economía con énfasis en Banca y Mercado de Capitales. San José: Universidad de Costa Rica.
- Simons, K. 2000. *The Use of Value at Risk by Institutional Investors*. New England Economic Review: Nov/Dec.
- Soler, J. et al. 1999. *Gestión de riesgos financieros: un enfoque práctico para países latinoamericanos*. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Styblo, T. 1996. *VaR: Seductive but Dangerous* . Financial Analyst Journal: Sep/Oct.
- Vilariño, A. 2001. *Turbulencias financieras y riesgos de mercado*. Madrid: Prentice Hall.

morerama@supen.fi.cr

ANEXO 1: PRUEBAS COMPLEMENTARIAS AL USO DEL VALOR EN RIESGO

El Valor en Riesgo (VaR) es una medida de riesgo muy sencilla de implementar cuando se trabaja en condiciones normales de mercado. Sin embargo, en casos extremos de mercado esta metodología puede brindar resultados sesgados. Por ello, para complementar los resultados del VaR y solventar el problema apuntado, se han desarrollado otras metodologías adicionales que brindan una evaluación del riesgo más certeras en estas situaciones. A continuación se describen las técnicas más utilizadas:

A. Método de pruebas de stress

Algunas veces llamado análisis de escenarios, trata de examinar el efecto de cambios simulados en variables críticas sobre el valor del portafolio. Para ello, se miden modificaciones en la curva de rendimientos, las monedas, las volatilidades, entre otros, por medio de escenarios que representen estas situaciones.

Para implementar este tipo de pruebas no hay un método estándar ni un conjunto de escenarios que se puedan utilizar como base. Su cálculo depende de la experiencia de la persona que lo aplica.

Este tipo de análisis inicia con el establecimiento de una serie de supuestos sobre las condiciones extremas que se pueden presentar en un mercado. Posteriormente, se determina el efecto de estos eventos sobre el precio de cada activo y el valor del portafolio. Asimismo, se deben tomar en cuenta los efectos sobre la liquidez de los mercados a fin de evitar descalces entre las fechas donde se requieren los recursos y aquellos donde efectivamente se reciben.

Las pruebas de stress también se utilizan en aquellos casos donde se violan los supuestos para el cálculo del VaR, como es el caso de utilizar períodos históricos que no son representativos.

Sin embargo, a esta metodología se le crítica su escasa base científica y que es totalmente subjetiva, por lo que escenarios inadecuados pueden llevar a mediciones erróneas. Adicionalmente, considera poco las correlaciones de los activos, lo cual es esencial en la medición del riesgo de un portafolio.

B. Análisis de sensibilidad

Las empresas solo están expuestas a pocos factores de mercado; por ello, pueden considerar que los beneficios de calcular el VaR son muy pocos en relación con los beneficios obtenidos. Para estos casos, el análisis de sensibilidad puede representar una buena opción.

Las aproximaciones con esta metodología se realizan estableciendo cambios hipotéticos en cada una de las variables de mercado relevantes y aplicando modelos de precios para obtener el nuevo valor de mercado del portafolio. Posteriormente, se compara el resultado del mercado con el valor actual del portafolio para determinar el cambio en su precio.

El principal problema de este tipo de análisis es que a los portafolios usualmente los afectan diversos factores de mercado, ello genera muchas combinaciones de posibles eventos que determina el valor de la cartera. Por ello, es un análisis que no puede ser aplicado para portafolios muy grandes.

ANEXO 2: LA APLICACIÓN DEL VAR EN LA SUPEN

En Costa Rica, los serios problemas del Régimen de Invalidez, Vejez y Muerte administrado por la CCSS llevaron a la creación del segundo pilar del Sistema de Pensiones, constituido por el Régimen Obligatorio de Pensiones Complementarias que funciona bajo la modalidad de capitalización individual (Ley de Protección al Trabajador. Adicionalmente a las operadoras de pensiones se les dio la oportunidad de administrar otro tipo de fondos, como son los fondos de capitalización laboral, de carácter obligatorio, los planes de pensión voluntarios y los planes de ahorro voluntario. Todas las figuras mencionadas están bajo la regulación y supervisión de la Superintendencia de Pensiones (SUPEN), entidad que en la actualidad está en proceso de elaboración de la normativa prudencial para las operadoras de pensiones y los fondos administrados, así como en la definición de los modelos de calificación de cada figura.

Por otra parte, las tendencias internacionales establecen que los países deben evolucionar hacia modelos de supervisión basados en riesgo; por ello, se considera que el VaR puede ser de gran utilidad para establecer el capital que deben manejar las operadoras con base a sus activos propios y medir el riesgo de mercado al que se encuentran expuestos los fondos de pensiones.

A. Supuestos generales

Para la aplicación de alguna de las tres metodologías de VaR, se requiere establecer una serie de supuestos bajo los cuales se deben trabajar. Para ello, a continuación se ofrece una lista de los principales supuestos para aplicar este análisis en las operadoras de pensiones y los fondos que estos administran.

1. Horizonte temporal

Se recomienda trabajar con lapsos de quince días o de un mes, ya que se tratan de inversiones a largo plazo, donde se supone que las posiciones se mantienen. Sin embargo, en casos donde las posiciones cambien con frecuencia se deben utilizar lapsos más cortos.

2. Intervalo de confianza

Se sugiere utilizar un 95%, ya que como se señaló anteriormente, la evidencia empírica ha demostrado que funciona mejor, pues los mercados no siempre se distribuyen normalmente.

3. Datos

Para la implementación de este análisis se debe contar con estadísticas de las carteras de inversiones de cada uno de los fondos administrados por las operadoras y con un vector de precios para valorar cada activo. Si bien el sistema de inversiones de la SUPEN contendrá información diaria de cada uno de los portafolios administrados, esta base de datos está aún en desarrollo, por lo que de momento la información disponible de las inversiones es solo del cierre de fin de mes en hojas de trabajo individuales, lo que limita de momento el cálculo del VaR y dificulta el procesamiento eficiente de la información.

En cuanto al vector de precios, se cuenta con una serie elaborada por la Bolsa Nacional de Valores, la cual se calcula desde agosto del 2001. Sin embargo, la

metodología de la misma se ha ido ajustando, por lo que la última serie, con una metodología uniforme, se calcula desde julio del 2002.

B. Metodología más adecuada

Los análisis VaR se pueden realizar mediante la implementación de tres metodologías. Sin embargo, al considerar las condiciones del mercado costarricense, se puede determinar la viabilidad de aplicar un procedimiento u otro.

1. Método delta normal

Esta metodología es la más sencilla de aplicar y tan sólo requiere de una hoja de Excel para su implementación. Sin embargo, se basa en el supuesto de que los activos que componen el portafolio se distribuyen normalmente. En Costa Rica existe evidencia empírica de que algunos activos no siguen este tipo de distribución⁹. Por tanto, no se recomienda utilizar esta metodología sin antes comprobar la normalidad de todos los instrumentos de inversión utilizados por las OPC. Sin embargo, se debe señalar que esta metodología es la que aplica el Banco Nacional en su modelo de riesgo y para lo cual se aplica el método de Kernel, el cual está diseñado para densidades de probabilidad no normales.

2. Método simulación histórica

Al igual que en el caso anterior, la elaboración de esta técnica es muy sencilla y tan sólo se requiere de una hoja de Excel para su cálculo. Además, se requiere de una serie de precios extensa que permita montar la distribución de la cartera; para lo que se puede utilizar la información del vector de precios que cuenta con suficiente información diaria¹⁰. Por ello, se considera que esta técnica es la más conveniente para ser aplicada en la SUPEN. Además, ya es utilizada en varios bancos comerciales como: Banex, Interfin e Improsa.

3. Método Monte Carlo

Este es la técnica más exacta para implementar el análisis VaR. Sin embargo, para su elaboración se requiere de un programa econométrico especializado como el Riskmetrics o Pensionmetrics, el cual tiene un costo muy elevado. Por el momento no se considera necesario implementar esta técnica, pues por el momento la evidencia empírica disponible demuestra que los activos del mercado costarricense presentan muy poca volatilidad¹¹.

⁹ Para mayor información, consúltese Navarro (1999) y Otárola (2001).

¹⁰ No se recomienda utilizar series muy extensas que puedan capturar información irrelevante que no se ajuste a las condiciones actuales del mercado y que puedan distorsionar el cálculo.

¹¹ Este tema es necesario evaluarlo nuevamente, después de la entrada en vigencia de la valoración a precios de mercado, que puede haber cambiado el patrón de volatilidad de los activos financieros del mercado costarricense.