

## **“Medición de Riesgos Financieros en Sistemas Financieros Menos Desarrollados”**

Por Mario Zambrano Berendsohn

Julio, 2003

### **Resumen**

Con el objetivo de propiciar mejoras en la gestión de riesgos en sistemas financieros poco desarrollados, este trabajo estudia la medición de los distintos riesgos financieros a través de la aplicación del Valor en Riesgo (VaR) sobre los portafolios financieros. La motivación reside en implementar una razonable medición de riesgos, ganar eficiencia en la asignación de capital y adoptar la regulación financiera internacional (Acuerdos de Basilea).

El trabajo considera los diferentes factores de riesgo (tipos de cambio, tasas de interés, etc) y sus correlaciones. Estos factores podrían ser más relevantes en sistemas financieros pequeños como los de Latino América, que mantienen una alta dolarización y donde se genera el riesgo cambiario crediticio. En particular, para economías altamente dolarizadas es clave el análisis de la relación entre shocks cambiarios y su impacto sobre las tasas de descuento.

## **“Measuring Financial Risks in Undeveloped Financial Systems”**

### **Abstract**

With the objective to improve the risks management in undeveloped financial systems, this paper studies the measuring of financial risks through the application of the Value at Risk (VaR) approach for the financial portfolios. The motivation is multiple: to set up a reasonable risks measurement, to gain in efficiency over the capital requirement, and to fulfill with the international financial regulation (Basle's Accords).

This paper considers different types of risk -like exchange or interest rate risks- and their correlations. These risks could be more relevant in some small financial systems with a high level of dollarization, like Latin Americans, in which also there is the credit-exchange risk. In particular, for those financial systems with a higher dollarization is important to analyze the relationship from the exchange shocks to the discount rates.

CLASIFICACIÓN JEL: C1, C2, C6, G1 y E3

CLAVE: Medición de Riesgo, Valor en Riesgo, Correlaciones, Opciones Financieras, Capital Propio.

E-Mail del Autor: [mzambrano@sbs.gob.pe](mailto:mzambrano@sbs.gob.pe) y [mzambranob@hotmail.com](mailto:mzambranob@hotmail.com)

Superintendencia de Bancos, Seguros y Pensiones; Los Laureles 214, San Isidro, L -27, Lima - Perú, teléfono 51-1- 2217125

## INDICE

Introducción

Capítulo 1: Identificación de Riesgos Financieros:

- 1.1. Riesgos Financieros
- 1.2. Factores de Riesgos Financieros
- 1.3. Representación del Riesgo

Capítulo 2: Modelo de Medición de Riesgos: Valor en Riesgo.

- 2.1. Modelo de Valor en Riesgo (VaR).
- 2.2. Elección del Modelo de VaR.
- 2.3. Regulación Financiera sobre Modelos de Medición de Riesgos

Capítulo 3: Aplicaciones del VaR en Mercados Financieros Poco Desarrollados.

- 3.1. "Mark to Model" versus "Mark to Market".
- 3.2. Instrumentos de Renta Variable.
- 3.3. Instrumentos de Renta Fija.
- 3.4. Instrumentos Financieros Derivados.
  - 3.4.1. Contratos a Plazos (forwards)
  - 3.4.2. Opciones Financieras

Capítulo 4: Una Aproximación a la Medición del Riesgo de Crédito

- 4.1. Medición del Riesgo de Contraparte.
- 4.2. Medición del Riesgo País.
- 4.3. Medición del Riesgo Cambiario Crediticio.

Conclusiones

Bibliografía

## Introducción.

Este trabajo estudia diversos aspectos en la gestión de los riesgos financieros, en particular la identificación y medición de los riesgos financieros en sistemas financieros pequeños. Se precisa la permanente necesidad de identificar los distintos factores de riesgo presentes en cualquiera de las posiciones de los portafolios y, en función de ello, se evalúa la aplicación de modelos internos de medición de riesgos, tipo Valor en Riesgo, por parte de las empresas de los sistemas financieros de Latinoamérica, incidiendo en aquellos que muestren una elevada dolarización. La aplicación de modelos de medición de riesgos impacta en la asignación del capital con base en los resultados de dichos modelos internos y su consiguiente ganancia de eficiencia, la mejora de la gestión de riesgos financieros y el acercamiento a los estándares establecidos por Basilea II.

Actualmente, la regulación bancaria en algunos países de Latinoamérica exige capital por riesgos financieros (de crédito, de tasas de interés, cambiario y de precio) a través de la metodología estándar (Basilea 1988 y 1996). Se observa un rezago del uso regulatorio de modelos internos, algunas razones de ello tienen que ver con los costos de sistemas y el stock del capital humano.

Así, la primera parte del trabajo se plantean algunos hechos estilizados sobre los principales riesgos financieros (tipos de interés, tasas de cambio, precios de stocks, etc), el mapeo de los factores de riesgo sobre las distintas posiciones de los portafolios o balances de las empresas de los sistemas financieros, y representación de riesgo usuales.

La segunda parte establece el marco teórico, que tiene que ver con presentación de la metodología de Valor en Riesgo (VaR): definición, insumos, usos, ventajas y tipos. Así como la regulación financiera prudencial sobre estos modelos de medición de riesgos.

El tercer capítulo desarrolla aplicaciones del VaR, bajo el enfoque de Varianzas y Covarianzas, para medir el riesgo tanto para instrumentos financieros usuales en plazas financieras de la región como carteras de inversión. Se señala la dificultad de llevar las posiciones a mercado, mark to market, y se presenta algunas alternativas, mark to model, que ya se vienen aplicando para superar esta carencia.

Este conjunto de aplicaciones favorece la gestión interna de riesgos financieros acorde con lo estipulado por el Acuerdo de Basilea (1996). Se considera el mapeo de los factores de riesgo y sus correlaciones, en particular para los sistemas financieros con alta dolarización, donde también se identifica la presencia del riesgo cambiario crediticio.

La integración de estas aplicaciones, por tipo de riesgo, pueden servir de plataforma para asignar -alternativamente al modelo estándar- capital por cada riesgo financiero. Estos desarrollos permitirán la ganancia de eficiencia en la asignación del capital, poniéndolo a par con otras plazas financieras.

Finalmente, se resume las principales conclusiones que buscan mejorar la gestión de riesgos, en ambientes financieros menos desarrollados, a través de modelos internos que midan las exposición a los distintos riesgos financieros. Extensiones del trabajo se enfocan en profundizar el análisis de la relación desde shocks cambiarios y su impacto sobre las tasas de descuento, variable proxy de la capacidad de pago de los deudores, hecho relevante para economías altamente dolarizadas, con baja generación de dólares e ingresos mayormente en moneda local.

# Capítulo 1: Identificación de Riesgos Financieros.

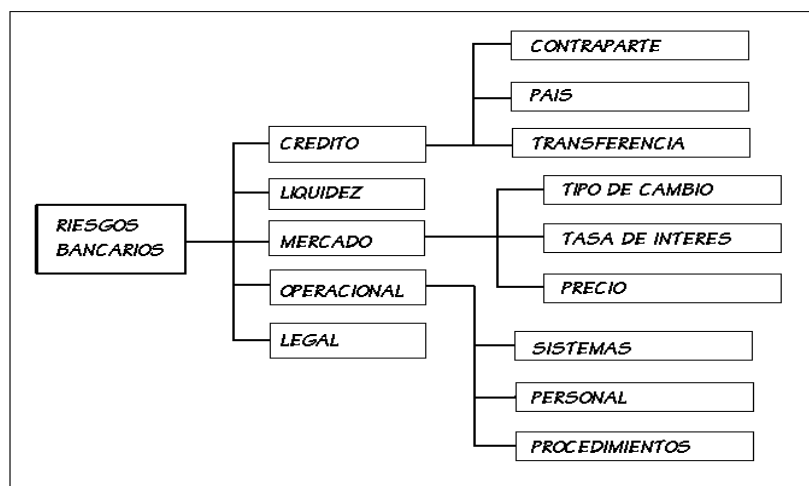
## 1.1. Los Riesgos Financieros.

Cada instrumento financiero, cada portafolio de activos o cada balance financiero se encuentra expuesto a diversos riesgos financieros (posibilidad de pérdida o disminución del valor económico); los cuales se refieren básicamente al riesgo de crédito, el riesgo de liquidez y los riesgos de mercado.

Los riesgos de mercado se asocian con las pérdidas no esperadas sobre instrumentos, portafolios o balances debido a cambios adversos en los precios de mercado. Existiendo los siguientes tipo de riesgos de mercado: de tasa de interés, de moneda extranjera y de precio de los commodities y valores representativos de capital.

En enero de 1996, a raíz de las crisis experimentadas (Barings, Daiwa, Orange County, etc) debido al impacto de los precios de mercado sobre los balances o portafolios de determinadas empresas, el Comité de Basilea para la Supervisión Bancaria adiciona al Acuerdo de Capital (1988) la Enmienda de 1996 para incorporar requerimientos patrimoniales para cubrir las exposiciones a riesgos de mercado de la cartera de trading o intermediación, que podría extenderse al balance financiero en el de los riesgos de mercado globales<sup>1</sup>.

### Riesgos sobre Sistemas Financieros



Cualquier proceso de gestión de riesgos debe partir por reconocer que los riesgos financieros siempre están presentes y que, por tanto, deben identificarse. Este es un principio que se aplica tanto para empresas del sector real como para las empresas del sistema financiero.

Adicionalmente, en sistemas financieros altamente dolarizados debe agregarse el riesgo cambiario crediticio. Este riesgo tiene que ver con el impacto de un shock cambiario sobre la capacidad de pago de los deudores que generan ingresos mayormente en moneda local, riesgo presente en varios sistemas financieros de Latino América. En ese sentido, para los agentes con una corriente de ingresos en moneda local, incrementos significativos en los tipos de cambio afectarán sus flujos de pagos sobre sus endeudamientos -o posiciones cortas- en moneda extranjera.

<sup>1</sup> Cabe señalar que un nuevo acuerdo de capital ha sido planteado (Basilea II), para reemplazar al de 1988 (Basilea I), pero su aplicación efectiva no se contemplaría hasta el 2005.

## 1.2. Factores de Riesgos Financieros.

Tal como se aprecia en la siguiente matriz, cualquier instrumento financiero está expuesto a al menos un factor de riesgo financiero. Es decir, se hace indispensable en cualquier gestión de riesgos, identificar la cantidad de riesgos financieros que amenazan impactar sobre las posiciones individuales (cortas o largas), portafolios o balances. Inclusive se tiene que tener en cuenta la correlación existente entre los diferentes riesgos que podrían corregir una sobre estimación en la medición del riesgo.

### Mapeo de Variables de Mercado o Factores de Riesgo de los Activos Financieros.

Instrumentos Financieros	Tipos de cambio spot	Tasas de Interés locales	Tasas de Interés en monedas externas	Precio de acciones y commodities	Volatilidad implícita de tipos de cambio	Volatilidad implícitas de tasas de interés
Mcdto Spot de Monedas	X					
Bonos y CDs, CDs sobre índices		X	X	X		
Cuotas de participación en Fondos Mutuos		X	X			
Swaps de Monedas	X	X	X			
Forwards de Monedas	X	X	X			
Swaps de Tasas de Interés		X	X			
Forwards de Tasas de Interés		X	X			
Opciones de Monedas	X	X	X		X	
Opciones de Tasas de Interés		X	X			X
Trading de Acciones o Commodities, Ventas en Corto	X			X		

## 1.3. Representación del Riesgo.

El riesgo se define como la variación del valor del instrumento o del portafolio con respecto a su valor actual, debido a movimientos en los factores de riesgo financieros o por cambios en las variables crediticias y de liquidez, o por la presencia de problemas operativos. Por tanto, la posibilidad de que se produzcan desviaciones negativas sobre el valor actual del portafolio se considera riesgo.

De acuerdo a la teoría clásica de la inversión (Markowitz, 1959), para la toma de decisión racional de cartera hay dos parámetros claves: la rentabilidad y el riesgo. Adicionalmente, se reconoce la ventaja de la diversificación y el concepto de la frontera eficiente.

Siguiendo estas nociones clásicas, la rentabilidad esperada de la cartera se expresa como:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^M x_i \cdot E(r_i)$$

siendo

$E(r_i)$  = la rentabilidad esperada del activo i.

$x_i$  = el peso a precios de mercado de la posición en el activo i.

Asimismo, el riesgo, que representa la eventual variabilidad en el valor de una cartera, viene dado por la volatilidad (desviación estándar) del retorno de la cartera o portafolio, se expresa en la siguiente ecuación, donde el riesgo de una cartera está determinado por el riesgo de los activos (n) que se incorporan a la cartera y las correlaciones correspondientes.

$$\sigma^2(r_p) = \sum_{i=1}^N x_i^2 \sigma^2(r_i) + 2 \cdot \sum_{i \neq j}^N x_i x_j \rho_{ij} \sigma(r_i) \sigma(r_j)$$

donde

$$\rho_{A,B} = \frac{Cov(r_A, r_B)}{\sqrt{Var(r_A) * Var(r_B)}}$$

De acuerdo a los postulados clásicos, en la medida que los retornos de los activos incluidos en el portafolio estén poco correlacionados, el riesgo global de la cartera disminuirá en relación a los riesgos de los activos individuales. En parte, ello sustenta que un buen proceso de diversificación debe considerar la búsqueda de activos cuyos rendimientos presenten bajas correlaciones entre sí.

De acuerdo a las expresiones, resulta básico observar las series de los retornos, volatilidades y correlaciones. En este sentido, se presenta la siguiente data sobre correlaciones entre los retornos de los distintos subyacentes.

**MATRIZ DE CORRELACIONES (27 junio 2002 al 30 de junio de 2003)**

	PEN	EUR	LIB	PESO ARG	REAL	Peso CHI	ISBVL	DOW	BOVESPA	MERVAL	LIBOR 3M
PEN	1.00	-0.01	-0.05	0.05	<b>0.43</b>	0.32	-0.10	0.04	-0.11	-0.02	-0.03
EUR	-0.01	1.00	0.69	-0.02	0.00	-0.08	-0.05	<b>0.39</b>	0.22	-0.03	0.09
LIB	-0.05	<b>0.69</b>	1.00	0.00	-0.02	-0.13	-0.03	0.32	0.11	0.00	<b>0.16</b>
PESO ARG	0.05	-0.02	0.00	1.00	0.11	0.02	0.05	0.08	0.03	-0.01	0.03
REAL	<b>0.43</b>	0.00	-0.02	<b>0.11</b>	1.00	<b>0.41</b>	-0.19	-0.09	<b>-0.37</b>	-0.14	0.13
Peso CHI	0.32	-0.08	-0.13	0.02	0.41	1.00	-0.17	-0.17	-0.22	-0.11	0.03
ISBVL	-0.10	-0.05	-0.03	0.05	-0.19	-0.17	1.00	0.26	0.21	0.17	0.07
DOW	0.04	0.39	0.32	0.08	-0.09	-0.17	<b>0.26</b>	1.00	<b>0.49</b>	0.22	0.06
BOVESPA	-0.11	0.22	0.11	0.03	-0.37	-0.22	0.21	<b>0.49</b>	1.00	<b>0.25</b>	0.02
MERVAL	-0.02	-0.03	0.00	-0.01	-0.14	-0.11	0.17	0.22	0.25	1.00	-0.10
LIBOR 3M	-0.03	0.09	0.16	0.03	0.13	0.03	0.07	0.06	0.02	-0.10	1.00

Esta data será luego de utilidad cuando se hagan las aplicaciones de medición de riesgos.

## Capítulo 2: Modelo de Medición de Riesgos: Valor en Riesgo.

### 2.1. Modelo de Valor en Riesgo.

#### 2.1.1. Definiciones.

Varias entidades financieras han perdido una parte significativa de su patrimonio, y en algunos casos quebrar, ante pérdidas ocasionadas por movimientos no esperados en los precios de mercado. Por ejemplo, en febrero de 2002, el Allied Irish Banks (AIB) perdió aproximadamente US\$ 750 millones en el mercado de divisas. Actualmente, las empresas con posiciones activas a tasa variable, por ejemplo a libor, han visto caer el valor de su empresa producto de la reducción de las tasas de mercado en los últimos dos años. De hecho, otros compraron derivados de tasas para hacer el hedge.

En la mayoría de los casos existió una muy débil gestión o monitoreo de la exposición de la empresa a los riesgos. Así, desde mediados de la segunda parte de la década de los 90 las empresas vienen incorporando modelos que midan riesgos. Específicamente, el uso del Valor en Riesgo (VaR) viene constituyéndose en un estándar del mercado, pues es una herramienta directa, entendible y simple para calcular y controlar los riesgos de mercado. Luego, de acuerdo a la gestión de riesgos, el VaR tendrá utilidad según propósitos y usuarios: Reportes de Información de Riesgos, asignación de Capital, evaluación de Performance.

La definición estándar del VaR, que es la misma que emplea JP Morgan que inicialmente sistematizó y ofreció esta herramienta al mercado en 1994 a través de Riskmetrics, consiste en la cantidad máxima probable que se puede perder en una cartera de trading como consecuencia de movimientos adversos de los precios de mercado, con una probabilidad dada y sobre un horizonte temporal determinado. La probabilidad se determina en base a la elección de un intervalo de confianza (95% a 99%) sobre la serie de los retornos. El intervalo de tiempo se determina considerando el tiempo necesario para anular el riesgo sin alterar el mercado.

El modelo de VaR es un método de valorar o medir riesgo que emplea técnicas estadísticas estándar. De manera formal, el VaR mide la peor pérdida esperada sobre un intervalo de tiempo dado bajo condiciones normales de mercado en un nivel de confianza estadística (o probabilidad estadística). Sustentado en sólidos fundamentos técnicos, el VaR otorga a sus usuarios una medida sumaria de los riesgos. Por ejemplo, un banco puede decir que el VaR diario de su portafolio es de US\$ 40 millones con un nivel de confianza de 99%. Es decir, existe sólo una probabilidad de 1%, bajo condiciones normales de mercado, para que suceda una pérdida mayor de 40 millones. Este único número resume la exposición del banco a los riesgos financieros así como la probabilidad de un cambio adverso.

Nótese que es condición necesaria que las posiciones estén llevadas a mercado, es por ello que en un principio el ámbito de aplicación de este tipo de modelos se circunscribe a las carteras de negociación o trading. No obstante, para un alto porcentaje del resto de los activos, pasivos y carteras de derivados se podría estimar un aproximado de su valor mercado de tal forma que esta aplicación se haga extensiva a una proporción significativa del balance. Inclusive, existen empresas que deben valorizar permanentemente sus activos o fondos, mark to market o mark to model, con lo que están encaminadas a poder aplicar el VaR.

#### 2.1.2. Insumos del Modelo.

En lo referente a los insumos, se estructuran según los parámetros de la entidad, de mercado y del modelo.

### 2.1.2.1. Parámetros de la Entidad.

Los parámetros de la entidad corresponden, básicamente, a la determinación de las posiciones largas o cortas que se tengan por cada factor de riesgo en cada instrumento, a valor de mercado, tal que en otra etapa se obtenga la posición neta a valor de mercado en cada subyacente.

### 2.1.2.2. Parámetros del Mercado.

Estos parámetros se refieren a las variables de mercado (tasas, tipos, etc) que permitan valorizar las posiciones y obtener las volatilidades de cada factor de riesgo. El análisis de los retornos de los factores de riesgo permitirá la hipótesis de la distribución relativamente simétrica aunque se sabe que los retornos de los precios de los activos siguen distribuciones con más observaciones en su media y en la colas (fat tail). Así, el riesgo de una cartera dependerá también de la variabilidad (volatilidad) de los cambios de los precios y la correlación entre dichos movimientos.

El cálculo de la variabilidad (volatilidad) futura tendrá tres formas de cálculo: 1. Volatilidad Histórica: media móvil simple<sup>2</sup> (ponderan igual cada observación, se cambia la muestra permaneciendo constante el número de observaciones) y de media móvil ponderada exponencialmente (tipo Riskmetrics) que ponderan más la información reciente, 2. Volatilidad Implícita: dada la existencia de precios para opciones y que los modelos que generan estos precios sean válidos; y 3. Volatilidad Futura Estimada: modelos tipo ARCH o GARCH, opinión de expertos, etc.

### 2.1.2.3. Parámetros del Modelo.

Los parámetros del modelo están constituidos por el horizonte temporal de la medición, el periodo de observación y el nivel de confianza.

Horizonte Temporal: es el periodo sobre el cual se mide la posible pérdida producida por movimientos adversos en los precios. Ello dependerá del tiempo que vaya a mantener una posición o cartera, del grado de liquidez del mercado, costos de transacción, etc. Es usual la estimación de la volatilidad para series diarias y que luego se extrapole por “La Regla de la Raíz Cuadrada del Tiempo” al horizonte temporal determinado, en este sentido habrá que tener en cuenta que ello hace una serie de presunciones como la varianza constante, no hay reversión a la media, independencia temporal de las variaciones de los precios y que no existan barreras que restrinjan el potencial movimiento de los subyacentes. Por ello, en general, la extrapolación será más cuestionable cuanto mayor sea el horizonte temporal.

Periodo de Observación: para el cálculo de las variabilidades y correlaciones, bajo series históricas, se tiene que determinar la extensión del periodo. Los periodos largos pueden aumentar la precisión de las estimaciones pero pueden no recoger de forma adecuada cambios en el comportamiento de los precios, ello sugiere trabajar con distintos periodos de observación. Inclusive este periodo no tiene que ser igual para todas las series de factores, esto puede depender de factores de carácter estructural.

Nivel de Confianza: este se refiere al grado de protección considerado adecuado frente a posibles cambios adversos de los precios, lo que parece arbitrario aunque sería aconsejable optar por una posición prudente o conservadora.

Suponiendo un determinado nivel de confianza (c%), se define el VaR a la máxima pérdida estimada en un periodo de tiempo prefijado. El nivel de confianza se define

---

<sup>2</sup> El Banco de Pagos Internacionales de Basilea (1996) permite el uso de medias móviles simples de las series de los retornos de los subyacentes para calcular la volatilidad futura.



como la probabilidad de que no se alcance el nivel de pérdidas definido por el VaR. Por tanto, la variación del valor de la cartera -ante cambios en los precios de mercado- tal que se obtenga una pérdida superior al VaR lleva una probabilidad de  $(1-c)\%$ .

El VaR se expresa usualmente en valor absoluto, tal que

$$\text{Probabilidad (valor inicial - valor final} > \text{VaR)} = (1 - c)\%$$

Al construirse la distribución de probabilidades para el VaR, una forma de entender la máxima pérdida esperada (VaR) es aproximarla como la máxima pérdida inesperada menos la variación esperada del valor de la cartera (beneficios esperados). Así, dado un  $k$  igual a un número de desviaciones típicas, que dependerá de un nivel de confianza determinado, la máxima pérdida esperada diaria del valor de la cartera ( $V_0$ ) vendrá dado por:

$$\text{VaR}_{\text{diario}} = V_0 / k * \sigma_{\text{diaria}} - V_0 * \text{Rentabilidad}_{\text{diaria}}^{\text{esperada}}$$

Cabe señalar que hasta ahora no se asume ninguna hipótesis sobre el tipo de distribución de probabilidades que se utilizará en la aplicación del VaR, siendo este un concepto general para cualquier distribución (normal, lognormal, etc).

### 2.1.3. Tipos de Modelo.

Los sistemas de medición de riesgos tipo VaR distinguen tres tipos de metodologías: el Modelo de Varianzas y Covarianzas (su versión más empleada sería la de Riskmetrics), el Modelo de Simulación Histórica y el Modelo Simulación de Montecarlo. Cada uno de estos métodos produce una estimada exposición de VaR y pueden ser estructurados de acuerdo a las especificaciones o restricciones establecidas por la Enmienda del Acuerdo de Capital del BIS (Market Risk Amendment, 1996). Sin embargo, existen considerables diferencias en cómo es aplicada cada una así como lo razonable de cada una según la estructura o complejidad del portafolio o cartera.

Estos métodos también se pueden distinguir a si responden a un enfoque analítico o numérico. El enfoque analítico se basa en la obtención de expresiones matemáticas que representen la función de probabilidad del instrumento considerado. Ejemplo de ello sería el empleo directo de la matriz de varianzas y covarianzas para el cálculo de las medidas de riesgo de una cartera de divisas o acciones. Por su parte, el enfoque numérico se basa en técnicas de simulación de escenarios, Simulación Histórica y Simulación de Montecarlo, obteniendo la función de probabilidad por muestreo.

El enfoque analítico impone supuestos o hipótesis simplificadoras, que para determinadas posiciones complejas no reflejan correctamente el riesgo. Ante ello, se plantea como alternativa el enfoque de simulaciones numéricas, suponiendo determinados modelos de comportamiento de los factores de riesgo. De esta manera, se genera el mapa real de pérdidas y ganancias agregando el nivel de beneficios o pérdidas asociados a cada uno de los escenarios de las simulaciones. Esta metodología permite analizar el comportamiento de instrumentos sofisticados o evitar el uso de supuestos simplificadores como la normalidad.

#### 2.2.3.1. Modelo de Varianzas y Covarianzas.

Este método usa una base de datos histórica para construir una matriz de correlaciones para un periodo de tenencia u horizonte temporal. Las posiciones en los instrumentos son descompuestos de acuerdo a sus factores de riesgo o mapeados en sus posiciones delta equivalentes.

En la aplicación de la metodología de Varianzas y Covarianzas, y también en algunos Métodos Numéricos, es necesario definir previamente el tipo de comportamiento que

siguen los subyacentes (factores de riesgo) de cada posición y determinar la expresión de la función de probabilidad. Lo usual es considerar que el comportamiento del precio de los activos financieros sigue una distribución lognormal y que los retornos continuos del activo siguen una distribución aproximadamente normal (independiente e idénticamente distribuida), lo cual puede constituir una limitación, no obstante facilita el tratamiento de carteras compuesta por activos "normales". Una vez que se aproxima la función de distribución del activo subyacente será posible calcular los puntos correspondientes a los distintos intervalos de confianza. Es decir, dada una distribución normal de media  $\bar{\omega}$  y desviación estándar  $\sigma$  se obtendrá un intervalo de confianza determinado (número de veces de  $\sigma$ ).

Así, el VaR por un factor de riesgo de un instrumento sobre un horizonte temporal de 10 días:

$$\text{VaR}_i (99\%) = \text{VA}_i * \sigma * \text{NC} * (\text{HP})^{1/2}$$

Donde:

NC = nivel de confianza estadística, igual a 2.33 para un 99%.

VA<sub>i</sub> = valor actual en dólares del instrumento <sub>i</sub>

$\sigma$  = volatilidad diaria

HP = periodo de tenencia (holding), que la Enmienda de Riesgos de Mercado plantea en 10 días

y

$$\text{VaR de una cartera: } \text{VaR}_c = (V * C * V')^{1/2}$$

Donde:

V = vector del VaR por instrumento

C = matriz de coeficientes de correlación

$\rho$  = coeficiente de correlación, calculado como:

$$\rho_{1,2} = ( \sigma_{1,2} / ( \sigma_1 * \sigma_2 ) )$$

Además del supuesto de distribución normal para el retorno del activo subyacente, otra crítica es la presunción que las correlaciones permanecen constantes en el horizonte temporal del VaR; según el Market Risk Amendment, la data debe actualizarse al menos cada tres meses y más a menudo si se observa un periodo de continuos cambios significativos en los precios o las volatilidades. Correlaciones calculadas dividiendo la covarianza de los pares de rendimientos entre el producto de las desviaciones estándar de los rendimientos de cada activo subyacente, de allí una explicación del nombre del método. Otra crítica es que esta metodología hace una pobre estimación de los instrumentos con opciones implícitas (renta fija con estructuras) o explícitas (opciones financieras) u otro tipo de instrumento no lineal, pues este método supone ausencia de posiciones con comportamiento no lineal. Esta debilidad se mitiga parcialmente reduciendo el horizonte temporal del VaR.

Este tipo de VaR se sugiere para carteras poco complejas, que es todavía el caso de los portafolios usuales de las empresas financieras los sistemas financieros de la región. Aunque habrá que tener en cuenta los recursos de capital humano capacitado, las sistemas computacionales a disposición y la capacidad de la alta dirección para entender los resultados, ventajas y limitaciones de esta herramienta cuantitativa.

Una de las variantes existentes para calcular el VaR de acuerdo a Varianzas y Covarianzas es Riskmetrics, método desarrollada por JP Morgan, banco de inversión norteamericano. Esta método tiene varios supuestos: las varianzas de los retornos no son homocedásticas, es decir, varían a través del tiempo; las varianzas y covarianzas de la serie histórica de los retornos presentan algún grado de autocorrelación; y la serie de los retornos continuos, o logarítmicos, siguen una distribución normal.

### 2.1.3.2. Modelo de Simulación Histórica.

En esta técnica se tomarán como escenarios futuros cada uno de los escenarios de variación de los factores de riesgo que tuvieron lugar en el periodo de observación considerado. Así, no es necesario asumir ningún supuesto o hipótesis sobre el modelo de comportamiento de los subyacentes debido a que se toman como escenarios los cambios que realmente sucedieron un determinado día para todos los factores de riesgo. Es decir, se toman las series históricas de precios y de cambios en los factores de mercado (como mínimo un año de data diaria) para aplicarlos al portafolio o cartera actual, ello dará también una serie de cambios teóricos o números VaR teóricos. Luego, estos VaR serán ordenados por sus magnitudes de pérdidas esperadas tal que las pérdidas que ocurran 1%, 2%, 3%, etc, de la veces pueden ser identificadas. Por ejemplo, si la pérdida más grande de 100 números VaR es US\$ 600,000 entonces al 99% de confianza estadística se obtendría un VaR menor a esa cantidad; en otras palabras, esa institución tendría esa pérdida (o mayor) el 1% por ciento de las veces.

### 2.1.3.3. Modelo de Simulación de Montecarlo.

Se parte de suponer un modelo de comportamiento para cada uno de los factores de riesgo y para las relaciones de dependencia con el resto de los factores. Una vez ello, se generarán escenarios basados en el modelo de comportamiento conjunto, que arrojarán una pérdida o una ganancia. La combinación y tabulación de todos ellos dará lugar a un mapa de pérdidas y ganancias. Es decir, se calcula una teórica distribución de probabilidades para la cartera de instrumentos o posiciones, o sus equivalentes, para un determinado periodo de tiempo.

La Simulación de Montecarlo luce como una multitud de posibles senderos para los precios tal que se llega a una distribución de precios esperada. Este método ofrece una gran versatilidad o flexibilidad para la valoración y simulación sobre instrumentos complejos o no lineales como, por ejemplo, las opciones financieras. La aplicación de esta simulación requiere de recursos computacionales y tiempo, una desventaja cualitativa importante es lo difícil de explicar a la alta dirección de las instituciones.

Los usuarios también deben considerar como elementos relevantes para decidir por uno de estos métodos al tipo de estructura de sus carteras de inversión (simples o complejas), capacidad del capital humano, recursos computacionales y la capacidad de entendimiento de la alta dirección de la institución. Por ejemplo, para carteras poco complejas y una alta dirección o gerencia no muy familiarizada con estos temas, es recomendable el método de varianzas y covarianzas por salvar relativamente los elementos de decisión entre los modelos en desmedro de los métodos de simulación. Si las carteras son complejas entonces los métodos de simulación serán una mejor elección, aunque la capacidad computacional es una restricción a evaluar dentro de ellos.

### 2.1.4. Resultados del Cálculo del VaR.

Los resultados del VaR tienen utilidades y limitaciones. En general, hay que ver al VaR como una de las herramientas de gestión de riesgos que debe usar la empresa. El número VaR diario no resume la gestión de los riesgos, es sólo una de las herramientas cuantitativas que se debe poseer. Recalcar que el aspecto cualitativo de la gestión de riesgos es un elemento igual de importante que la batería de herramientas cuantitativas, tal como la historia financiera reciente ha mostrado con una serie de quiebras o pérdidas impresionantes.

Las ventajas del VaR se centran en que condensa en un número el riesgo de un portafolio o carteras, provee una herramienta de comparación de los riesgos en diferentes mercados y clases de activos, y que captura el efecto positivo de la diversificación a través de la correlación entre instrumentos. Las limitaciones del VaR vienen por que su aplicación asume que los factores de riesgo están distribuidos normalmente, asumen que las varianzas y correlaciones históricas son buenos predictores de las varianzas y correlaciones futuras, no identifican la fuente o componente de riesgo (uno o pocos factores de riesgo, sub-portafolios, o traders) y que no cuantifican cuán grande sería la pérdida bajo un cambio extremo en los precios.

## **2.2. Elección del Tipo de Modelo VaR, Insumos y Data.**

Esta parte del capítulo analiza las condiciones y/o supuestos sobre los tipos de modelo e insumos para efectuar posteriormente las aplicaciones de VaR en países con mercados financieros poco desarrollados.

### **2.2.1. Consideraciones sobre el Tipo de Modelo VaR.**

Por un lado, habrá que tener en cuenta que los mercados de aplicación, para los distintos riesgos financieros, son mercados financieros donde las empresas transan y adquieren una serie de instrumentos simples (Acciones, Papeles del Banco Central, Bonos en moneda local y dólares, bonos cupón cero, bonos estructurados, participaciones en fondos de inversión y mutuos, forwards de monedas) para sus carteras de trading, disponible para la venta, a vencimiento y de derivados financieros. Cabe señalar que los principales instrumentos derivados en sus carteras son los contratos a plazos (forwards) y algunos swaps de monedas y tasas de interés, no se transan algún tipo de opciones. Es decir, son carteras o portafolios poco complejos lo cual en principio alentaría el uso de modelos analíticos tipo el de varianzas y covarianzas.

De otro lado, hay que considerar en la elección del tipo de modelo a otros factores como la calidad del capital humano, recursos computacionales disponibles y la capacidad de entendimiento de la alta dirección de la institución. En ese sentido, además del argumento de carteras poco complejas, la alta dirección o gerencia de las empresas financieras de la región son un tanto heterogéneas respecto a su profundización con los temas de gestión de riesgos, característica común en los sistemas financieros de la región. Por ello, sea recomendable, en promedio y en principio, el método de varianzas y covarianzas. Cuando las carteras sean complejas entonces los métodos de simulación serán una mejor elección, aunque si en este caso la capacidad computacional es una seria restricción –como debe serlo actualmente– entonces ello no facilitaría el uso del método de Montecarlo. Luego, es razonable plantear la aplicación del Modelo de Varianzas y Covarianzas en un entorno como el descrito.

### **2.2.2. Insumos y Data.**

En caso de generalizar la aplicación del VaR analítico para gestión de los riesgos financieros es relevante analizar la disponibilidad permanente y calidad de la data necesaria -de la entidad, del mercado y del modelo- para su realización sistemática.

#### **2.2.2.1. Parámetros de la Entidad.**

En principio, la data sobre el detalle de las posiciones por tipo de instrumentos financieros debe estar bien sistematizada. Es usual observar que los bancos valoricen al menos con periodicidad semanal sus carteras de derivados financieros y de inversiones. La contabilidad de estas carteras sigue normas internacionales (NIC 39, FAS 115, FAS 133, etc), donde para las carteras relevantes se sigue el principio de valorizar las posiciones a mercado (mark to market) o “mark to model”. Las carteras que gestionan las administradoras de fondos mutuos y de pensiones privadas son valorizadas diariamente.

#### **2.2.2.2. Parámetros del Modelo.**

En cuanto los parámetros del Modelo, se asume como prudencial para la gestión de riesgos financieros de la empresa los requerimientos mínimos planteados por el Acuerdo de Basilea de Riesgos de Mercado y que se detallan en la siguiente sección.

### 2.2.2.3. Parámetros de Mercado.

Estos parámetros están circunscritos básicamente a los tipos de cambio, las tasas de interés en distintas monedas, precios de acciones, los retornos de estos subyacentes, las correlaciones entre los retornos de cada uno de los subyacentes y las volatilidades. La gestión deberá ser permanente sobre el análisis de las correlaciones y la elección de la forma más útil de cálculo de las volatilidades.

El análisis de las correlaciones debe darle prioridad a la estabilidad de estos parámetros, una de las críticas más comunes es que las correlaciones históricas no sirven, se rompen en los escenarios poco usuales. Es decir, se esperaría que las correlaciones de los retornos de las diferentes variables financieras cambien inesperadamente ante determinadas coyunturas de shock, y que ese efecto tenga un impacto significativo en el resultado del número VaR.

La elección del tipo de cálculo de la volatilidad es relevante para la aplicación del VaR, es decir, se debe utilizar el mejor predictor de la varianza del retorno. Las alternativas usuales son: volatilidad histórica, volatilidad implícita, consenso de especialistas o estimaciones del tipo ARCH o GARCH. En este sentido, habrá que tener en cuenta las críticas teóricas, la evidencia empírica y las particularidades de los mercados de la región. Algunas consideraciones se plantean:

1. La evidencia empírica sobre las volatilidades históricas muestra que son relativamente inestables. No obstante, la permanente actualización de la muestra relativiza este problema.

Respecto a cuestiones metodológicas, habrá que elegir entre al menos dos formas de cálculo: promedio móvil simple, aceptado por el Acuerdo de Basilea sobre Riesgos de Mercado, y el promedio móvil ponderado exponencialmente.

El promedio móvil simple está expuesto a dos problemas: por un lado, los outliers afectan durante toda su permanencia el valor de la volatilidad y de otro lado, este método ignora el orden de los datos y por tanto las propiedades dinámicas de la serie, este segundo problema puede superarse a través de la utilización de modelos tipo GARCH. Mientras que el promedio móvil ponderado, empleado por Riskmetrics, estará sujeto al cálculo del factor de ponderación ("decay factor")<sup>3</sup>, que es el elemento que privilegia la información reciente y permite eliminar o disminuir el efecto del outlier rápidamente. Otra crítica usual es que shocks afectarían su trayectoria, es decir, volatilidades -y correlaciones- del pasado no sirven para los periodos de crisis.

2. No existe un mercado de opciones financieras, por tanto no parece sencillo conseguir volatilidades implícitas.

3. Con respecto a realizar encuestas a operadores o expertos, habría que sistematizar los procedimientos para que se genere una proxy de pronóstico de volatilidad del mercado.

4. La opción de realizar estimaciones con modelos GARCH parece factible (Zambrano, 2003). Los modelos GARCH son de uso aceptado para el análisis de las series temporales financieras y pretenden resolver el problema –o crítica- del incumplimiento empírico en la realidad de la varianza constante de los retornos de los subyacentes. Es decir, existe un reconocimiento de la heterocedasticidad de la variable, o sea, su varianza no es constante.

---

<sup>3</sup> El manual técnico de Riskmetrics propone un "decay factor" de 0.94 para predicciones diarias y de 0.97 para predicciones de volatilidad mensuales.

## 2.3. Regulación Financiera para la Medición de Riesgos.

### 2.3.1. Regulación Financiera Prudencial sobre la Aplicación de VaR.

La Enmienda al Acuerdo de Capital del año 1996 establece la regulación financiera sobre los parámetros y forma de cálculo del VaR. No obstante, habrá que tener en cuenta las particularidades de los mercados financieros latinoamericanos, los principales requerimientos son los siguientes:

- El VaR debe computarse diariamente y al 99% de confianza del intervalo (2.33 veces la volatilidad) y con un período de tenencia mínimo de 10 días<sup>4</sup> para las posiciones computables tanto de balance como fuera de balance.

- La muestra de datos para estimar el VaR debe contener al menos un año (las últimas 252 datos diarias), salvo que el supervisor considere lo contrario. El supervisor local deberá evaluar la adopción por parte de las empresas de las distintas formas de calcular o proyectar la volatilidad, aunque el Banco de Pagos tolera el uso del método de media móvil simple de los retornos para la estimación de la volatilidad futura.

- La actualización de la data no debe ser con frecuencia menor a una vez cada tres meses, así como cada vez que los precios de mercado sufran cambios materiales.

- La metodología usada para el cálculo del VAR es decisión de la empresa: Método de Varianzas y Covarianzas, Simulación Histórica o de Montecarlo. Dada la baja sofisticación de las carteras de las empresas de países de la región, la adopción del modelo de Varianzas y Covarianzas resulta razonable.

- Las empresas deben capturar las características de riesgo propias de las opciones financieras como su comportamiento no lineal y su riesgo vega. Este punto tiene que ver con el anterior, el negocio de opciones tiene poco desarrollo en la región.

- Diariamente, cada empresa debe asignar un requerimiento de capital equivalente al factor de multiplicación por el número que resulte mayor entre la medida VaR del día previo y el VaR promedio de los últimos 60 días útiles.

- El factor de multiplicación será fijado por el supervisor dependiendo de qué tan adecuado sea el sistema de administración de riesgos de mercado de la empresa. Pero, como mínimo, éste será de 3. Este punto es de especial relevancia en mercados emergentes por cuanto se aprecia una heterogeneidad en la gestión de riesgos.

- Dependiendo de la evaluación de los resultados del *back-testing*, se añadirá un plus al factor de multiplicación, el cual variará entre 0 y 1.

Señalar también que para el cálculo del resultado VaR por cada subyacente, este resultará de la agregación del VaR obtenido de la posición en cada subyacente a la cual se le añade por suma simple el resultado VaR tanto por el efecto gamma como por el efecto vega.

La metodología establece también que el VaR Regulatorio total resulta de la suma directa de los VaR individuales por subyacente (VaR<sub>i</sub>). Esto en principio no considera el efecto diversificación de las posiciones en diferentes subyacentes. En este sentido, el regulador podría evaluar la inclusión del beneficio de la diversificación.

---

<sup>4</sup> El Banco de Pagos Internacionales propone que las predicciones para el horizonte temporal se efectúen aplicando la regla de la raíz cuadrada del tiempo, lo que supone que los rendimientos logarítmicos son independientes, distribuidos idéntica y normalmente.

### 2.3.2. Requerimientos Mínimos Previos a la Aplicación del VaR.

En estricto, para la medición de los riesgos financieros todas las posiciones sujetas a medición deben estar traídas a valor presente. Esta condición parece obvia para los portafolios de trading pero no es necesariamente fácil de cumplir para determinados instrumentos, portafolios o libros cuando se trata de ampliar el ámbito de aplicación de modelos internos de medición de riesgo, el caso de las carteras de créditos podría ser una referencia de ello, más aún en los países de la región. Otro caso es la determinación de las tasas de descuento, variables que debido a mercados secundarios de renta fija poco desarrolladas se obtienen a través de encuestas. Evidencia empírica de este instrumental se muestra en la primera parte del siguiente capítulo.

En la mayoría de países, las posiciones nominales –llevadas a mercado- en derivados financieros se registran contablemente en cuentas debajo de balance y el bloque de información, necesario para la valorización y medición, sobre el detalle de la cartera de forwards, swaps y opciones financieras no puede ser extraído de los estados financieros. No obstante, es requerimiento de tanto el área de operaciones y registro (back office) como del área de control de riesgos (middle office) disponer de el detalle de esta información para llevar a cabo sus funciones que tienen que ver con la gestión adecuada de los riesgos financieros de la empresa.

El cálculo del delta de cada opción para toda la cartera de opciones, por ejemplo en divisas, va a permitir la generación de las respectivas posiciones equivalentes en divisas derivadas de las posiciones opcionales que se tengan en cartera. Estas posiciones delta neta por divisas se agregarán para llegar a las posiciones sobre las cuales medir cada riesgo según la metodología VaR.

Respecto al efecto gamma (convexidad) habrá que distinguir los impactos gamma por cada subyacente, tal como se realiza para el efecto delta. Por cada tipo de subyacente, habrá que calcular el efecto gamma neto de las opciones Call por un lado y por otro el efecto gamma neto de las opciones Put. En el caso de las Call, se calcula el impacto gamma neto de las posiciones en opciones Call compradas y vendidas, sólo si el resultado neto es negativo (es mayor el impacto de las opciones call vendidas) entonces se considerará dicha posición neta negativa para la medición de cada riesgo. Para el caso de las opciones Put de cada subyacente se realiza el mismo neteo que en el caso anterior, sólo se considera como riesgo el impacto gamma negativo también. Una vez de realizado el cálculo por separado tanto para las opciones call y put por cada tipo de subyacente entonces se procederá a agregar las posiciones gamma por cada subyacente, para ello se comparan los resultados netos (negativos o positivos) de las call versus el resultado neto (negativo o positivo) de las puts.

Así, por cada subyacente, si ambos resultados son negativos (gamma neto de la cartera de calls y gamma neto de la cartera de puts) entonces sólo se considera el mayor de ellos en valor absoluto. Si uno es positivo entonces sólo se va a considerar el resultado negativo neto en valor absoluto de la diferencia del negativo menos el positivo (gamma neto de la cartera de calls o gamma neto de la cartera de puts, en valor absoluto). Entonces, se llega a un resultado gamma neto por cada subyacente (cada divisa, cada tasa de interés, etc) considerado en valor absoluto. Finalmente, el riesgo Gamma para la cartera de opciones en cada subyacente será la suma simple de los riesgos gamma en cada uno de los subyacentes (cada divisa por ejemplo), todos los cuales ya se encuentran en valor absoluto, tal como se ha descrito.

En cuanto a la sensibilidad vega (volatilidad), para fines de la gestión de riesgos financieros de la cartera de opciones se debe tener en cuenta que la sensibilidad vega para las opciones compradas es positiva, equivalente a estar comprado en volatilidad,



y que el coeficiente vega es negativo para las opciones vendidas, equivalente a estar vendido en volatilidad.

En ese sentido, para efectos de la medición del riesgo vega para una cartera de opciones financieras a través de la metodología VaR, por cada subyacente se tiene que netear las posiciones vega largas y cortas para así llegar una posición vega neta. Para ello habrá que considerar que el Acuerdo de 1996 sólo permite ello cuando el vencimiento es igual para las posiciones compradas y vendidas a netear.

Parece razonable suponer que la medición de riesgo vega considere únicamente las posiciones vega negativas, cortos de volatilidad, en el entendido que cuando se esta comprado de volatilidad la pérdida se encuentra ya acotada por la prima pagada.

Una vez que se tiene la posición vega neta en cada subyacente, en valor absoluto, se realiza la agregación de las diferentes posiciones vega a través de una suma simple de los valores absolutos lo cual supone que no existe correlación<sup>5</sup> entre las series de las volatilidades implícitas de las distintos subyacentes (otra restricción prudencial o conservadora del Acuerdo de Riesgos de Mercado de Basilea).

En cuanto a la fuente de información para el set de correlaciones y volatilidades, es transparente y prudente converger hacia algún “price vendor” u otra fuente pública reconocida. Inclusive, ello se podría extender hacia la matriz de correlaciones y volatilidades que se emplea en la simulación periódica y necesaria de escenarios (reales en el pasado) de cambios de precios de mercado muy adversos (peor escenario) o stress testing, fundamental para fines de gestión de riesgos, que las empresas financieras deben efectuar.

---

<sup>5</sup> Para fines del Modelo Interno debe suponerse que la empresa agregará el riesgo vega a través de una matriz de correlación entre las series de volatilidades implícitas de las distintas divisas para aprovechar el beneficio de la diversificación.

### **Capítulo 3: Aplicación del VaR para los Riesgos Financieros.**

En este capítulo se desarrollan aplicaciones de VaR por posición en instrumentos como por cartera, donde para instrumentos financieros sujetos a más de un factor de riesgo la aplicación será para todos los riesgos involucrados incluyendo el efecto de las correlaciones.

Tal como se desprende del análisis previo, se encuentra razonable para los mercados financieros de la región seguir las aplicaciones según el método de varianzas y covarianzas. No obstante, el enfoque de simulación histórica viene ganando participación, en parte debido a que las matrices de la banca extranjera hacen extensiva esta metodología para sus subsidiarias en Latinoamérica. Mencionar también que trabajos anteriores (Zambrano, 2003) realizaron estimaciones del VaR siguiendo el enfoque numérico de Simulación de Montecarlo.

#### **3.1. “Mark to Model” versus “Mark to Market”.**

En esta primera sección de este capítulo se hace una cuestión previa a las distintas aplicaciones vinculados a dos requerimientos: la valorización a mercado las diferentes posiciones y la obtención de medidas de riesgo (volatilidades y correlaciones) para determinados subyacentes donde no hay mercados financieros líquidos. En concreto, estos requerimientos se vuelven complicados para los instrumentos de renta fija o los instrumentos financieros derivados, llámense bonos (emisiones locales), créditos, contratos forwards, etc. Es decir, no es posible obtener precios de mercado o tasas de descuento para su valorización y medición de riesgo.

Ante la ausencia de información sobre precios de mercado para estos portafolios, una alternativa que se ha implementado en algunos mercados, que incluye el caso peruano para la región, es recopilar sistemáticamente la apreciación de los operadores de los mercados a través de encuestas y su posterior e inmediata devolución de los resultados de las mismas hacia los operadores y usuarios.

##### **3.1.1. Encuesta de Cartera de Renta Fija y Matrices por Riesgos y Plazos.**

Desde marzo de 2000, se realiza quincenalmente dos encuestas, una de tasas de descuento por emisores específico (aproximadamente 100 papeles donde también hay papeles con riesgo soberano) y otra por categoría de riesgo y plazo, en la que participan los principales agentes del mercado de capitales local como bancos, empresas de seguros, fondos mutuos y administradoras de fondos de pensiones.

La composición (ex ante) y los resultados (ex post) para la encuesta sobre los aproximadamente 100 bonos que integran la Cartera (emisores a diferentes plazos, riesgos y monedas) son evaluados periódicamente por un Comité, el que está integrado por los reguladores bancarios y del mercado de valores.

Señalar que tanto la cartera como las matrices por plazo cotizadas carecen de validación. Sin embargo, resultan de gran ayuda para proveer a los gestores de los insumos que les permitan aproximar la valorización a mercado de los papeles representativos de deuda, identificar la tendencia y comportamiento general de las tasas de mercado, seguir la evolución del “riesgo emisor” por valor reportado y tratar de favorecer la negociación de los instrumentos de renta fija en el mercado secundario.

En el mediano plazo, los objetivos de esta iniciativa es consolidar el esquema de un vendedor privado de precios.

A continuación se presenta un extracto de los resultados de la encuesta de la cartera de 100 papeles específicos, para el 18 de junio 2003.

Nombre del emisor	Tipo de Bono	Categoría De riesgo	Fecha de vencimiento	Maturity (años)	Tasa de dcto promedio	Desv. Estand.
GOBIERNO	BT	GOB.CEN.	1/12/2007	4.5	4.73%	1.14%
BONO 108	BT	GOB.CEN.	30/11/2005	2.5	3.46%	1.51%
BRADY	Titulizado	AAA	7/3/2017	13.9	11.14%	1.28%
BRADY	Titulizado	AAA	7/3/2014	10.8	10.23%	1.33%
BRADY	Titulizado	AAA	7/3/2011	7.8	9.02%	1.46%
BRADY	Titulizado	AAA	7/3/2010	6.8	8.19%	1.55%
BRADY	Titulizado	AAA	7/3/2008	4.8	7.01%	1.23%
BRADY	Titulizado	AAA	7/3/2006	2.7	5.75%	1.20%
BRADY	Titulizado	AAA	7/3/2005	1.7	4.94%	1.13%
BRADY	Titulizado	AAA	7/3/2004	0.7	3.58%	0.74%
F SA	Titulizado	AAA	10/12/2003	0.5	3.16%	0.91%
BCO DE CREDITO	BH	AAA	22/5/2011	8.0	6.98%	0.77%
EDEGEL S.A.	BEP	AAA	3/6/2006	3.0	5.20%	1.21%
EDEGEL S.A.	BEP	AAA	14/2/2007	3.7	5.36%	0.92%
TELEFONICA	BEP	AAA	21/8/2003	0.1	2.32%	1.57%
TELEFONICA	BEP	AAA	25/11/2005	2.4	3.94%	0.80%
CEMENTOS P	BEP	AA	21/2/2010	6.7	5.85%	1.29%
E ANDES	BEP	AA	9/6/2013	10.1	6.71%	1.17%
A LEASING	BAF	A	31/8/2004	1.2	6.40%	1.57%
A LEASING	BAF	A	13/11/2003	0.4	5.95%	2.21%
B SUD	BS	A	29/05/2007	4.0	6.41%	1.77%
B SUD	BS	A	19/7/2009	6.1	7.80%	0.53%
FONDO M	BFI	A	1/9/2005	2.2	8.60%	3.09%
BEP G	BAF	A	20/12/2007	4.5	6.59%	1.02%
I BANK	BS	A	7/6/2004	1.0	5.62%	1.38%
W SEGUROS	BS	A	30/12/2008	5.6	9.15%	1.73%
F S.A.	BEP	A	7/4/2006	2.8	7.95%	1.96%
BANCO F	BS	BBB	23/12/2004	1.5	13.56%	6.81%
FINANCIERA D	BS	BB	14/9/2005	2.2	35.78%	37.14%
SID PERU	BEP	B	31/12/2014	11.7	25.03%	30.50%
A GROUP	BEP	CC	31/10/2008	5.4	32.82%	33.55%
N BANK	BS	D-LP	31/1/2008	4.7	37.76%	35.76%

También se presenta, para la misma fecha, los resultados de la encuesta de la matriz de tasas de rendimiento por plazo y categoría de riesgo de instrumentos de renta fija en dólares americanos. Se incluye además el resultado de los papeles de corto plazo del Banco Central del Perú, estos certificados de depósitos (estructura cupón cero) son en moneda local y es considerado como el instrumento de menor riesgo de las emisiones locales.

### Estructura de Tasas Anuales de Rendimiento

(Instrumentos en US\$)

Maturity	Gbno	AAA	AA	A	BBB	CCC
	Prom	Prom	Prom	Prom	Prom	Prom
180 días	2.8%	2.3%	2.9%	4.7%	7.2%	12.1%
01 año	3.5%	3.0%	3.5%	5.7%	8.2%	13.4%
02 años	4.7%	4.2%	4.8%	6.8%	9.4%	14.6%
05 años	6.8%	6.0%	6.8%	8.5%	11.0%	16.9%
10 años	9.0%	8.3%	9.1%	10.9%	13.6%	18.9%
> 10 años	10.3%	10.0%	10.8%	12.6%	16.2%	22.8%

### Estructura de Tasas Anuales de Rendimiento

(Instrumentos en Soles Certificados del BCR)

Maturity	
	Prom
30 días	3.7%
90 días	4.0%
180 días	4.3%
360 días	4.5%

#### 3.1.2. Reporte de Matriz de Tasas de Descuento por Riesgos y Plazos de los Contratos Forward.

Desde hace más de tres años, diariamente, a manera de encuesta, se colectan las tasas de interés activas y pasivas utilizadas por las instituciones financieras para cotizar o valorizar a mercado sus posiciones vigentes en contratos *forwards* de moneda extranjera. Las tasas de interés reportadas se solicitan para los horizontes de 1 día, 7 días, 14 días, 30 días, 90 días, 180 días, 360 días y 720 días; y en sus respectivas monedas.

La devolución diaria de los resultados a los gestores de las empresas permite que cuenten con las tasas de descuento para valorizar cada una de sus posiciones en instrumentos financieros derivados, en particular los contratos a plazo o forwards. Asimismo, dado que las series de los resultados revelan el comportamiento general de las tasas de mercado, es posible generar las medidas de riesgo (shocks) que van a permitir realizar aplicaciones de Valor en Riesgo.

A continuación se presenta para un día, el 2 de julio de 2003, los resultados publicados de la encuesta aplicada esa fecha.

**INFORMACION DIARIA DE TASAS PARA PRODUCTOS FINANCIEROS DERIVADOS**

Fecha: 02/07/2003

	Tasas a 1 día				Tasas a 7 días				Tasas a 15 días				Tasas a 30 días				Tasas a 90 días				Tasas a 180 días				Tasas a 360 días			
	ME		MN		ME		MN		ME		MN		ME		MN		ME		MN		ME		MN		ME		MN	
	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva	Activa	Pasiva
Promedio Ajustado (1)	1.48	1.07	3.9	3.57	1.63	1.21	3.95	3.58	1.68	1.25	4	3.62	1.93	1.43	4.23	3.68	2.31	1.63	4.57	3.87	2.55	1.76	4.92	4.05	2.67	1.83	5.19	4.3
Promedio Ajust. por Plazo (2)		1.28		3.74		1.42		3.77		1.47		3.81		1.68		3.96		1.97		4.22		2.16		4.49		2.25		4.7

Notas Metodológicas para los resultados de la encuesta de tasas de interés:

- (1) El promedio ajustado es un promedio aritmético que no considera el valor máximo ni el valor mínimo de la serie correspondiente a cada tasa.  
Los bancos reportan cada día las tasas que utilizaron al cierre del día anterior para valorizar su portafolio o cotizar forwards de moneda extranjera (en caso no cuenten con operaciones vigentes).
- (2) El promedio ajustado por plazo es el promedio aritmético entre los promedios ajustados de las tasas activas y pasivas por cada moneda para cada plazo.

Importante notar que los resultados de ambas encuestas son consistentes entre sí, las tasas de los contratos a plazo, que llegan hasta un año, no muestran saltos o discontinuidades cuando se unen con las tasas de los instrumentos de renta fija que tienen una mayor duración.

### 3.2. Instrumentos de Renta Variable.

De acuerdo al enfoque de varianzas y covarianzas, el VaR para un instrumento que sólo tenga un único factor de riesgo financiero sobre un horizonte temporal de 10 días tendría la siguiente representación:

$$\text{VaR}_i (99\%) = \text{VA}_i * \sigma * \text{NC} * (10)^{1/2}$$

Donde:

NC = nivel de confianza estadística, igual a 2.33 para un 99%.

VA<sub>i</sub> = valor actual (valor de mercado) en dólares del instrumento <sub>i</sub>

σ = volatilidad diaria

#### 3.2.1. Caso de una posición en acciones o índices de 100 millones en US dólares<sup>6</sup> con Varianzas y Covarianzas:

Al cierre de junio de 2003, las condiciones de mercado mostraban que las volatilidades<sup>7</sup> de los retornos de los índices para determinadas bolsas fueron las siguientes:

Indicador	Volatilidad diaria
Retorno del IS BVLima	0.80%
Retorno del Dow Jones Ind.	1.66%
Retorno del BOVESPA	2.01%
Retorno del Merval	2.01%

Entonces, para el caso de una posición comprada (o larga) sobre el índice DJI:

VA<sub>i</sub> = 100 millones de US\$.

σ = 1.66%

NC (99%) = 2.33 veces la volatilidad

Tipo de cambio spot = 3.5 soles por dólar.

Así,

$$\begin{aligned} \text{VaR}_i (99\%) &= 100 * 1.66\% * 2.33 * (10)^{1/2} \\ &= \text{US\$ } 12.2 \text{ millones} = \text{S/. } 42.7 \text{ millones} \end{aligned}$$

Si el mercado es muy líquido y la posición no altera el mercado entonces uno podría salirse de la posición en un día, con lo cual la aplicación quedaría:

$$\begin{aligned} \text{VaR}_i (99\%) &= 100 * 1.66\% * 2.33 * (1)^{1/2} \\ &= \text{US\$ } 3.9 \text{ millones} = \text{S/. } 13.5 \text{ millones} \end{aligned}$$

#### 3.2.2. Aplicación para una Cartera de Acciones.

Asimismo, el enfoque propuesto para la aplicación del VaR de una cartera consiste en general en:

$$\text{VaR}_c = (\mathbf{V} * \mathbf{C} * \mathbf{V}')^{1/2}$$

Donde:

V = vector del VaR por instrumento

C = matriz de correlaciones entre los retornos del precio de las acciones.

<sup>6</sup> Este ejemplo aplica también para posiciones spot en divisas distintas a la moneda local, llevadas a mercado.

<sup>7</sup> Respecto a la serie de las últimas 252 observaciones empleando un promedio ponderado simple.

Se presenta el caso de una Cartera de dos en acciones, una larga en la acción o índice "x" y otra corta en la acción o índice "y".

$VA_x =$  US\$ 200 millones de posición comprada de acción "x".

$VA_y =$  -US\$ 100 millones de posición vendida de acción "y"

$\sigma_x = 0.19\%$

$\sigma_y = 0.51\%$

$\rho_{xy} = 0.9$  , correlación entre los retornos de la acción "x" y la acción "y".

NC (99%) = 2.33 veces la volatilidad

Tipo de cambio spot = 3.5 soles por dólar

Luego,

$$\begin{aligned} \text{VaR}_x (99\%) &= +200 * 0.19\% * 2.33 * (1)^{1/2} = \text{US\$ } 885 \text{ mil} \\ &= \text{S/. } 3.1 \text{ millones} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VaR}_y (99\%) &= -100 * 0.51\% * 2.33 * (1)^{1/2} = -\text{US\$ } 1.2 \text{ millones} \\ &= \text{-S/. } 3.6 \text{ millones, donde el signo negativo sólo indica la} \\ &\text{posición vendida o corta.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VaR cartera} &= \left( (3.1)^2 + (-3.6)^2 + 2 * (3.1) * (-3.6) * (0.9) \right)^{1/2} = (2.46)^{1/2} \\ &= \text{S/. } 1.6 \text{ millones} \end{aligned}$$

Este caso puede tener variantes o simulaciones en los resultados VaR de la cartera en base a distintas correlaciones. Ello confirma lo sensible que pueden resultar los números VaR cuando ante distintos eventos se altera la estabilidad de este parámetro.

Si  $\rho_{xy} = 1.0$  entonces **VaR cartera = S/. 480 mil**

Si  $\rho_{xy} = 0$  entonces **VaR cartera = S/. 4.7 mills** , eventos independientes

Si  $\rho_{xy} = -1$  entonces **VaR cartera = S/. 6.7 mills** , que constituye el peor escenario.

El escenario cuando, para este ejemplo, el VaR es nulo sucede al darse las siguientes restricciones:  $\rho_{xy} = 1.0$  ,  $\sigma_x = \sigma_y$  y  $VA_x = -VA_y$  .

### 3.3. Aplicación de VaR para un Instrumentos de Renta Fija.

#### 3.3.2. Aplicación de VaR con Bonos.

La medición del riesgo de un bono emitido en moneda local parte por identificar que se encuentra expuesto al riesgo de tasa de interés. El desarrollo general de la aplicación del VaR a este tipo de instrumento se inicia utilizando la siguiente expresión:

$$\Delta P / P = -DM * (\Delta r) \quad DM = \text{duración modificada}$$

Así, para calcular el **VaR de un Bono**:

$$VaR(\Delta P / P) = /-DM/ * VaR(\Delta r)$$

$$VaR_{\text{Bono}} = V.A. * DM * 2.33 * \sigma (\Delta r) * (\text{días})^{1/2}$$

donde V.A. es el valor actual de la posición, r es la tasa de descuento (TIR) y DM la duración modificada.

Tal como se presentó en la sección 3.1. del trabajo, la recolección de información de los operadores de mercado sobre las tasas de descuento de los instrumentos de renta fija hace posible obtener los insumos claves para aproximar el cálculo del VaR. A modo de referencia, se presenta una tabla de volatilidades sobre tasas de interés de instrumentos locales a partir de las series de encuestas hasta el 2002.

	Gobierno USD		CDBCRP S/.	AAA USD	
	1 año	5 años	1 año	1 año	5 años
TIR anual prom.	5.72%	7.88%	9.25%	5.79%	7.94%
volatilidad (sd)	0.17%	0.16%	2.43%	0.16%	0.13%

Luego, para una posición de S/. 1 millón en una actual emisión de CDs del Banco Central a un año, el cálculo del VaR se aproximaría como:

$$VaR_{CD} = 1\,000\,000 * (1) * 2.33 * (2.43\%) * (1)^{1/2}$$

$$VaR_{CD} = 56.5 \text{ miles de soles.}$$

Este resultado VaR es para un día de tenencia de la posición, pues un instrumento de elevada liquidez.

Cabe señalar que, para medir el riesgo de un bono emitido en moneda extranjera: habrá que considerar los dos factores de riesgos financieros, la tasa de interés en moneda extranjera y el tipo de cambio, para luego hallar el VaR del instrumento.

En este sentido, por instrumento hace más sentido medir todos sus riesgos, lo que puede ser un defecto a exigir VaR por un único riesgo. Hay correlaciones entre los distintos tipos de riesgo que es básico tener en cuenta.



### 3.4. Aplicaciones de VaR para Instrumentos Financieros Derivados.

#### 3.4.1. Contratos a Plazo (Forward) de Moneda Extranjera.

Los contratos forward y los futuros son posiciones lineales en relación al precio spot del activo subyacente y el riesgo de estos contratos tiene que ser analizado a partir del mapeo de riesgos de sus componentes.

Se tiene que para un contrato a plazo en divisas:

$F = S.e^{(r_{S/} - r_{US\$}) \cdot T}$ , S = tipo de cambio spot  
Luego, el valor presente (va =  $f_t$ ) será:  $f_t = S.e^{- (r_{US\$} \cdot T)} - F.e^{- (r_{S/} \cdot T)}$

El mapeo de la posición del contrato forward permite descomponerlo en tres posiciones debido a los tres factores de riesgo correspondientes:

Posición larga en forward =

- |  |             |
|--|-------------|
| 1. Posición <b>larga</b> en la divisa extranjera           | spot.       |
| 2. Posición <b>larga</b> en un bono en divisa extranjera.  | extranjera. |
| 3. Posición <b>corta</b> sobre un bono en moneda nacional. | nacional.   |

Luego, para determinar el riesgo de una posición forward se diferencia la expresión anterior con respecto a las distintas variables que representan las diversas fuentes de riesgo a los cuales está expuesto el contrato: el precio spot del subyacente, la tasa de interés en moneda extranjera y la tasa de interés en moneda local. La diferenciación,  $\Delta f_t$ , quedaría:

$$\Delta f_t = + e^{- (r_{US\$} \cdot T)} \Delta S - S.e^{- (r_{US\$} \cdot T)} r_{US\$} \Delta r_{US\$} + F e^{- (r_{S/} \cdot T)} r_{S/} \Delta r_{S/}$$

Si se hace:  $e^{- (r_{US\$} \cdot T)} = \omega$   $- S.e^{- (r_{US\$} \cdot T)} r_{US\$} = \beta$   $- F e^{- (r_{S/} \cdot T)} r_{S/} = \phi$  Entonces  $\Delta f_t = \omega \Delta S + \beta \Delta r_{US\$} - \phi \Delta r_{S/}$ . Donde se distingue las 3 fuentes de riesgo o de variación en el precio del contrato forward: el spot, la tasa del bono en US\$ (moneda extranjera) y la tasa sobre el bono (pasivo) en S/. (moneda local).

El valor en riesgo (VaR), definido como la pérdida estimada de la posición bajo un nivel de confianza estadística para un periodo pre determinado, de un contrato forward está relacionado con el VaR de cada activo subyacente a través de una función lineal:

$VaR(\Delta f_t) = \omega / VaR(\Delta S) + \beta / VaR(\Delta r_{US\$}) + \phi / VaR(\Delta r_{S/})$  Así, el VaR de los contratos forward esta relacionado con las volatilidades y correlaciones de los distintos factores de riesgo. Esto no siempre es cierto bajo crisis en los mercados, que son escenarios que generan la inestabilidad o rompimientos de los parámetros que se venían observando en el mercado. A modo comparativo, se asemeja a los tests de estabilidad de parámetros en las estimaciones econométricas.

A continuación se desarrolla una aplicación concreta.

Suponga el caso de un contrato forward de compra de divisas. El mapeo genera tres posiciones -en valor actual- que lo descomponen en el momento inicial:

1. Posición larga spot en dólares (x) = +US\$ 995
2. Posición larga en un bono en dólares (z) = +US\$ 995
3. Posición corta en un bono en soles (y) = -US\$ 995

$$VaR(\Delta f_t) = 995 \cdot VaR(\Delta S) + 995 \cdot VaR(\Delta r_{US\$}) + 995 \cdot VaR(\Delta r_{S/}) + \text{Correlaciones}$$

$$VaR(\Delta f_t) = \left\{ \sum VaR_i^2 + 2 \sum \rho_{ij} \cdot VaR_i \cdot VaR_j \right\}^2$$

Así,

Con  $\sigma(x,z,y) = (0.19\%, 0.04\%, 0.51\%)$

$$\begin{aligned}\text{VaR}_x(99\%) &= +995 * 0.19\% * 2.33 * (1)^{1/2} = \text{US\$ 4.4 millones} \\ &= \text{S/. 15.42 millones}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{VaR}_z(99\%) &= +995 * 0.04\% * 2.33 * (1)^{1/2} = \text{US\$ 0.93 millones} \\ &= \text{S/. 3.25 millones}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{VaR}_y(99\%) &= -995 * 0.51\% * 2.33 * (1)^{1/2} = -\text{US\$ 11.8 millones} \\ &= \text{-S/. 41.38 millones},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{entonces para } \rho(x,y, x,z, y,z) &= (0.9, 0.5, 0.96) & \text{VaR (forward)} &= \\ ( (4.4)^2 + (0.93)^2 + (-11.8)^2 + 2*(4.4)*(-11.8)*(0.9) & & & \\ + 2*(4.4)*(0.93)*(0.5) + 2*(0.93)*(-11.8)*(0.96) )^{1/2} & & & \\ = (70.2)^{1/2} = & & & \end{aligned}$$

$$\text{VaR (forward)} = \text{US\$ 8.4 millones} = \text{S/. 29.3 millones}$$

Los resultados del ejemplo muestran que la medición del riesgo de los contratos forward incluye tanto los impacto cambiario como los de tasas de interés.

Señalar que vencimientos a mayor plazo están expuestos a un mayor riesgo de tasa de interés. Por ejemplo, si se altera el vencimiento de tres meses a 10 años, se incrementa el VaR significativamente.

### 3.4.2. Opciones Financieras.

Las opciones financieras son instrumentos financieros que se encuentran expuestos a distintos factores de riesgo, conocidos como las griegas.

Si se compran opciones (posición larga), la pérdida máxima será la prima pagada, pero si se venden opciones (posición corta) la pérdida podría no estar acotada.

Por ejemplo, en el caso de la estrategia de Nick Leeson, straddle corto (vender volatilidad) hubiese sido útil haber calculado día a día el VaR de su posición: VaR del call y VaR de la put.

La aplicación de VaR a desarrollar corresponde a una opción del tipo call sobre divisas por un nominal de US\$ 100 millones.

Una calculadora para este tipo de instrumentos suele presentar el siguiente aplicativo:

DATOS	
Precio Spot (Subyacente)	3.46
Precio de Ejercicio (Strike)	3.60
Plazo	1 año
Tipo de interés de Referencia (CDs del BC)	4%
Volatilidad del Rendimiento de la divisa	1%

Para valorar una opción en divisas con estos parámetros se aplicó el modelo de Black & Scholes, con los siguientes resultados:

PRIMA CALL		0.01
PRIMA PUT		0.013
SENSIBILIDADES	CALL	PUT
Delta	0.5153	-0.4847
Gamma	11.52159	11.52545
Vega	1.38	1.38

Tanto en el caso de opción call (comprar subyacente) como en el caso de la opción put (vender subyacente), la prima es el precio de la opción que esta empresa ha pagado por adquirir el derecho a, o ha cobrado por la obligación de.

#### El Efecto de las Griegas:

Las sensibilidades delta, gamma y vega son una serie de medidas que miden la variación del precio de la opción ante una serie de variables referidas al subyacente: la variación del subyacente, la aceleración de la variación y la volatilidad del rendimiento del subyacente respectivamente.

En particular, la medición del riesgo de las opciones se sustenta -en primer término- en la relación lineal entre la evolución del valor de la opción y el precio del activo subyacente (efecto delta). Luego, la medición necesita considerar tanto la convexidad de la opción (efecto gamma) como el riesgo que se genera de los cambios en la volatilidad del subyacente (efecto vega). Para medir el riesgo de las opciones financieras, el riesgo derivado de las griegas, también se puede aproximar a través del VaR. Para ello, Jorion (1997) propone una estimación VaR para medir el efecto delta y los efectos no lineales gamma y vega en las opciones financieras.

La aplicación se basa en una expansión de Taylor para aproximar los cambios en el valor de la opción en la relación a los efectos mencionados:

$$\Delta V = \delta * (\Delta S) + (\Gamma / 2) * (\Delta S)^2 + \Lambda * \Delta \sigma$$

donde:

V = valor de la opción

S = subyacente

$\delta$  = sensibilidad delta

$\Gamma$  = sensibilidad gamma

$\Lambda$  = sensibilidad vega

### 3.4.2.1. Efecto Delta.

Así, para el caso de la compra de la opción call, el cálculo de la posición equivalente en divisas o sensibilidad delta<sup>8</sup> sería:

Nominal de la Opción = 100 millones de US\$

$\delta = + 0.5153$

$VA_i = 100 * 0.5153 = 51.5$  millones de US\$ (posición comprada o larga)

Entonces los datos para una aplicación del VaR<sup>9</sup>, sólo por el efecto delta (posición equivalente en el subyacente), quedarían en:

$VA_i = 51.5$  millones de US\$

$\sigma = 1.0\%$

NC (99%) = 2.33 veces  $\sigma$

Tipo de cambio = 3.46 S/. por dólar.

Horizonte temporal = 10 días

Entonces,  $VaR_i (99\%) = 51.53 * 1.0\% * 2.33 * (10)^{1/2} = US\$ 3.8$  mills = S/. 13.1 mills.

### 3.4.2.2. Efecto Gamma.

Luego se aplica el VaR paramétrico sobre el factor de riesgo que se genera de la convexidad de las opciones financieras (la gamma es conocida como "la delta de la delta"), formalizado como:

$$(\Gamma / 2) * (\Delta S)^2$$

Suponiendo la normalidad en los retornos del subyacente, se sustituye la variación del subyacente por la expresión

$2.33 * S * \sigma$ , al 99% por ciento de confianza estadística.

Quedando el Riesgo Gamma =  $(\Gamma / 2) * (2.33 * S * \sigma)^2$

La aplicación VaR gamma queda, con los datos del ejemplo de la opción call, como:

$$VaR (gamma) = (11.52 / 2) * (2.33 * 3.46 * 1\%)^2$$

El cálculo realizado para el efecto convexidad sobre el valor de la opción debe tener en cuenta que su impacto es distinto si es una opción comprada o si es una opción vendida. Si la opción es comprada entonces la gamma es positiva pues actúa a favor del precio de la opción. Si la opción es vendida entonces la gamma (efecto convexidad) es de signo negativo pues impacta en contra del precio de la opción, constituyéndose este caso en el factor de riesgo a considerar. En ese sentido, la existencia de una cartera de opciones con gamma negativa requiere una cobertura muy precisa con permanentes operaciones de compras y ventas de subyacente para

<sup>8</sup> El coeficiente delta también se asocia a la probabilidad de ejercicio de la opción, aunque ello no necesariamente se cumple para las opciones del tipo exóticas.

<sup>9</sup> Cabe señalar que, las posiciones delta neta por subyacente se agregarán a las posiciones en los subyacentes respectivos, para de allí finalmente tener las posiciones sobre las cuales medir el riesgo (en este caso el cambiario), es decir, las posiciones sobre las cuales aplicar el VaR.

reducir el riesgo. La cobertura de gammas negativas es posible mediante la compra de opciones, gamma positiva, cuando la cobertura tiene el mismo plazo de vencimiento.

### 3.4.2.3. Efecto Vega.

Tal como en las sensibilidades anteriores, se parte de considerar el efecto vega de una opción (variaciones de la volatilidad implícita negociada en el mercado sobre el valor de la prima de la opción) desde la expansión de Taylor:

$$\Lambda * \Delta\sigma$$

con lo que la aproximación del Riesgo Vega se representa como sigue:

$$\text{Riesgo Vega} = + \Lambda * \sigma * (\Delta\sigma / \sigma)$$

Donde la expresión  $\sigma * (\Delta\sigma / \sigma)$  mide la variación en el nivel de la volatilidad implícita<sup>10</sup> que se cotiza en el mercado en puntos básicos (p.b), es decir, aproximadamente la volatilidad de la volatilidad implícita. Para ello se debería primero generar una serie para la volatilidad implícita (252 datos o una muestra histórica amplia) y de allí calcular la volatilidad de dicha serie. Suponga en el ejemplo que:

la volatilidad implícita es igual a la histórica = 1%  
la volatilidad de la volatilidad implícita = 5% y  
 $\Lambda = 1.38$  (calculada a 100 puntos básicos)

entonces: 
$$\text{VaR (vega)} = 1.38 * 1\% * 5\% * 100$$

Para fines de la gestión de riesgos del libro de opciones habrá que tener en cuenta que la sensibilidad vega para las opciones compradas es positiva, equivalente a estar comprado en volatilidad, y que el coeficiente vega es negativo para las opciones vendidas, equivalente a estar vendido en volatilidad.

En ese sentido, queda claro que para fines de manejo de riesgos financieros es relevante un seguimiento permanente de las carteras vendedoras de vega, pues de subir la volatilidad se incurren en pérdidas que podrían llegar a ser significativas. En particular, habrá que poner especial énfasis en las opciones vendidas que se encuentren en el dinero pues son aquellas las que tienen mayor vega, es decir, son las más sensibles a las variaciones de la volatilidad. Por el contrario, en caso de compra de opciones financieras la pérdida máxima vendrá acotada por la prima pagada y el beneficio cuando ocurran alzas en la volatilidad. Finalmente, la cobertura de vegas negativas mediante la compra de opciones (vega positiva) debe considerar que el neteo o cobertura será factible si al mismo el plazo.

<sup>10</sup> La volatilidad implícita se determina a partir de la cotización de mercado de la prima de la opción.

## Capítulo 4: Una Aproximación a la Medición del Riesgo de Crédito.

De manera general, se define al riesgo de crédito a la posibilidad de incumplimiento de los contratos por falta de solvencia. A su vez, se puede descomponer en riesgo de contraparte y el riesgo país, donde éste incluye al riesgo de transferencia.

Adicionalmente, en sistemas financieros altamente dolarizados debe añadirse el riesgo cambiario crediticio. Este riesgo asociado el impacto negativo de un shock cambiario sobre la capacidad de pago de los deudores quienes generan ingresos mayormente en moneda local, riesgo presente en varios sistemas financieros de Latino América.

### 4.1. Medición del Riesgo de Contraparte.

El riesgo de contraparte es trabajado en la regulación financiera internacional de manera amplia, existen normas de clasificación de deudor por tipo de crédito así como la asignación de provisiones o reservas por la estimación de la pérdida esperada correspondiente. Inclusive, el ratio de Cook referido a los activos y contingentes ponderados por riesgo de contraparte es una herramienta usual para la asignación de capital por este riesgo, aunque esta herramienta esta lejos de ser considerada un método de medición de riesgos. En tiempos reciente, se han desarrollado mediciones de riesgo de crédito que buscan, entre otros, ganar eficiencia en la asignación de capital. En esa línea viene todo el desarrollo e implementación de Basilea II para los próximos años. No obstante, no es propósito de este trabajo plantear aplicaciones de Basilea II, en las próximos párrafos se establecen algunas aproximaciones sobre la medición de riesgo de crédito con base en modelos internos.

La estructura de un contrato crediticio es, en términos de representación financiera, similar al de un instrumento de renta fija, es decir, una corriente temporal de flujos de intereses y capital descontadas a una curva de tasas de rendimiento. Luego, su valoración y posterior medición de riesgo enfrenta las mismas dificultades que las descritas para los instrumentos de renta fija, las que están asociadas a la obtención de las tasas de descuento en mercados financieros poco desarrollados.

$$B = C = \sum FC_t / (1 + TIR)^t$$

$\Delta\%VM_{\text{Crédito}} = /\text{Duración}/ * \Delta(\text{TIR})$  Tal como se planteó en anteriormente, el sistema de encuestas o "mark to model" podría también ser propuesto en este caso. Sin embargo, la infinidad y atonicidad del número de deudores hace -en principio- poco implementable dicha alternativa en su generalidad, y adicionalmente la existencia del riesgo único haría poco confiable los resultados. Lo que si es cierto es que el rating o clasificación de riesgo de los créditos, asociado a la correspondiente tasa de descuento, sería factible para los deudores más grandes, cubriendo con ello una porcentaje elevado del portafolio crediticio y ello facilitaría valorizaciones, aproximadamente a mercado, y mediciones de riesgo de los contratos crediticios.

$$VaR_{\text{Crédito}} = V.A. * DM * 2.33 * \sigma(\Delta r) * (\text{días})^{1/2}$$

La experiencia en ventas de cartera crediticia, con o sin opciones de compra, revela que el mercado secundario para estos instrumentos no es líquido y que sólo papeles del mejor rating podrían ser negociados. Este hecho permite inferir que el periodo de tenencia podría ser mayor a los 10 días establecidos prudencialmente.

## 4.2. Medición del Riesgo País

El riesgo país se define como la posibilidad de ocurrencia de acontecimientos económicos, sociales y políticos en un país extranjero que puedan afectar adversamente los intereses de una empresa del sistema financiero. El riesgo país va más allá del riesgo de contraparte de cualquier operación de financiamiento e incluye, entre otros, los riesgos soberano<sup>11</sup>, de transferencia y de expropiación o nacionalización de activos.

**Indicadores de Riesgo País**

Fecha	EMBI +LAT	Peru BB-	Argentina SD	Brasil B+	México BBB-	Colombia BB	Chile A-	Uruguay B
25 jun 02	1,082	629	6858	1618	317	607	201	893
31 dic 02	1,007	610	6391	1446	331	645	176	1228
30 may 03	707	443	5343	799	236	483	129	871
23 jun 03	684	474	4542	770	235	472	132	705
24 jun 03	680	484	4605	755	236	467	133	710
Variación último día	-4	10	63	-15	1	-5	1	5
Variación al 31-12-02	-327	-126	-1,786	-691	-95	-178	-43	-518
Variación Anual (pbs)	-402	-145	-2,253	-863	-81	-140	-68	-183
Correlación De índices			PER-ARG 0.30	PER-BRA 0.62	PER-MEX 0.69	PER-COL 0.66	PER-CHI 0.16	PER-URU 0.20
<b>Volatilidad diaria</b>	0.24%	0.16%	4.89%	0.69%	0.10%	0.18%	0.06%	1.31%

A nivel región se ha observado una disminución del riesgo país. No obstante, hay que tener en cuenta la elevada volatilidad diaria en algunos casos. En ese sentido, tanpreciado como la tendencia decreciente en el indicador es su estabilidad relativa, caso Chile o México, plasmada en su volatilidad. Aquí también es importante la correlación, que puede señalar la vulnerabilidad o aislamiento, en términos de impactos, respecto a problemas que pudiesen ocurrir en los países vecinos de la región.

## 4.3. Medición del Riesgo Cambiario Crediticio

En sistemas financieros con elevada dolarización hay que tener en cuenta el riesgo cambiario crediticio sobre los portafolios locales de créditos en moneda extranjera. Este es un riesgo asociado con el impacto de un shock cambiario sobre la capacidad de pago de los deudores que generan ingresos mayormente en moneda local, riesgo presente en varios sistemas financieros de Latino América.

Así, para los agentes con una corriente de ingresos en moneda local, incrementos significativos en los tipos de cambio afectarán sus flujos nominales de ingresos - o capacidad de pago sobre sus endeudamientos o posiciones cortas- en moneda extranjera.

$$I = \sum FC_t / TC_t$$

La expresión anterior formula la capacidad de pago de un deudor representativo de países con alta dolarización: un flujo de ingresos nominal en moneda local, que se ve afectado con incrementos del tipo de cambio.

<sup>11</sup> El riesgo soberano es la posibilidad de incumplimiento de las obligaciones financieras de un Estado o de las entidades garantizadas por éste y que las acciones legales contra el último obligado al pago sean ineficaces por razones de soberanía, independientemente de la moneda en que sean exigibles dichas obligaciones.

A partir de ello, se conviene que la percepción de riesgo o tasa de descuento de cada deudor representativo se establece, entre otros factores, como:

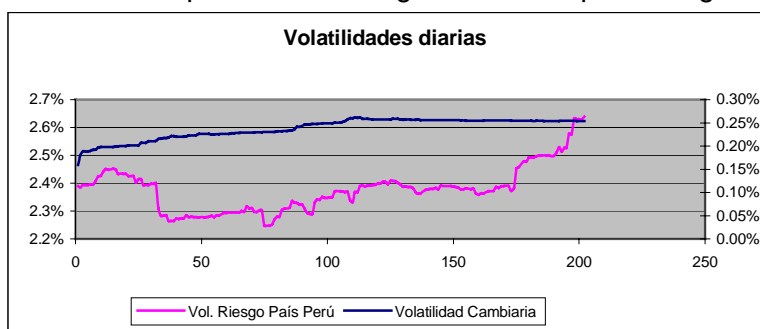
$$TIR = f(\text{PIB}, \text{TC}, \text{etc})$$

Ante shocks de la volatilidad del retorno del tipo de cambio habrá una mayor TIR, variable vinculada con (el deterioro de) la capacidad de pago del deudor o el riesgo (mayor) de incumplimiento (default) del deudor.

Así, habrá que modelar la relación entre el riesgo de incumplimiento y los shocks cambiarios, para luego aplicar el VaR al instrumento de renta fija.

$$\Delta TIR = \sigma(\Delta r) = f(\sigma)$$

Sin embargo, tal como ya se mencionó, la infinidad del número de deudores, la existencia de riesgo único y la prácticamente ausencia de un mercado secundario para créditos no permite la generación de series de tasas de descuento, parámetros claves para aplicar las metodologías de medición de riesgos. Lo que si es factible es el rating o clasificación de riesgo de los créditos de los deudores más grandes, lo que permitiría vincularlos a la correspondiente tasa de descuento. Como una primera aproximación general al cálculo de la relación anterior se presenta el siguiente gráfico de volatilidades diarias hasta mayo del 2003, tanto para el retorno del tipo de cambio dólar sol como para la serie de variaciones del riesgo país Perú, variable que representaría la prima de riesgo mínima por riesgo de crédito en aquel



país.

Un resultado

interesante fue encontrar una correlación positiva entre ambas series de volatilidades. Esto ya diría que shocks cambiarios tienen una asociación con los cambios de las tasas de descuento del signo esperado. Otra primera aproximación, con base a las dos series anteriores, se obtuvo al estimar la siguiente relación:  $\sigma_{tir} = \omega + \beta \sigma_{cambiaria}$ . Los resultados indican un coeficiente beta de aproximadamente 82%, con un intercepto que converge a cero. Dicho coeficiente representa la sensibilidad de la volatilidad de la prima de riesgo de crédito ante variaciones en la volatilidad cambiaria. Es decir, la reacción de la tasa de descuento ante shocks cambiarios. En esa línea, una extensión de este trabajo será analizar alguna especificación de los modelos GARCH<sup>12</sup> para estimar  $\sigma(\Delta tir)$ .

<sup>12</sup> Los modelos GARCH consideran dos tipos de relaciones, una para la media condicional y otra para la varianza condicional



## Conclusiones.

1. La identificación y mapeo de los riesgos en los instrumentos financieros es el primer elemento básico para la gestión de riesgos. En ese sentido, las posiciones se encuentran expuestas por lo menos a un factor de riesgo, debiendo el VaR integrar todos esos factores.

Luego, debe medirse todos los riesgos y no parece apropiado exigir VaR por un único riesgo. Inclusive, resulta importante tener en cuenta la existencia de las correlaciones entre los distintos tipos de riesgo.

2. La evaluación de los tipos de VaR plantea la metodología de Varianzas y Covarianzas cuando se tienen carteras poco complejas, que es el caso usual de los portafolios de las empresas financieras que operan en mercados pocos desarrollados. Las posiciones en instrumentos financieros simples evita la crítica usual que esta metodología hace una pobre estimación de los instrumentos con opciones implícitas (renta fija con estructuras), opciones financieras u otro tipo de instrumento no lineal, pues este método supone ausencia de posiciones con comportamiento no lineal. Esta debilidad podrá ser mitigada, también, en alguna magnitud reduciendo el horizonte temporal del VaR. No obstante, alternativamente se aplicó VaR para el cálculo de los riesgos derivados de las opciones financieras (las griegas) según el enfoque de Varianzas y Covarianzas, de acuerdo a Jorion (1997), que considera la relación lineal entre la evolución del valor de la opción y el precio del activo subyacente (efecto delta), así como los efectos no lineales: la convexidad de la opción (efecto gamma) y el riesgo de los cambios en la volatilidad del subyacente (efecto vega).

Luego, para carteras poco complejas, el VaR paramétrico debe tener en cuenta otros aspectos, básicamente cualitativos, como la calidad del capital humano, sistemas computacionales disponibles y la capacidad de la alta dirección y gerencia para entender los resultados, ventajas y limitaciones de esta herramienta cuantitativa. Así, el método de varianzas y covarianzas puede salvar relativamente los elementos de decisión entre los modelos. Una de sus variantes, Riskmetrics, es de amplia aceptación en los mercados desarrollados.

Conforme las carteras se desarrollen hacia posiciones complejas entonces los métodos de simulación serían la siguiente etapa. Inclusive, la factibilidad de efectuar mediciones de riesgos a través de la Simulación de Montecarlo, medición complicada de transmitir a la alta dirección de las empresas en la gestión de los riesgos financieros, además de requerir importantes recursos de sistemas y capital humano.

3. Las aplicaciones desarrolladas de VaR por instrumentos financieros y cartera resultaron factibles de acuerdo a las alternativas de valorización en mercados financieros poco desarrollados. Se destaca los beneficios de la diversificación, que se captura con la inclusión de las correlaciones entre los distintos subyacentes, elemento a ser considerado en la medición de riesgos.

4. Un hecho estilizado en mercados financieros poco desarrollados es la ausencia de algunos precios de mercado o tasas de descuento, ello no permite cumplir con los requerimientos de valorización a mercado de las posiciones en instrumentos de renta fija (emisiones locales de bonos y créditos) o derivados financieros (contratos forwards, etc), así como la obtención de sus medidas de riesgo (volatilidades y correlaciones). Esto complica la aplicación del VaR para determinados subyacentes con mercados financieros poco líquidos, es decir, su medición de riesgo.

Ante la ausencia de información sobre precios de mercado para estos portafolios, una alternativa que se implementó en algunos mercados latinoamericano, que incluye el caso peruano, es recopilar sistemáticamente la apreciación del riesgo de los

operadores de los mercados a través de encuestas y su posterior e inmediata devolución de los resultados de las mismas hacia los operadores y usuarios.

Así, desde el año 2000, se realizan tres encuestas: una quincenal de tasas de descuento por emisores específicos (aproximadamente 100 bonos donde también hay papeles con riesgo soberano), una segunda quincenal que es una matriz por categoría de riesgo y plazo sin emisores específicos, y una tercera diaria que es sobre las tasas activas y pasivas en distintas monedas y plazos que se usan en la cotización de los contratos a plazo de divisas. En estas encuestas participan los principales agentes del mercado de capitales local como bancos, empresas de seguros, fondos mutuos, administradoras de fondos de pensiones, etc.

La composición (ex ante) y los resultados (ex post) son evaluados periódicamente por un Comité, integrado por los reguladores bancarios y del mercado de valores. Los resultados resultan básicos para proveer a los gestores de los insumos que les permitan aproximar la valorización a mercado y su medición de riesgo de los papeles representativos de deuda y los instrumentos financieros derivados, identificar la tendencia y comportamiento general de las tasas de mercado, seguir la evolución del "riesgo emisor" por cada papel y tratar de favorecer la negociación de los instrumentos de renta fija en el mercado secundario.

5. En relación a los parámetros de mercado, se requiere una volatilidad relativamente estable para trabajar con VaR, la inestabilidad de la medida de riesgo causaría resultados VaR inestables, crítica usual a los modelo VaR de varianzas y covarianzas. En ese sentido, la elección del periodo de observación sería de mayor impacto que el método de medición o estimación para efectos de los resultados. También se plantean varias formas de cálculo: promedio móvil simple (Basilea 1996), promedio móvil ponderado exponencialmente, modelos GARCH, etc.

El análisis estático de las correlaciones evidencia un hecho empírico referido a que dependiendo del tamaño de la muestra y del periodo que se tome, las correlaciones pueden cambiar significativamente, sobre todo en los escenarios de stress. Esto revela la crítica usual sobre los resultados de los modelos internos tipo VaR paramétricos: la sensibilidad de sus resultados ante cambios de los factores de mercado.

6. En cuanto los parámetros del Modelo, la regulación financiera (Acuerdo de Basilea de Riesgos de Mercado) establece prudencialmente un periodo de observación al menos 252 datos diarios recientes, un nivel de significancia estadística del 99 % y un horizonte temporal de 10 días, entre otros. Requerimientos razonables o mínimos para mercados financieros poco desarrollados.

7. Los Resultados o números VaR registran utilidades y limitaciones. En general, el VaR es una de las herramientas de gestión de riesgos pero que no resume la gestión de los riesgos. Recalcar que el aspecto cualitativo de la gestión de riesgos es un elemento igual o más importante que la batería de herramientas cuantitativas, tal como la historia financiera reciente muestra con una serie de quiebras o pérdidas de magnitud. Las principales ventajas del VaR se centran en que condensa en un número el riesgo de un portafolio o carteras, provee una herramienta de comparación de los riesgos en diferentes mercados y en diferentes clases de activos, y que captura el efecto positivo de la diversificación a través de la correlación entre instrumentos.

8. Respecto al manejo de la información de mercado, insumo necesario para la medición de riesgos, las fuentes de discrepancia entre los resultados de VaR para portafolios idénticos vendrían por la cantidad de datos empleados para las correlaciones y volatilidades como la forma de cálculo de la volatilidad ya mencionadas. Se plantea necesario contar con una segunda matriz de correlaciones y volatilidades para la simulación de escenarios (reales en el pasado) de cambios de

precios de mercado muy adversos (peor escenario) o stress testing, elemento fundamental en la gestión de riesgos.

9. En sistemas financieros con elevada dolarización, presentes en Latinoamérica, hay que tener en cuenta el riesgo cambiario crediticio sobre los portafolios locales de créditos en moneda extranjera. Este es un riesgo asociado con el impacto de shocks de la volatilidad cambiaria sobre las variaciones en las tasas de descuento, variable vinculada con la capacidad de pago del deudor o el riesgo de incumplimiento del deudor. Se efectuó algunas primeras aproximaciones a la medición de dicho riesgo y los resultados revelan una correlación entre ambas series de volatilidades del signo esperado, así como un coeficiente beta de aproximadamente 82%. Dicho coeficiente representa la sensibilidad de la volatilidad de la prima de riesgo de crédito ante variaciones en la volatilidad cambiaria.

En este sentido, extensiones futuras de este trabajo irán sobre el análisis de especificaciones de modelos GARCH que permitan la medición de este riesgo.

## **Bibliografía:**

- Aragónés, José Ramón y Blanco, Carlos. “**Valor en Riesgo**: Aplicación a la Gestión Empresarial”, 2000, Ediciones Pirámide.
- Banco Interamericano de Desarrollo y Grupo Santander. “**Gestión de Riesgos Financieros**: Un Enfoque Práctico para Países Latinoamericanos”, 1999, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Day, Thomas. Capital Markets Update. “**VaR Explained**”, Vol. Four N°.2, September 1999, Federal Reserve Bank of Atlanta.
- Jorion, Philippe. “**Value at Risk**: The New Benchmark for Controlling Market Risk”, 1997, McGraw-Hill.
- Lamothe, Prosper. “**Opciones Financieras**: Un Enfoque Fundamental.”, 1993, McGraw-Hill.
- Saunders, Anthony. “**Financial Institutions Management**: A Modern Perspective”, Second Edition, 1997, Irwin McGraw-Hill.
- Sánchez Cerón, Carlos. “**Valor en Riesgo y otras aproximaciones**”, Valuación, Análisis y Riesgo, S.C., 2001.
- Zambrano, Mario. “**Gestión del Riesgo Cambiario: Una Aplicación de Valor en Riesgo para el Mercado Financiero Peruano** ”, Revista Estudios Económicos N°5, Banco Central de Reserva del Perú, marzo de 2003.