

# EL VALOR EN RIESGO AJUSTADO POR LIQUIDEZ EN COLOMBIA\*

Juanita González Uribe  
Daniel Osorio Rodríguez\*

El riesgo de liquidez está asociado con la posibilidad de que una institución financiera no pueda liquidar una posición de manera oportuna y a un precio razonable (véase Muranaga y Ohsawa, 1997).

Las medidas tradicionales de riesgo de mercado, tales como la metodología de valor en riesgo (VeR), no tienen en cuenta el denominado riesgo de liquidez, por el contrario, el esfuerzo dedicado a la medición del riesgo de mercado se ha enfocado en modelar la distribución del precio de mercado (*precio razonable*) bajo la creencia de que las instituciones financieras están siempre en capacidad de liquidar cualquier posición a dicho precio. Sin embargo, como lo menciona Dowd (2005), este precio de mercado no es real en la medida en que los bancos no compran ni venden a ese nivel: los agentes del mercado negocian sus posiciones a las puntas de venta y compra, según corresponda; el precio de mercado registrado se ubica entre estas dos puntas.

En otras palabras, la metodología VeR ignora el impacto que tiene la variabilidad de las puntas sobre el resultado esperado de cualquier transacción. Según Bangia *et al.* (1998), esta variabilidad no debe ignorarse en la práctica, pues ésta implica que el precio efectivo para los agentes es el precio de mercado menos un descuento, el cual depende de la volatilidad en la diferencia entre las puntas del mercado (*bid-ask spread, bas*).

Han sido muchos los esfuerzos dedicados a incorporar la volatilidad del *bas* en las metodologías de medición de riesgo de mercado; entre ellos el trabajo de Bangia *et al.* (1998) ha sido el más influyente al desarrollar la metodología de valor en riesgo ajustado por liquidez (VeRL), la cual añade, al VeR tradicional, un término que

---

\* Los autores son, en su orden profesional especializada y profesional de la Sección de Análisis y Estabilidad Financiera del Departamento de Estabilidad Financiera del Banco de la República. Las opiniones expresadas son exclusivamente de sus autores, así como la responsabilidad por los errores que persistan, y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

captura la distribución del *bas*, que permite calcular la distribución del precio que efectivamente reciben las entidades por sus posiciones.

El objetivo de este trabajo es utilizar la metodología de VeRL para incluir el riesgo de liquidez en las mediciones tradicionales de riesgo de mercado en Colombia. Para ello se presenta y se utiliza una versión multivariada de la metodología, la cual hace uso explícito de la correlación entre las puntas y los precios de mercado de distintos instrumentos.

## I. LA METODOLOGÍA DE VALOR EN RIESGO AJUSTADO POR LIQUIDEZ (VeRL)

En esta sección presentamos los fundamentos teóricos de una versión multivariada de la metodología VeRL, para lo cual, primero, se presenta la versión univariada de la metodología. Esta nueva versión es con base en las medidas de riesgo de liquidez *ex ante* propuestas por Bangia *et al.* (1998).

### 1. VeRL univariado

El punto de partida de esta metodología radica en que la distribución del precio efectivo (el único relevante para la medición de riesgo) depende no sólo de la distribución del precio de mercado sino también de la distribución del *bas*. Según Dowd (2005), existen dos métodos que permiten el uso conjunto de dichas distribuciones: el primero consiste en calcular un VeR para el precio de mercado efectivo, utilizando simulaciones de Montecarlo para el precio de mercado y el *bas*, conjuntamente; el segundo (VeRL), fue presentado originalmente por Bangia *et al.* (1998) y es menos exigente computacionalmente. De acuerdo con estos autores, el VeRL se obtiene como la suma del VeR tradicional y un término que denominan como *costo de la liquidez* (COL), el cual se construye utilizando algunos parámetros de la distribución del *bas*<sup>1</sup>. Gracias a su enorme simplicidad, este método se ha vuelto común como una herramienta útil para medir conjuntamente riesgo de liquidez y riesgo de mercado.

Para explicar la metodología, sea  $P_t$  el precio de mercado observado de un activo en el día  $t$ . El retorno logarítmico del activo en el día  $t$  es igual a:

$$(1) \quad r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

Si el retorno se distribuye  $i.i.d \sim N(0, \sigma_t^2)$  y  $\sigma_t$  representa su desviación estándar, el peor precio a un horizonte de un día con un nivel de confianza de 99% es:

---

<sup>1</sup> Este método es con base en dos supuestos: primero, que el impacto que tiene una transacción individual sobre el precio de mercado es cero, y segundo, al necesitar liquidez, los agentes del mercado liquidan su posición inmediatamente.

$$(2) \quad P_{t+1}^{99\%} = P_t e^{-2,33\sigma_t}$$

A partir de lo anterior, la peor pérdida por peso expuesto al mismo horizonte y con el mismo nivel de confianza (el VeR paramétrico tradicional) es:

$$(3) \quad VeR_{t+1}^{99\%} = P_t - P_{t+1}^{99\%} = P_t - P_t e^{-2,33\sigma_t} = P_t(1 - e^{-2,33\sigma_t})$$

De acuerdo con Bangia *et al.* (1998), el precio de mercado observado es en promedio la media entre las puntas de compra y de venta; en otras palabras: el precio de mercado promedio observado en  $t$  es  $P_t^{bid} + \frac{1}{2}\bar{S}$ , donde  $P_t^{bid}$  es la punta de compra y  $\bar{S}$  es el promedio del *bas*  $S$ . Una manera simple de incluir el riesgo de liquidez en el cálculo del VeR es, en consecuencia, usar el precio efectivo (precio de mercado menos la mitad del *bas*); sin embargo, este enfoque se concentra únicamente en la media de la distribución del *bas* y no en sus colas, las cuales contienen información útil en términos de medición y administración del riesgo. Una forma más precisa de tener en cuenta el riesgo de liquidez es calcular el COL, dado por (véase Bangia *et al.*, 1998):

$$(4) \quad COL_t = \frac{1}{2} P_t (\bar{S}_r + a\sigma_{rt})$$

donde  $\bar{S}_r$  es la media del *bas* relativo; y  $\sigma_{rt}$  es su desviación estándar<sup>2</sup>, y  $a$  es un factor de escala cuyo propósito es permitir que el costo de liquidez cubra un 99% de los *bas* observados. Finalmente, el VeRL en el momento  $t$  está dado por la siguiente expresión, la cual indica que la peor pérdida con un horizonte de un día (incluyendo la volatilidad del *bas*) esta dada por:

$$(5) \quad VeRL_t = VeR_{t+1}^{99\%} + COL_t = P_t(1 - e^{-2,33\sigma_t}) + \frac{1}{2} P_t (\bar{S}_r + a\sigma_{rt})$$

Hay una característica de la medida VeRL que vale la pena mencionar: el método supone que cuando el precio se encuentra en una coyuntura crítica el *bas* también lo está, en otras palabras: la correlación entre el riesgo de mercado y el riesgo de liquidez es muy alta en momentos críticos. De acuerdo con Bangia *et al.* (1998), levantar este supuesto complica innecesariamente el álgebra sin ofrecer ninguna ganancia conceptual, por tal motivo, es necesario incluir en el cálculo del VeRL la peor situación en materia de precios y de *bas*, con un nivel de confianza de 99%.

## II. VERL MULTIVARIADO

Lo presentado hasta ahora se limita al cálculo del riesgo para una posición. Una manera sencilla de generalizar el método para incluir más de un activo o portafolio

<sup>2</sup> El *spread* relativo está dado por  $[P_t^{ask} - P_t^{bid}]/[(P_t^{ask} + P_t^{bid})/2]$  donde  $P_t^{ask}$  es la punta de venta. Sirve el propósito de permitir la comparación del costo de liquidez entre distintos activos con distintos precios en niveles.

es añadir al VeR multivariado el costo de liquidez para cada posición individual (calculado utilizando la expresión 4); sin embargo, dicha generalización ignora las correlaciones existentes entre la liquidez de los activos (i. e., entre los *bas* de las diferentes posiciones), sobreestimando las medidas de riesgo. El VeRL multivariado propuesto en este trabajo supera este sesgo potencial por la vía de calcular un costo de liquidez multivariado.

El cálculo del VeR multivariado tradicional se encuentra actualmente muy desarrollado (véase, por ejemplo, el didáctico libro de Christoffersen, 2003). Sea  $\bar{P}_t$  el vector de dimensión  $(n \times 1)$  de precios de mercado de un portafolio compuesto por  $n$  activos distintos en  $t$ . El retorno logarítmico del activo  $i$  en  $t$  es igual a:

$$(6) \quad r_{it} = \ln\left(\frac{P_{it}}{P_{it-1}}\right)$$

donde  $P_{it}$  es el precio observado del activo  $i$  en  $t$ . Si los retornos diarios de los distintos activos se distribuyen *i.i.d*  $\sim N(0, \sigma_{it}^2)$  y notamos con  $\Sigma_t$  la matriz de varianzas y covarianzas de los retornos del portafolio en  $t$ , la varianza del portafolio (por peso expuesto) en  $t$  es igual a:

$$(7) \quad \sigma_t^2 = \bar{w}_t' * \Sigma_t * \bar{w}_t$$

donde  $\bar{w}_t$  es el vector de dimensión  $(n \times 1)$  compuesto por las ponderaciones de los activos en el portafolio en  $t^3$ ; adicionalmente, dada la estructura de colas anchas que exhiben las distribuciones de buena parte de las series financieras, es importante incluir un ajuste por este fenómeno. Mientras Bangia *et al.* (1998) proponen el uso de un parámetro adicional para tener en cuenta las colas anchas, este trabajo propone el uso de una distribución  $t$  estándar con 5 grados de libertad en el cálculo del VeR<sup>4</sup>. En consecuencia, el vector de peores precios con un nivel de confianza de 99% y a un horizonte de un día es:

$$(8) \quad \bar{P}_{t+1}^{99\%} = \bar{P}_t e^{t_5^*(0,01)\sigma_t}$$

De lo anterior se deduce que la peor pérdida con el mismo nivel de confianza y al mismo horizonte de tiempo (el VaR multivariado paramétrico tradicional) es:

$$(9) \quad MVeR_{t+1}^{99\%} = \bar{w}_t' \bar{P}_t - \bar{w}_t' \bar{P}_{t+1}^{99\%} = \bar{w}_t' \bar{P}_t - \bar{w}_t' \bar{P}_t e^{t_5^*(0,01)\sigma_t} = \bar{w}_t' \bar{P}_t (1 - e^{t_5^*(0,01)\sigma_t})$$

La versión multivariada del COL que propone este documento tiene el objetivo, como se mencionó anteriormente, de incluir las correlaciones que existen entre los *bas* de los diferentes activos que componen un portafolio; así, el COL multivariado está dado por:

$$(10) \quad MCOL_t = \frac{1}{2} \bar{w}_t' * \bar{P}_t (\bar{w}_t' * \bar{S}_r + a\sigma_{rr})$$

<sup>3</sup> En el caso del VeR multivariado, un peso expuesto realmente significa un peso dividido entre los  $n$  activos de acuerdo con las ponderaciones de  $w_t$ .

<sup>4</sup> Tsay (2002) sugiere un número de grados de libertad entre 3 y 6.

donde  $\overline{S}_r$  es el vector que contiene los promedios de los *bas* relativos y  $\sigma_r$  es la desviación estándar del portafolio de *bas*. Para calcular esta desviación estándar, se usa la misma estructura del portafolio ( $w_r$ ) y la información de *bas* individuales como si fuesen precios. Finalmente se calcula la varianza de ese portafolio. Debido a que el cálculo de esta varianza utiliza la matriz de varianzas y covarianzas de los *bas*, el COL multivariado utiliza esta información; en este sentido, el COL multivariado enfatiza la importancia que tiene la interdependencia entre los niveles de liquidez de los distintos instrumentos que componen un portafolio. Si la desviación estándar del portafolio de *bas* está bien calculada, la expresión (10) evita la sobreestimación del riesgo mencionada anteriormente; por último,  $a$  es un factor de escala cuyo propósito es permitir que el COL multivariado cubra el 99% de los *bas* observados.

La expresión (10) es en esencia igual a la presentada en (4), con la única excepción de que el peso expuesto no se concentra en un único activo sino que se distribuye entre un portafolio de instrumentos. El VeRL multivariado se calcula utilizando el mismo principio teórico de la versión univariada: como la suma entre el MVeR y el MCOL. El VeRL multivariado de un portafolio cuya estructura está dada por  $w_r$ , que indica la peor pérdida a un horizonte de un día por peso expuesto (incluyendo las volatilidades de los precios y de los *bas*) está dada por:

(11)

$$MVeRL_t = MVeR_{t+1}^{99\%} + MCOL_t = \overline{w}_t' \overline{p}_t (1 - e^{z_{0.99}^* (0,01) \sigma_t}) + \frac{1}{2} \overline{w}_t' * \overline{p}_t (\overline{w}_t' * \overline{S}_r + a \sigma_r)$$

Finalmente, a partir de lo anterior es posible obtener una medida de riesgo de liquidez por la vía de calcular, como porcentaje de  $MVeR_{t+1}^{99\%}$ , la diferencia entre  $MVeRL_t^{99\%}$  y  $MVeR_{t+1}^{99\%}$ . Esta medida se interpreta como el porcentaje en el cual debiera incrementarse el MVeR por efecto del riesgo de liquidez. Además de la simplicidad mencionada anteriormente, la versión multivariada del VeRL es atractiva en la medida en que únicamente requiere, adicional a la información de precios y *bas*, la composición del portafolio cuyo riesgo debe evaluarse.

### III. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

En la sección IV de este *Reporte* se aplica la metodología de VeRL multivariado al portafolio de títulos de deuda pública (TES) en manos de los establecimientos de crédito en Colombia. En particular, los cuadros 10 y 11 muestran los porcentajes de corrección del MVeR para cada una de las entidades del sistema bancario. Esta sección explica las características de la base de datos empleada en ese cálculo. Para superar la escasez de datos, en el cálculo se dividió el espectro de TES en ocho factores de riesgo (bandas) de acuerdo con su duración, como se muestra en el Cuadro 1.

Para implementar esta clasificación se emplearon las series de precios y *bas* para la mayoría de títulos de deuda pública que circulaban al 6 de febrero de 2007 y que

se encontraban en manos de los establecimientos de crédito<sup>5</sup>. Esta información, que comprende el período entre el 3 de enero de 2005 y la fecha de corte mencionada, se obtuvo del Sistema Electrónico de Negociación (SEN) administrado por el Banco de la República. Una vez se recolectó esta información, se construyeron series de precios y *bas* para cada uno de los factores de riesgo por la vía de calcular un promedio ponderado de los precios y los *bas* de los títulos que pertenecen a cada una de las bandas<sup>6</sup>. Los gráficos 1 y 2 muestran la evolución de los precios y los *bas* relativos para cada una de las bandas.

Un hecho ampliamente documentado alrededor de las series financieras radica en que exhiben un fenómeno conocido como concentraciones de volatilidad, lo que significa que altos niveles en las variables están seguidos usualmente por altos niveles y viceversa, por ende, el supuesto de una varianza constante de los retornos en el cálculo del VeR de un portafolio no ofrece una medida precisa del riesgo. En los ejercicios presentados en este Reporte, se tuvo en cuenta este efecto, calculando la desviación estándar de los retornos ( $\sigma_r$ ) y del *bas* ( $\sigma_{rt}$ ) al usar un modelo GARCH (1,1).

Finalmente, para calcular el factor de escala  $a$  de  $COL_t$  y  $MCOL_t$ , el ejercicio supuso que el término  $\overline{S}_r + a\sigma_{rt}$  debe cubrir el 99% de las pérdidas; en otras palabras: tras calcular el VeR multivariado del portafolio de *bas*, se calculó el factor de escala, despejando  $a$  de la siguiente expresión:

$$(12) \quad MVeR_{bas} = \overline{S}_r + a\sigma_{rt}$$

#### IV. REFLEXIONES FINALES

En este documento, complementado con la sección sobre riesgo de liquidez presentada en esta edición del *Reporte de Estabilidad Financiera*, se expuso una versión multivariada de la metodología VeRL para calcular el riesgo de liquidez que actualmente enfrentan los estableci-

<sup>5</sup> Se excluyeron de la base de datos todos los títulos distintos a TES-B, que son los títulos más líquidos de todo el espectro de bonos en Colombia. Los TES B representan el 87,5% de los títulos de deuda pública en circulación.

<sup>6</sup> Las ponderaciones empleadas corresponden al número de transacciones que registra cada título en el SEN.

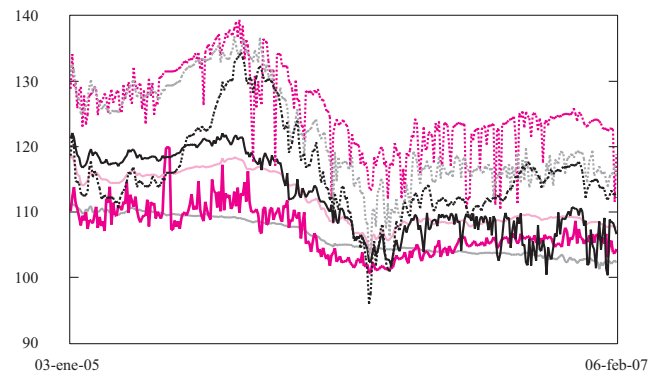
CUADRO 1

#### FACTORES DE RIESGO (BANDAS)

Factor de riesgo	Duración
1	Menos de 1 año
2	Entre 1 y 2 años
3	Entre 2 y 3 años
4	Entre 3 y 4 años
5	Entre 4 y 5 años
6	Entre 5 y 6 años
7	Entre 6 y 7 años
8	Más de 7 años

GRÁFICO 1

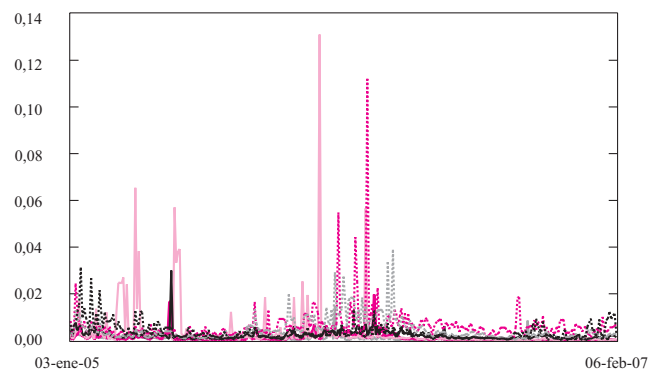
#### FACTORES DE RIESGO: PRECIOS



Fuente: Banco de la República-SEN, cálculos de los autores.

GRÁFICO 2

#### FACTORES DE RIESGO: BID-ASK SPREADS



Fuente: Banco de la República-SEN, cálculos de los autores.

mientos de crédito en Colombia, y por esa vía ofrecer un mecanismo de corrección de las medidas de riesgo de mercado tradicionales, con el fin de tener en cuenta el riesgo de liquidez. Estas mediciones se basan en la idea de que, cuando la liquidez de mercado es reducida, las entidades no están en capacidad de liquidar sus posiciones al precio de mercado observado, sino a un precio descontado que depende de la volatilidad del *bas*. El *bas* captura, en síntesis, el efecto de la liquidez de mercado sobre el precio efectivamente realizado.

Con respecto a la agenda de investigación futura, hay dos caminos por medio de los cuales es posible avanzar sobre la metodología de VeRL multivariado: el primero consiste en usar una técnica de estimación distinta para el VeR tradicional, con el fin de levantar los supuestos hechos sobre la distribución de los retornos; el segundo, sigue un enfoque más sofisticado, sugerido por el trabajo de Jarrow and Subramanian (1997), quienes enfatizan la necesidad de considerar tanto el precio efectivo como la estrategia de liquidación de las entidades (es decir, su perfil de liquidaciones en el tiempo), en aras de obtener una medida más precisa del riesgo de liquidez. Lo anterior se sustenta en el hecho de que los bancos, al conocer la volatilidad del *bas*, pueden emplear una estrategia óptima de liquidación (distinta a aquella supuesta en este documento), con el fin de minimizar las pérdidas por efecto de aquella volatilidad.

## REFERENCIAS

- Bangia, A.; Diebold, F.; Schuermann, T.; Stroughair, J. (1998) "Modeling Liquidity Risk, With Implications for Traditional Market Risk Measurement and Management", *Center for Financial Institutions*, documento de trabajo, núm. 99-06, Wharton School Center for Financial Institutions, diciembre.
- Christoffersen, P. (2003) *Elements of Financial Risk Management*, Academic Press, julio.
- Dowd, K. (2005) *Measuring Market Risk*, 2a. ed., West Sussex: John Wiley Sons Ltd.
- Jarrow, R.; Subramaniam, A. (1997) Mopping up Liquidity, Risk, núm. 10, vol. 12, pp. 170-173, diciembre.
- Le Saout, E. (2000) "Beyond the Liquidity: from Microstructure to Liquidity Risk Management", Universidad de Rennes, núm. 1, noviembre.
- Muranaga, J.; Ohsawa, M. (1997) "Measurement of Liquidity Risk in the Context of Market Risk Calculation", Banco del Japón, Instituto de Estudios Monetarios y Económicos.
- Tsay, R. (2002) *Analysis of Financial Time Series*, Wiley Series in Probability and Statistics, John Wiley & Sons, Inc.