



**BANCO DE GUATEMALA**

Documentos de Trabajo

**CENTRAL BANK OF GUATEMALA**

Working Papers

No. 90

**ESTIMACIÓN DE REQUERIMIENTOS  
ADICIONALES DE LIQUIDEZ DE LAS ENTIDADES  
BANCARIAS PARA ENFRENTAR EVENTOS DE  
RETIROS EXTRAORDINARIOS\***

**Año 2006**

Autores:

Kléver Rolando Mejía Caguasango

Katía Paulina Garzón Alvear

\*Tercera Mención Honorífica, reconocimiento otorgado por el Jurado Calificador del Certamen Permanente de Investigación sobre Temas de Interés para la Banca Central Dr. Manuel Noriega Morales, Edición XVI





## **BANCO DE GUATEMALA**

La serie de Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala es una publicación que divulga los trabajos de investigación económica realizados por el personal del Banco Central o por personas ajenas a la institución, bajo encargo de la misma. El propósito de esta serie de documentos es aportar investigación técnica sobre temas relevantes, tratando de presentar nuevos puntos de vista que sirvan de análisis y discusión. Los Documentos de Trabajo contienen conclusiones de carácter preliminar, las cuales están sujetas a modificación, de conformidad con el intercambio de ideas y de la retroalimentación que reciban los autores.

La publicación de Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de los miembros de la Junta Monetaria del Banco de Guatemala. Por lo tanto, la metodología, el análisis y las conclusiones que dichos documentos contengan son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no necesariamente representan la opinión del Banco de Guatemala o de las autoridades de la institución.

\*\*\*\*\*©\*\*\*\*\*

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is a publication that contains economic research documents produced by the Central Bank staff or by external researchers, upon the Bank's request. The publication's purpose is to provide technical economic research about relevant topics, trying to present new points of view that can be used for analysis and discussion. Such working papers contain preliminary conclusions, which are subject to being modified according to the exchange of ideas, and to feedback provided to the authors.

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is not subject to previous approval by the Central Bank Board. Therefore, their methodologies, analysis and conclusions are of exclusive responsibility of their authors, and do not necessarily represent the opinion of either the Central Bank or its authorities.

# Estimación de requerimientos adicionales de liquidez de las entidades bancarias para enfrentar eventos de retiros extraordinarios

*Kléber Rolando Mejía Caguasango,  
Katia Paulina Garzón Alvear*

---

## Resumen

En el presente trabajo se analizan las tenencias de liquidez de las entidades bancarias ecuatorianas luego de la dolarización y la determinación de provisiones adicionales para enfrentar retiros extraordinarios. La investigación es básicamente una propuesta metodológica para la determinación de un pool de fondos óptimo basado en el comportamiento histórico de los depósitos de las entidades bancarias. En el primer capítulo se realiza una breve introducción teórica y descripción del entorno bancario ecuatoriano; el segundo muestra el objetivo y la hipótesis planteados; el tercero recoge los principales resultados obtenidos; y el capítulo cuarto presenta las conclusiones.

## I. Introducción

### I.1 El riesgo de liquidez como fuente de desequilibrio macroeconómico

En períodos de crisis, los países que mantienen su soberanía monetaria, y patentan el rol de prestamistas de última instancia, utilizan la emisión de los bancos centrales para aliviar la presión de la demanda por dinero de aquellas instituciones financieras privadas que enfrentan retiros masivos, básicamente con el propósito de evitar que las entidades financieras caigan en un período de cesación de pagos y ello conlleve al pánico sistémico. Asimismo, a través de las operaciones de mercado abierto se puede intervenir temporalmente en la determinación del precio del dinero con la intención

de evitar depreciaciones cambiarias. Evidentemente, en períodos de crisis económicas las expectativas de los agentes económicos pueden conducir a ratificar eventos de crisis sistémicas por lo cual la oportunidad con la que las autoridades intervengan se vuelve fundamental.

En países donde los grados de libertad de la política monetaria son menores (caja de convertibilidad) o inexistentes (dolarización oficial) debe preverse con mayor importancia y urgencia la existencia de mecanismos de alerta y de asistencia a fin de evitar crisis financieras y el asociado efecto contagio, pues aunque el efecto de la crisis no se manifiesta en el precio de la divisa, ésta puede contaminar al conjunto de la economía a través de retiros masivos de dinero del sistema, salida de capitales y severos ajustes en los equilibrios internos y externos del sector real.

En economías dolarizadas, la ausencia de la política monetaria restringe la capacidad de controlar el circulante y con ello el nivel de la tasa de interés por lo cual es necesario que el Banco Central diseñe nuevos instrumentos de medición de la liquidez y fortalezca su rol de regulador financiero a través de la política de encaje, política de crédito y especialmente diseñando planes de contingencia para prevenir el surgimiento de crisis sistémicas.

Como se señaló, las políticas de gestión y administración de la liquidez deben ir más allá del ámbito de la regulación al sector bancario, poniendo especial énfasis en el entendimiento de la dinámica macroeconómica para lo cual es imprescindible generar un conjunto de propuestas de

política relacionadas con el monitoreo y control de flujos de capitales, fondos de protección contracíclica, planes de contingencia con ubicación de costos de salvataje (bail out), red de seguridad financiera, fuentes y calidad de la liquidez doméstica, etc.

En todo caso, cualquier medida que pretenda llevarse a cabo para solucionar problemas específicos de entidades, o inclusive de sistemas, demanda de la disponibilidad inmediata de recursos en efectivo para atender los primeros síntomas de migración de depósitos y prevenir así el riesgo de eventos sistémicos, de allí la importancia de un prestamista de última instancia que, en ausencia de un Banco Central emisor, tenga los recursos suficientes para generar confianza en los depositantes y en los demás acreedores del sistema financiero.

Bajo ese precepto, en junio de 2000, mediante Resolución No. JB-2000-224, la Junta Bancaria creó el Fondo de Liquidez como un fideicomiso de inversión cuyos recursos serían alimentados a través del aporte del Estado ecuatoriano por USD 50 MM de una sola vez y de organismos multilaterales de crédito y las instituciones financieras sujetas a encaje.

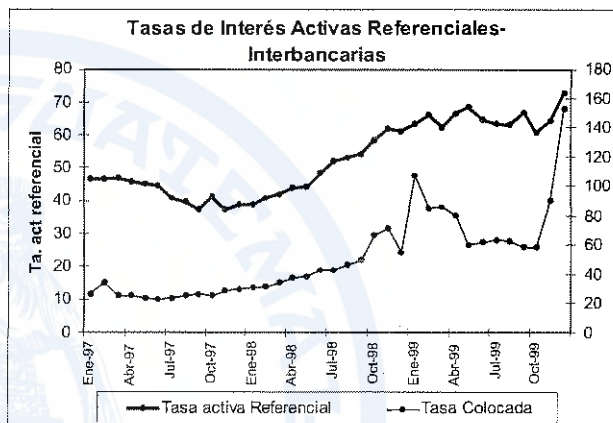
Los mecanismos de atención de liquidez se encuentran esencialmente distinguidos por dos tramos de crédito: uno relacionado con fallas operativas de tesorería y que tiene como propósito básico la protección del sistema de compensación de cámaras; y un segundo tramo que guarda relación con requerimientos de liquidez no mayores a 120 días. Aún cuando en la actualidad la banca privada ecuatoriana ha presentado una solicitud de replanteamiento del mecanismo vigente relacionado básicamente con el sistema de toma de decisiones (privilegiando el voto privado sobre el público), la administración fiduciaria del fondo (fideicomiso internacional) y la incorporación del encaje legal como un tramo de crédito adicional, es el propósito de este estudio señalar que, independientemente de los procesos administrativos del fondo, es necesario elevar el tamaño de los recursos del fideicomiso y recalcar sobre la importancia de contar con un mecanismo de pool para enfrentar eventos sistémicos.

## 1.2 La crisis financiera ecuatoriana

A finales de 1998 Ecuador habría ingresado en el acontecimiento financiero más difícil registrado en su historia económica. La crisis financiera ecuatoriana parecería ser el desenlace de una combinación trágica de acontecimientos internos y externos negativos: i) el conflicto bélico con el Perú de 1995; ii) la crisis de mercados emergentes como los de las economías del sudeste asiático, rusa y brasileña; iii) el impacto del fenómeno de “El Niño” en la producción nacional; y iv)

la caída de los precios de petróleo y de otros commodities producidos en el país. A esta serie de condiciones se agregaron profundos desequilibrios económicos, la pérdida de efectividad de la política monetaria registrada con una escalada geométrica de la tasa de interés y el tipo de cambio y una débil supervisión bancaria, condiciones que llevaron a las autoridades monetarias a declarar la dolarización oficial de la economía en enero de 2000.

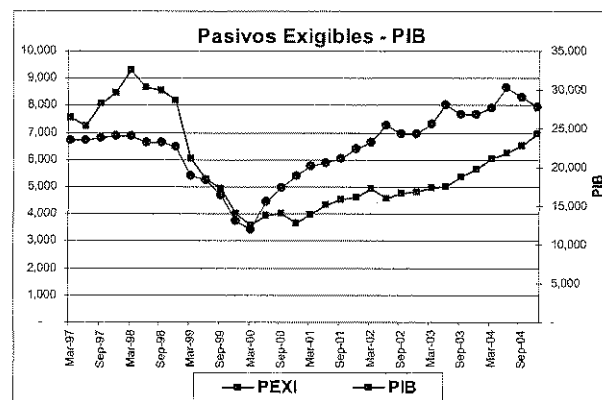
Gráfico 1.1



Una breve revisión del comportamiento de los requerimientos de liquidez de este periodo permite destacar algunas cifras que cuentan de la magnitud del shock:

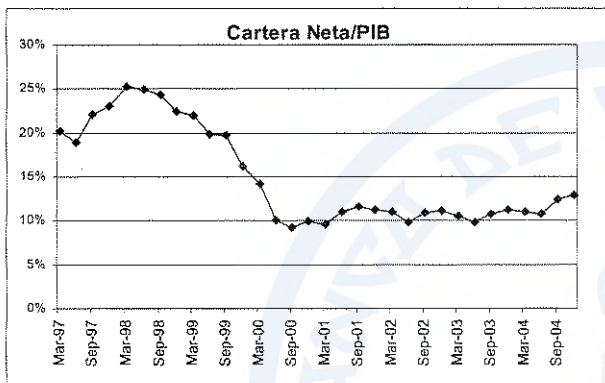
Entre marzo de 1998 y marzo de 2000 el sistema bancario ecuatoriano registró una caída continua de su nivel de pasivos exigibles, registrándose una pérdida de USD 5,676 millones, equivalente a 61% del nivel de pasivos de marzo de 1998 y 23,6% del PIB de ese mismo año. Al mes de septiembre de 2004, el nivel de pasivos a cargo de la banca asciende a 70% del nivel que mantenía a marzo de 1998.

Gráfico 1.2



Evidentemente, la crisis también tuvo su efecto en la contracción de la cartera de crédito bancaria que, entre marzo de 1998 y junio de 2000, registró una caída de 74%, producto tanto de la devaluación como de la disminución real de las colocaciones. La proporción de cartera neta respecto al PIB cayó de 25% a 10%, porcentaje alrededor del cual se ha mantenido hasta la fecha (gráfico 1.3).

Gráfico 1.3



Debido a que durante el período de crisis, el Banco Central otorgó varios créditos de liquidez y además entregó liquidez al sistema bancario a través de operaciones de mesa de dinero, no es procedente el análisis del índice de liquidez durante el período de crisis. El indicador de liquidez se vuelve relevante luego de la dolarización y de cambios estructurales en el índice llevados a cabo por la Superintendencia de Bancos y Seguros consistente básicamente en la obligatoriedad de las entidades financieras de mantener en recursos líquidos al menos 2 veces el nivel de volatilidad de sus captaciones.<sup>1</sup>

### 1.3 Situación de la liquidez bancaria después de la dolarización

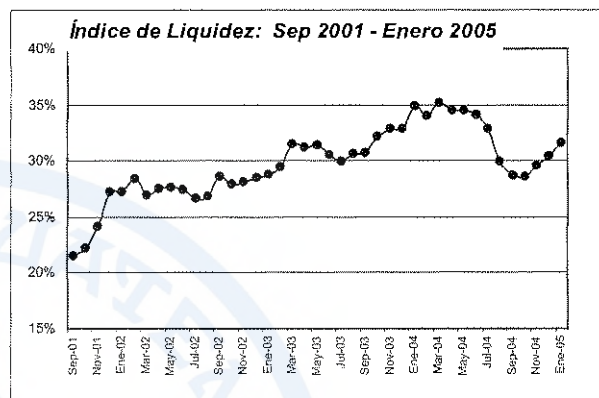
Entre septiembre de 2001 y junio de 2004, el índice de liquidez del sistema bancario, que relaciona la posición del activo efectivamente disponible frente al pasivo exigible, mostró un comportamiento creciente, ya que pasó de 21% a 34%.

No obstante, debido a los problemas de liquidez coyunturales registrados en uno de los bancos más importantes del sistema, particularmente durante el mes de septiembre de 2004, se observa que el índice en esa fecha se contrajo a 28%, mostrando recuperación a partir de octubre del mismo año. Al cierre de enero de 2005, el nivel de liquidez de la banca

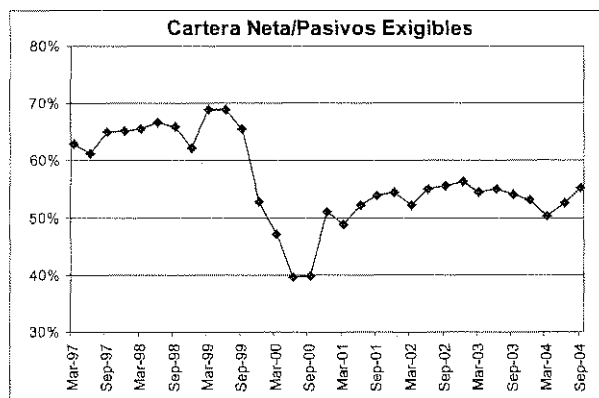
<sup>1</sup> Para mayor análisis sobre las disposiciones relacionadas con el riesgo de liquidez bancario, revisar el Capítulo IV del Subtítulo VI del Título VII de la Codificación de Resoluciones de la Superintendencia de Bancos y Seguros del Ecuador.

privada reflejado en las cuentas 11 “Fondos disponibles” y 13 “Inversiones” constituyó alrededor del 32% del total de activos del sistema y 52% de la cartera vigente neta.

Gráfico 1.4



Si bien la magnitud de recursos líquidos administrados por la banca advertiría un comportamiento consistente con la percepción sistémica de riesgo de liquidez luego de la dolarización y como resultado fundamentalmente de la ausencia de un prestamista de última instancia, esta posición también revelaría una aversión a asumir un mayor nivel de riesgo de crédito. Efectivamente, la relación cartera neta respecto de pasivo exigible, se ubica en alrededor de 50%, sin lograr registrar los niveles anteriores a la crisis, cercanos a 70%. Evidentemente la contracción crediticia es la otra cara de la moneda de las tenencias de liquidez de la banca y como ya lo señaló Stiglitz: “que los bancos quiebren es terrible, pero si los bancos no prestan, también es terrible”. De nuevo es necesario recalcar la importancia de la coordinación de la política de liquidez con el nivel y determinación de las tasas de interés y los niveles de crédito como condición necesaria para fomentar la competitividad, requisito imprescindible para el sostenimiento de una economía dolarizada.



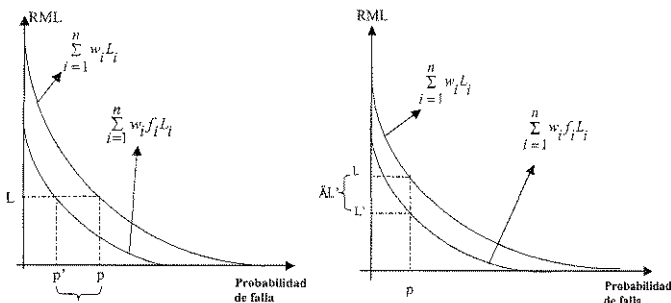
Si la banca no se enfrentara al eterno dilema entre riesgo y rentabilidad, el mantener una alta posición de liquidez sería una decisión acertada cuando no existe un Banco Central prestamista. No obstante, podría resultar más eficiente mantener un pool de fondos privados o semipúblicos para soportar eventos extraordinarios en vez de mantener reservas propias.

Por lo expuesto, la administración de la liquidez del sistema financiero debe ser vista como un problema macroeconómico y de importancia indiscutible para la estabilidad económica y social del país. De ahí que sea necesario analizar los elementos que determinan su composición y proponer métodos de medición de su nivel óptimo tanto para condiciones normales como para condiciones extraordinarias. En los métodos de medición de riesgos es de especial importancia para países como Ecuador, los cuales presentan estadísticas que no permiten utilizar herramientas estadísticas y econométricas tradicionales, sino que invitan a explorar modelos matemáticos alternativos.

## II. Objetivo del estudio

El propósito de este estudio es estimar los requerimientos mínimos de liquidez (de aquí en adelante RML) que necesita una entidad bancaria para cubrir sus salidas de depósitos en el evento de una crisis financiera individual y, demostrar que estas necesidades son menores si se tiene estos recursos en un pool de fondos que permita el apalancamiento entre las distintas entidades. En este sentido, se esperaría que la suma de requerimientos mínimos de liquidez ponderada por la participación de cada banco en el mercado sea mayor que un pool de fondos calculado de esos requerimientos mínimos de liquidez en función de una probabilidad de fracaso de una entidad y su relación con el comportamiento de las captaciones de otra entidad. El objetivo se expresa en el gráfico 2.1.

Gráfico 2.1



donde:

$L_i$  (RML para el banco  $i$ ) es el nivel de recursos líquidos que necesitaría el banco  $i$  para solventar por su propia cuenta problemas de liquidez en épocas de crisis.

$w_i$  es la participación que tiene el banco  $i$  respecto a todo el sistema bancario.

$f_i(L_1, L_2, \dots, L_n)$  es una función que encierra semejanzas, diferencias o indiferencias en el comportamiento de los depósitos del banco  $i$  respecto a los bancos  $j$  restantes del sistema bancario. Como se verá más adelante, esta función se deriva de hechos cualitativos y cuantitativos. A esta función se la denominó *Función de Conducta*.

$\sum w_i L_i$  es la cantidad de recursos que necesita el sistema bancario privado en caso de un estrés financiero y es igual a la suma de RML ponderadas por la participación de cada banco en el mercado.

$\sum w_i f_i(L_1, L_2, \dots, L_n) L_i$  es la cantidad de recursos que necesita el sistema bancario privado en caso de un estrés y es igual a la suma de los RML de los bancos privados abiertos ponderadas por la participación de cada banco en el mercado e influenciado por la Función de Conducta.

Los gráficos (2.1) muestran que la creación de un pool de fondos tiene dos efectos: el primero que, manteniendo el nivel de liquidez  $L$  que requiere el sistema bancario, se puede reducir la probabilidad de fracaso del sistema financiero en una cantidad  $\Delta p$  (de  $p$  a  $p'$ ); el segundo es que, dada una probabilidad de fracaso  $p$ , los requerimientos de liquidez que necesita el sistema bancario es menor si se tiene el pool de fondos que si los bancos conservan los RML de manera individual en una cantidad  $\Delta L$  (de  $L$  a  $L'$ ).

Los autores consideran que podrá precisarse de mejor manera los resultados de este estudio, complementándolo con estimaciones del efecto contagio y su caracterización intertemporal y la probabilidad de riesgo sistémico.

### II.1 Hipótesis

Las entidades financieras mantienen provisiones de liquidez para atender requerimientos bajo condiciones normales. Evidentemente, estos recursos no son suficientes para enfrentar eventos críticos, por lo cual existe la necesidad

de contar con un fondo para préstamos de última instancia cuyo monto conformado como pool sería menor que la suma de provisiones individuales para estos casos.

### III. Elección del modelo adecuado

Al margen de algunas excepciones, como el caso argentino, las corridas de depósitos y los estreses bancarios se caracterizan básicamente por ser eventos poco recurrentes con altísimos movimientos de los depósitos de las entidades financieras. Desde el punto de vista estadístico, estos casos podrían analizarse mediante modelos de Valores Extremos.<sup>2</sup>

Sobre la base del comportamiento de la serie de depósitos del sistema financiero ecuatoriano se aplicó en primera instancia la Teoría de Valores Extremos para obtener el monto de recursos necesarios para enfrentar eventos críticos futuros. Lamentablemente los resultados obtenidos fueron poco satisfactorios, debido a la insuficiencia de datos aleatorios independientes puesto que se trabaja sólo con las colas de información. Efectivamente, al aplicar técnicas de *bloques* (extremos por períodos) o el *acercamiento del índice extremo*, el número de observaciones se redujo de manera significativa lo que hace imposible captar los efectos de corridas de depósitos.

Una vez que se descartó la Teoría de Valores Extremos se diseñó técnicas de simulación usando modelos paramétricos y no paramétricos, haciendo una elección minuciosa de métodos de común denominador. La teoría matemática permitiría, a través de la simulación de casos sujetos a ciertas condiciones iniciales, construir una distribución de probabilidad y asimismo, encontrar los eventos que no cumplen con las condiciones referidas, que son para el caso de riesgo de liquidez los que serán medidos.

#### III.1 Variables <sup>3</sup>

Las variables utilizadas en el modelo son los componentes del índice de liquidez definido por la Superintendencia de Bancos y Seguros, esto es: activo líquido (*act*), pasivo exigible (*pas*) y la volatilidad de los depósitos medida

<sup>2</sup> Estos métodos son de fácil aplicación y gran utilidad en técnicas de simulación.

<sup>3</sup> Para ver el detalle de las cuentas contables utilizadas para esta sección, ver Anexo No. A1.

a través del valor en riesgo de éstos (*vol*). Las series de datos corresponden a datos semanales de 21 bancos<sup>4</sup> para el período comprendido entre el 27 de mayo de 1997 y el 15 de septiembre de 2004.

#### III.1.1 Activo líquido

El artículo 4 de la Sección III (Metodología para determinar la exposición al riesgo de liquidez) del Capítulo IV del Subtítulo VI del Título VII de la Codificación de Resoluciones de la Superintendencia de Bancos y Seguros, define como activo líquido neto a la sumatoria de:

- “Fondos disponibles
- Fondos interbancarios netos y pactos de reventa menos pactos de recompra; e,
- Inversiones de libre disposición y que cumplan con los siguientes requisitos: en las sociedades constituidas en Ecuador que tengan una calificación de riesgo no menor a “A”, emitida por una calificadora de riesgo calificada por la Superintendencia de Bancos y Seguros: en bancos operativos del exterior o sociedades constituidas en el exterior que tengan una calificación de riesgo dentro de la categoría de grado de inversión, otorgada por Fitch IBCA – Duff & Phelps Credit Rating Co., Moodys Investor Services o Standard & Poors Corporation.”

En virtud de que el modelo de simulación debe responder a los requerimientos adicionales a los que las entidades mantienen en forma líquida en sus balances, el índice presentado por la Superintendencia de Bancos se ajustó disminuyendo del activo líquido las inversiones en títulos del sector público cuyos vencimientos son mayores a 30 días y los aportes de las entidades al fondo de liquidez.<sup>5</sup>

En virtud de los cambios estructurales registrados en las series históricas de los indicadores, debido a los ajustes realizados por el Organismo de Control al catálogo de cuentas, los autores utilizaron indicadores diferentes para cada período tratando de homologar los criterios del último índice definido.

<sup>4</sup> A febrero de 2005, existen 25 bancos que conforman el sistema financiero ecuatoriano, para efectos de este trabajo no se consideró 4 de ellos por tratarse de bancos que, por ser recientemente constituidos, no cuentan con información histórica suficiente.

<sup>5</sup> Para complementar el análisis se podría correr el modelo incorporando todas las inversiones en títulos públicos lo cual podría revelar la asimetría entre entidades financieras en cuanto a su dependencia del Estado para enfrentar eventos de liquidez.

### III.1.2 Pasivo exigible

El pasivo considerado son las obligaciones de las instituciones financieras con terceros que implican el desembolso real de efectivo para su cancelación, de allí que en este grupo no se encuentran registrados los pasivos diferidos.

### III.1.3 Volatilidad (VaR de los depósitos)

Dado un nivel de activos líquidos y el supuesto de que el costo de liquidación de los mismos es igual al registrado contablemente,<sup>6</sup> una entidad financiera tiene mayor riesgo de liquidez mientras mayor volatilidad presenta en sus obligaciones. Puesto que los depósitos a la vista son más volátiles que los depósitos a plazo, para medir el grado de volatilidad que presenta cada entidad y además considerar la diferencia por cada tipo de depósito, se estima el valor en riesgo (VaR) de los depósitos como un portafolio de dos instrumentos financieros. Desde el punto de vista financiero, el VaR es una medida de “pérdida” asociada a un evento extremo, sobre condiciones normales de mercado; por lo cual, la aplicación del VaR para conocer la pérdida máxima, asociada a los depósitos de las entidades financieras, sería adecuado revisar el Anexo A2.

### III.2 Funciones de densidad

Un ejercicio de simulación requiere previamente el conocimiento de una ley de comportamiento de las variables. En este sentido, las funciones de distribución permitirían emplear de mejor manera los métodos de simulación multivariada; sin embargo, debido a la dificultad que existe en el manejo de la función de distribución para algunas variables en las técnicas de simulación, se consideró alternativamente el uso de funciones de densidad multivariante. La función se define así:

$$f(\text{act}, \text{pas}, \text{vol}) \quad (3.1)$$

donde:

*act* = activo líquido registrado en el balance de las entidades financieras

*pas* = pasivo corriente

*vol* = valor en riesgo combinado de los depósitos a la vista y a plazo

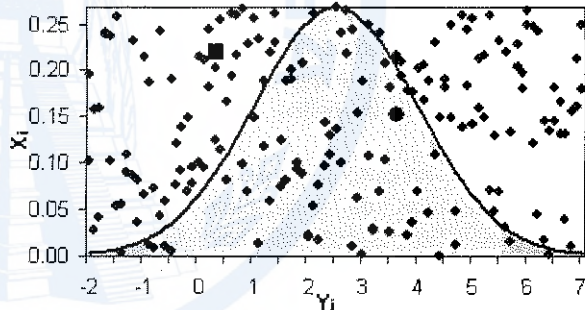
<sup>6</sup> El Organismo de Control dispone que los títulos de inversión se registrarán al valor de mercado de los mismos.

La idea de usar la función de densidad es para emplear de mejor manera los métodos de simulación multivariada. En adelante, se explicará rápidamente la simulación de funciones de densidad con una variable y luego se generalizará la teoría para funciones de densidad que emplean  $n$  variables.

Para obtener funciones de densidad, las variables aleatorias deben ser finitas, esto es: que el rango  $I$  y el máximo  $f_{\max}()$  de la función de densidad  $f()$  son conocidos. Con estos dos elementos se puede generar parejas aleatorias  $(x_i, y_i)$  uniformemente distribuidas que se encuentran dispersas en un plano, donde  $x_i \in I$  y  $y_i \in [0, f_{\max}()]$ . Los valores de  $x_i$  simulados que se comportan como una función de probabilidad  $f()$  son los primeros elementos de cada pareja ordenada que cumple la condición  $y_i \leq f(x_i)$ , esto implica que se toman todos los puntos que están bajo la curva  $f()$ . Gráficamente los puntos corresponden a aquellos que están en la zona sombreada de la campana.<sup>7</sup>

Gráfica 3.1

Punto de dispersión y densidad normal



El método puede generalizarse a funciones de densidad con  $n$  variables, en las cuales se debe generar puntos  $x \in L^{n+1}$  en un espacio  $(n + 1)$  dimensional, en donde uno de sus componentes se debe comparar con la función de densidad evaluada en los otros  $n$  componentes restantes, lo cual garantiza que los datos simulados sigan la misma función de densidad  $f()$ .

Uno de los elementos clave para la buena calidad de la simulación es ajustar adecuadamente los datos con una función de densidad que puede ser paramétrica o no paramétrica, una desventaja de las simulaciones usando densidad no paramétrica es la capacidad computacional.

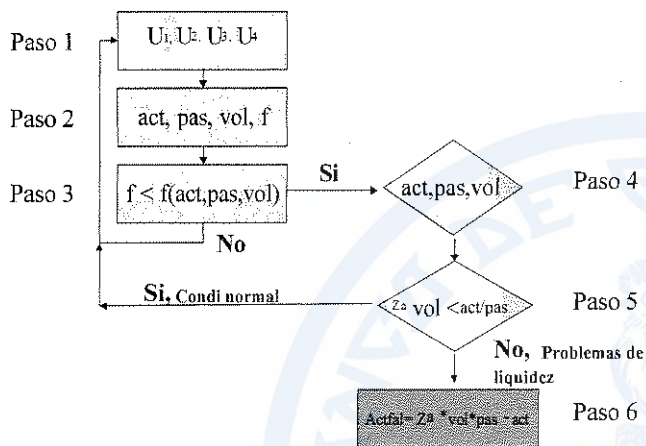
<sup>7</sup> No es complicado mostrar que esos datos simulados  $X_i$  tienden a comportarse como la función de densidad que describe la curva  $f()$ , en este caso específico como una función de densidad normal.



### III.3 Esquema de simulación

Para la simulación se diseñó en el programa Mathematica el siguiente algoritmo:

Gráfico 3.2



El proceso señala en el paso 1 que se generan en forma simultánea cuatro variables aleatorias uniformemente distribuidas entre  $[0, 1]$  ( $U_1, U_2, U_3, U_4$ ) con las cuales, a través de una transformación lineal (paso 2), se obtienen variables aleatorias redimensionadas en el intervalo  $[0, 2 * \max\{X_i\}]$  para el caso de las tres primeras variables y  $[0, \max f(X)]$  para la variable  $f$  que corresponde a aquella que describe el recorrido de la función de densidad.

Donde:

$X_i$  son las variables observadas ( $act, pas, vol$ ) y,  $f(X)$  corresponde a la función de densidad.

Evidentemente, las variables generadas deben cumplir las mismas propiedades estadísticas que las variables registradas en la historia de cada banco, esta condición puede verificarse cuando la variable aleatoria es menor que la función de densidad  $f(act, pas, vol)$  evaluada en las variables simuladas:  $act, pas$  y  $vol$  y serán éstas las que deben cumplir con las disposiciones del Organismo de Control.

Un punto crítico de la simulación es la determinación del umbral o límite de aceptación o rechazo. Al respecto,

<sup>8</sup> La definición de este intervalo permitiría obtener todos los valores posibles de las variables optimizando el uso de las herramientas informáticas.

en consideración a que las entidades financieras deben, en lo que compete a la posición de liquidez individual, dar estricto cumplimiento a las disposiciones de la Superintendencia de Bancos, se consideró como umbral mínimo lo dispuesto por esta entidad, esto es: que dos veces la volatilidad de los depósitos debe ser menor que la razón entre los activos líquidos y los pasivos exigibles. Al pasar por el umbral (paso 5), se puede obtener uno de los siguientes dos casos:

- Si cumple la condición, los datos simulados se cuantifican y se rechazan y se repite el proceso desde el paso 1 para generar nuevas variables aleatorias. El proceso se repite 2000 veces y únicamente se registra el número de veces que ocurren estos eventos.<sup>9</sup>
- Si no se cumple la condición, el algoritmo ejecuta el paso 6 en donde se cuenta el número de casos y se calcula el monto de activos que faltarían en el numerador del índice para que éste sea al menos igual a  $Z_\alpha$  veces la volatilidad de los depósitos, esto es:

$$actfal = Z_\alpha * vol * pas - act \quad (3.2)$$

donde:

$actfal$  es el monto de los activos faltantes y,  $Z_\alpha$  es la constante 2.

En el acápite IV.2.3 se explica a detalle la forma en que con estos resultados se obtiene los requerimientos mínimos de liquidez para cada entidad financiera.

## IV Resultados obtenidos

### IV.1 Modelos paramétricos

En este caso el comportamiento histórico de los depósitos se describe mediante una función de densidad paramétrica. Las funciones de mejor ajuste fueron la Normal multivariante y la Gamma multivariante.

#### IV.1.1 Resultados de modelos paramétricos

**Función de densidad Normal multivariante.** Se construyó una función normal trivariante mediante métodos de máxima verosimilitud para cada variable.

<sup>9</sup> La teoría recomienda hacer el mismo proceso por al menos 10000 veces (lo cual es factible para procesos de simulación univariados), por limitaciones tecnológicas solamente se realizaron 2000 iteraciones.

No obstante, el ajuste de la función de densidad no tuvo acogida, ya que las pruebas de bondad de ajuste en la mayoría de entidades no resultaron satisfactorias<sup>10</sup> y además no cumplieron con las propiedades de asimetría. Evidentemente con estos defectos, los resultados de la simulación fueron totalmente divergentes y esencialmente elevados.

**Función de densidad Gamma multivariante.** Al igual que en el caso anterior se estimó los parámetros de la función de densidad Gamma mediante métodos de máxima verosimilitud para todas las variables.

Los resultados obtenidos con esta función fueron ligeramente mejores, casi la mitad de entidades financieras registraron un nivel de significancia favorable, sin embargo no representaron sino el 32% de los depósitos del Sistema Bancario.

En el Anexo A3 se presentan los valores del estadístico  $J_i$  cuadrado para las funciones de densidad de cada banco. Se conoce que cuando los grados de libertad son mayores a 30 se puede admitir que:

$$\sqrt{2}(\chi_p^2 - \nu) - 1$$

sigue aproximadamente la ley normal reducida, y  $\chi_p^2$  es tal que  $P(X < \chi_p^2) = p$ . Con esta consideración se determina que el valor con el cual se deben comparar los valores de la tabla del Anexo A3 ( $J_i$  cuadrado) es aproximadamente 214, es decir: que para valores mayores a este número se debe rechazar la hipótesis nula de que los datos se ajustan a una función de densidad específica, en este caso Normal o Gamma multivariada.

## IV.2 Modelos no paramétricos

Debido a las inconsistencias de ajuste obtenidas de la función de densidad y de los resultados obtenidos de las simulaciones con modelos paramétricos se planteó la alternativa de construir una función de densidad no paramétrica. Evidentemente, este tipo de funciones no tiene parámetros, por tanto no están sujetas a pruebas de bondad de ajuste, pero el grado de confiabilidad de la modelización se obtiene a través de la realización de diagnósticos de validación de ajuste, los cuales, debido a las técnicas que se utilizó y a la elección del ancho de los

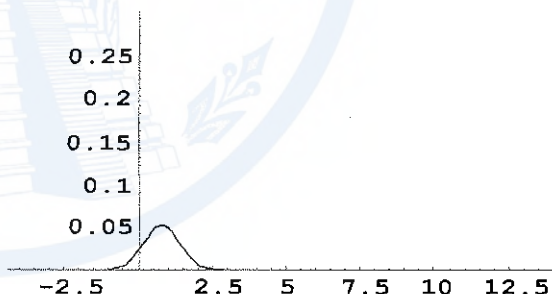
Kernel, resultaron casi siempre ser satisfactorios para este caso.

Para el ajuste no paramétrico se trata de construir “histogramas”<sup>11</sup> sin definir rangos de clases sino construyendo alternativamente una vecindad para cada dato para lo cual se utilizó las funciones de Kernel cuadrado, Kernel Gaussiano y Kernel Epanechnikov. El referido “histograma” quedaría definido mediante la función de densidad, para la cual se eligió el ancho óptimo del Kernel con un adecuado *trade – off* entre el sesgo y la varianza.

### IV.2.1 Construcción del “Histograma” para una Variable

Como se indicó anteriormente, la construcción del “histograma” usando una vecindad para cada observación univariante se puede llevar a cabo mediante la aplicación de una función de Kernel. Para ilustrar se usa el Kernel Gaussiano, en la que cada observación muestral tendrá una vecindad asociada, como sigue:

Gráfico 4.1



Con el mismo criterio, a cada dato se le construye una función de Kernel asociada a una vecindad común para toda la muestra, finalmente mediante una relación funcional se construye una función general denominada función de densidad no paramétrica.

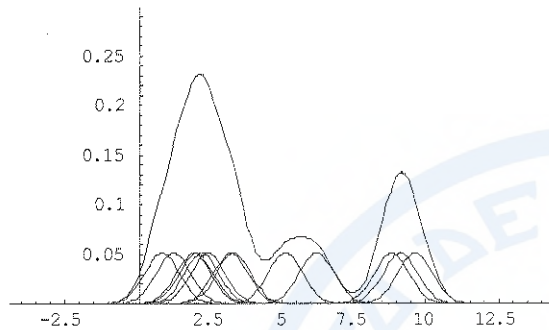
A fin de dejar clara la idea intuitiva de los resultados de la función a aplicar para la construcción de los “histogramas”, a continuación se presentan los resultados de un proceso aplicado a trece observaciones univariantes. En el gráfico

<sup>11</sup> En este caso se debe entender al “histograma” como la suma de las funciones que representan la vecindad de cada dato.

<sup>10</sup> Ver Anexo A3.

4.2 se puede ver los resultados de las vecindades obtenidas y la función de densidad derivada (curva sobrepuesta a las vecindades).

Gráfico 4.2



El mismo procedimiento se puede aplicar a  $m$  variables.<sup>12</sup>

#### IV.2.2 Función de densidad no paramétrica

El objetivo es estimar una función de densidad  $f_X$  definida sobre los reales, partiendo de un conjunto de observaciones

$$D = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$$

donde:

$n$  es el número de observaciones,

$X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$  es la  $i$ -ésima observación con  $m$  componentes de cada una de las variables consideradas y  $m$  en número de variables que intervienen en cada observación.

Para la estimación de la función de densidad se utilizó el método de Máxima Verosimilitud (MV) como se describe a continuación.

##### IV.2.2.1 Estimación de densidad por Máxima Verosimilitud

Matemáticamente, la función de Máxima Verosimilitud se denota:

$$L(f_X / D) = \prod_{i=1}^n f_X(X_i) \quad (4.1)$$

Se conoce que los valores que maximizan la función de máxima verosimilitud  $L$  son los mismos que maximizan la función log-verosimilitud  $l$  definida como sigue:

$$l(f_X / D) = \sum_{i=1}^n \log f_X(X_i) \quad (4.2)$$

Maximizando la función anterior se tiene

$$\hat{f}_X^{MV} = \frac{1}{\prod_{j=1}^m n_j} \sum_{i=1}^{n_1} \dots \sum_{i=1}^{n_m} \delta_X(X_1, X_2, \dots, X_m) \quad (4.3)$$

donde  $\delta_X$  es la función Delta Dirac para  $m$  variables, y se define como:

$$\delta_X(X_1, X_2, \dots, X_m) = \begin{cases} \infty & \text{para } X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_m^2 = 0 \\ 0 & \text{para } X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_m^2 \neq 0 \end{cases} \quad (4.4)$$

con esta función se asocia las funciones de vecindad de cada observación a una función de densidad no paramétrica multivariada, la misma que está implícitamente considerada en la estimación de la función de densidad mediante el método de MV (En el Anexo A4) se muestra alguno de los gráficos que se pueden obtener de una función Delta Dirac).

Por convención, para todo  $j = 1, 2, \dots, m$

$$\int \dots \int_{-\infty}^{\infty} \delta_X^m(X_1, \dots, X_m) dx_1 \dots dx_m = 1 \quad (4.5)$$

$$\int \dots \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^m \delta_X(X_1, X_2, \dots, X_m) g(X_1, X_2, \dots, X_m) dx_1 \dots dx_m = g(x) \quad (4.6)$$

De ahí, el estimador de MV de  $f$  es una suma ponderada de  $n$  vecindades  $\delta_X$  localizadas en cada uno de los puntos de la muestra para cada variable  $j$ .

##### IV.2.2.2 Estimación de la función de densidad

El método de estimación de la función  $f_X$  poniendo una vecindad alrededor de cada dato se resume entonces en:

<sup>12</sup> En la sección IV.2.2 se describen los mecanismos y la validación del ajuste para funciones de densidad con  $m$  variables.

$$f_X(X_1, X_2, \dots, X_m) = \frac{1}{\prod_{j=1}^m n_j h_j} \sum_{i_1=1}^{n_1} \dots \sum_{i_m=1}^{n_m} k\left(\frac{X_1 - x_{i_1}}{h_1}, \dots, \frac{X_m - x_{i_m}}{h_m}\right) \quad (4.7)$$

Donde:

- $m$  es el número de variables,
- $h_j$  es el ancho del Kernel para la variable  $j$
- $k(\cdot)$  es la densidad de Kernel y
- $n_j$  es el número de observaciones para la variable  $j$  que puede ser iguales para todo  $j = 1, \dots, m$ .

La función de densidad no paramétrica para el modelo planteado con tres variables, usando el Kernel Gaussiano es la siguiente:

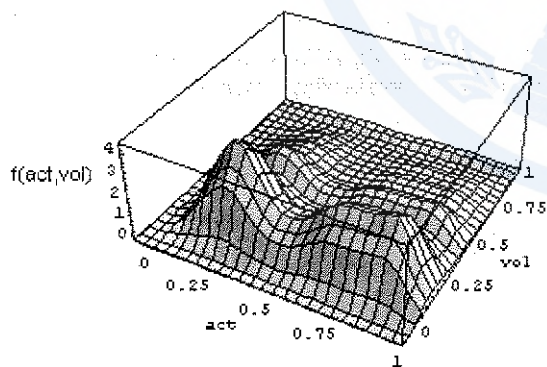
$$f_X(act, pas, vol) = \frac{1}{\prod_{j=1}^3 n_j h_j * \sqrt{2\pi}} * \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} \sum_{k=1}^{n_3} \exp\left(-\left(\frac{act - act_i}{\sqrt{2}h_1}\right)^2 - \left(\frac{pas - pas_j}{\sqrt{2}h_2}\right)^2 - \left(\frac{vol - vol_k}{\sqrt{2}h_3}\right)^2\right)$$

donde:

$act_i$ ,  $pas_j$  y  $vol_k$  son las variables consideradas en el modelo en la observación  $i$ .

En el gráfico 4.3 se ilustra a manera de ejemplo una función de densidad para una entidad financiera, construida con dos variables:  $act$  y  $vol$ , usando la función Kernel gaussiana bidimensional:

Gráfico 4.3



Teóricamente un Kernel debe ser siempre no negativo y su integral debe ser igual a uno y usualmente es simétrico alrededor de cada observación; en ese punto tiene un máximo y decrece monótonamente a los lados de ese punto. Además, si un Kernel es cero fuera de las vecindades del origen, entonces se dice que éste tiene una base compacta (intervalos cerrados), para el caso que nos ocupa, los Kernel Uniforme y Epanechnikov cumplen con esta condición.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Para ver la representación matemática de este Kernel ver el Anexo A5.

Nótese que  $f_X$  definido antes es una función estimada por MV. Si se ajusta  $f_X$  sumando  $n$  vecindades con cierta forma de la vecindad y de anchura fija, se maximiza la función de verosimilitud de vecindades en las posiciones de cada punto. Entonces las funciones óptimas que describen las vecindades son céntricas a cada punto de referencia, cumpliéndose de esta forma con los requerimientos teóricos.

#### IV.2.2.3 El trade-off entre el sesgo y la varianza

Un buen Kernel es el resultado de elegir el valor de " $h$ " que optimice la relación entre el sesgo y la varianza, por lo cual es necesario conocer las implicaciones que tiene el valor del  $h$ .<sup>14</sup>

De manera que, si se usa un  $h$  grande para la estimación de la densidad de Kernel, se tiene colas anchas y cumbres planas, sin importar si la densidad original es plana o no. De allí que una densidad que tiene cumbres altas no puede ser bien ajustada con un  $h$  grande. Entonces, se dice que un estimador con un  $h$  grande es sesgado hacia las densidades que varían suavemente.<sup>15</sup> En este sentido, se recomendaría trabajar con valores de  $h$  pequeños.

Por otro lado, la máxima varianza es lograda para  $h = 0$  (para una estimación de MV sin restricciones), en efecto, en este caso la densidad sería infinita. Sin embargo, dado que  $h$  debe ser mayor a cero, la densidad se hace menos sensible a pequeñas perturbaciones en los datos, por lo tanto la varianza de la estimación decrecerá con  $h$ . En este sentido, se recomendaría trabajar con valores de  $h$  grandes.

Como se puede observar, el tamaño del  $h$  implica una adecuada elección entre el sesgo y la varianza: la minimización del sesgo (lo cual significa reducir  $h$ ) y la minimización de la varianza (esto es aumentar  $h$ ) son objetivos contrarios, de allí la importancia de encontrar un  $h$  razonable y aceptable.

**El efecto del tamaño de la muestra  $n$ .** El *trade off* entre el sesgo y la varianza puede ser mejorable cuando el

<sup>14</sup> Se entiende que un buen ajuste de los datos es aquel que minimiza tanto el sesgo de la función como la varianza.

<sup>15</sup> Ya que  $h$  controla el suavizamiento de la estimación de la densidad resultante, también se le llama parámetro de suavizamiento.

tamaño de la muestra es mayor, dado que la varianza en estos casos decrece. Además, el sesgo es no decreciente cuando el tamaño de la muestra crece. En tal virtud, es aconsejable utilizar todas las observaciones disponibles.

### IV.2.3 Resultados de los modelos

Con los datos obtenidos de la simulación se procedió a ajustar la función de densidad condicionada:

$$f\left( act_{sim} \middle| kvol \geq \frac{act}{pas} \right)$$

con la cual, dada una probabilidad  $P'$ , se puede calcular el monto de liquidez adicional requerido  $act_{fal}$  para un cierto banco:

$$P' = \int_{-\infty}^{act_{fal}} f\left( act_{sim} \middle| kvol \geq \frac{act}{pas} \right) dact_{sim}$$

En la tabla 4.3 se resumen los resultados con probabilidades  $P' = 0.99, 0.95, 0.90$

Tabla 4.3

| Entidad Bancaria | Porcentaje activos líquidos disponibles | Porcentaje de activos líquidos faltantes respecto a pasivos exigibles |       |        |
|------------------|---|---|-------|--------|
|                  |   | 1%  | 5%    | 10%    |
| Banco 2          | 26.97                                   | 33.36   | 8.53  | 4.11   |
| Banco 17         | 24.77                                   | 28.61   | 19.02 | 16.08  |
| Banco 18         | 14.01                                   | 27.95   | 7.25  | 2.54   |
| Banco 4          | 15.94                                   | 27.85   | 22.09 | 18.49  |
| Banco 21         | 26.49                                   | 25.56   | 19.98 | 15.64  |
| Banco 1          | 15.41                                   | 22.52   | 18.20 | 10.10  |
| Banco 3          | 41.23                                   | 21.01   | 14.65 | 10.20  |
| Banco 8          | 20.63                                   | 18.72   | 12.33 | 8.26   |
| Banco 20         | 16.26                                   | 17.65   | 13.22 | 10.81  |
| Banco 7          | 51.43                                   | 13.59   | 9.44  | 6.44   |
| Banco 13         | 34.30                                   | 13.49   | 4.54  | -1.66  |
| Banco 14         | 23.68                                   | 12.94   | 3.53  | -0.82  |
| Banco 19         | 78.12                                   | 12.80   | -0.38 | -23.71 |
| Banco 10         | 81.25                                   | 12.12   | -1.47 | -5.73  |
| Banco 12         | 37.67                                   | 12.10   | -0.57 | -6.59  |
| Banco 15         | 30.73                                   | 11.93   | 5.35  | 0.42   |
| Banco 5          | 47.56                                   | 11.34   | 5.33  | 2.08   |
| Banco 9          | 28.08                                   | 10.37   | 0.04  | -2.91  |
| Banco 16         | 43.64                                   | 9.62  | 5.49  | 2.90   |
| Banco 11         | 54.90                                   | 9.35  | -2.13 | -9.02  |
| Banco 6          | 56.95                                   | 7.62  | 1.86  | -11.02 |

Con un 99% de confianza se puede observar que todas las

entidades bancarias requieren recursos líquidos adicionales para atender retiros extraordinarios, situación que tiene lógica financiera puesto que las entidades mantienen las reservas suficientes para situaciones operativas normales y, por tanto, es de esperarse que para enfrentar crisis deban deshacerse de activos menos líquidos o demanden en el mercado de fondos. No obstante, con niveles de confianza inferiores se obtiene que existen entidades financieras con provisiones de liquidez que superan sus necesidades operativas, bajo dolarización y con bajas expectativas sobre el rol del Fondo de liquidez éste sería un comportamiento también razonable para entidades con alta incertidumbre.

Es importante señalar también que se observa una alta dispersión tanto en las tenencias como en los requerimientos de liquidez de las entidades bancarias y, aunque precisamente éste es la base de la factibilidad de un pool, bien podrían aducir los banqueros que estas divergencias no son derivadas exclusivamente del riesgo de liquidez y que tal percepción podría aumentar el riesgo moral de bancos que ven una oportunidad en la existencia de un pool para no comportarse bien.

### V. Determinación del pool de fondos

La salida de depósitos en varias entidades de un mismo sistema financiero puede originarse por factores de origen endógeno como exógeno. Existen muchos trabajos realizados alrededor de este tema, varios de ellos apuntan al efecto de los rumores y los contagios; al respecto, por ejemplo, Diamond y Dybvig analizan el caso de una corrida de depósitos como una profecía autocumplida respecto de la proporción de depositantes “impacientes”; Allen y Gale hacen lo propio para las corridas gatilladas por la existencia de información asimétrica respecto de la salud de los bancos.

En todo caso, tanto desde el punto de vista histórico como teórico, resulta evidente que existen problemas de liquidez de orden sistémico o dicho de otro modo, aún cuando existen entidades saludables y de buena reputación, existen condiciones exógenas de orden económico y sicosocial que influyen en los movimientos de efectivo y que podrían demandar requerimientos extraordinarios de liquidez que, de no ser atendidos a tiempo, bien pueden derivar en una crisis bancaria.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Evidentemente, la provisión de recursos líquidos no es condición necesaria y suficiente para prevenir la ocurrencia de una crisis sistémica, no obstante los autores consideran que la probabilidad de evitarla es mayor con recursos de disponibilidad inmediata que sin ellos.

En este estudio se muestra que, si bien las entidades bancarias cumplen con los requerimientos de liquidez establecidos por la Superintendencia de Bancos, existen eventos que no podrían ser cubiertos por las entidades financieras en forma individual dado que la posición de liquidez de las entidades que se ajusta a través del índice de liquidez que se calcula con los datos efectivamente observados en los últimos sesenta días, por lo cual existe un rezago que, en la época de mayor volatilidad de los depósitos, podría otorgar una información errada de la real posición de liquidez de una entidad y, además, porque aún cuando las entidades financieras pudieran tener estos recursos para enfrentar eventos críticos, todavía es necesario realizar un análisis costo-beneficio pues altas tenencias de liquidez implican un sacrificio en términos de rendimiento y las entidades podrían privilegiar liquidez por rendimiento, lo cual significa que podrían estar animadas a mantener altas tasas de interés, situación que en una economía dolarizada no es sostenible en el mediano plazo.

De manera que la necesidad de contar con un organismo que mantenga herramientas para la administración de la liquidez de la economía y, por otro lado, la existencia de un prestamista de última instancia (pool de fondos) son elementos que, a criterio de los autores, resultan imprescindibles para economías dolarizadas. Evidentemente, el propósito del documento no es determinar quién debe ejercer tales funciones ni tampoco el origen de los recursos sino determinar un valor óptimo de recursos bajo el esquema de un pool.

El comportamiento de los depósitos de unos bancos comparado con otros puede presentar pautas similares u opuestas, revelando la existencia de acontecimientos de orden financiero (créditos interbancarios, accionistas comunes, clientes comunes, etcétera), político, de posicionamiento de mercado, de tamaño o únicamente de percepción que podrían determinar que, al perder depósitos una entidad, otras también registren pérdidas y haya algunas que, en cambio, en estos casos aumenten sus captaciones.<sup>17</sup> En este informe, estos elementos son capturados mediante una función de conducta.

<sup>17</sup> Con este criterio, en momentos delicados no todas las entidades financieras registrarían pérdidas de depósitos al mismo tiempo y, por otro lado, habrá entidades que más bien registren crecimiento en sus captaciones, al menos en un principio. Por lo cual tiene sentido la existencia de un pool para atender necesidades extraordinarias de liquidez cuyo monto sería sustancialmente inferior a la suma de provisiones individuales.

## V.1 Función de conducta

La función de conducta  $f_i(L_1, L_2, \dots, L_n)$  refleja el comportamiento que tienen los depósitos entre todas las entidades bancarias afectado por el tamaño de cada una respecto al sistema bancario en su conjunto. Esta función se le define:

$$f_i(L_1, L_2, \dots, L_n) = \sum_{j=1}^n w_j L_j f_{ji} \quad (5.1)$$

donde:

$L_i$  (RML para el banco  $i$ ) es el nivel de recursos líquidos que necesitaría el banco  $i$  para solventar por su propia cuenta problemas de liquidez en épocas de crisis.

$L_j$  (RML para el banco  $j$ ) es el nivel de recursos líquidos que necesitaría el banco  $j$  para solventar por su propia cuenta problemas de liquidez en épocas de crisis.

$w_i$  es la participación que tiene el banco  $i$  respecto a todo el sistema bancario.

$w_j$  es la participación que tiene el banco  $j$  respecto a todo el sistema bancario y

$f_{ij}$  es un valor comprendido entre -1 y 1 que mide el comportamiento de los depósitos del banco  $i$  con el banco  $j$ .

La función  $f_{ij}$  involucra el comportamiento estadístico de los depósitos entre los dos bancos y también la experiencia de funcionarios de alto nivel, ya que son ellos los que perciben los cambios del mercado financiero. Esta función está definida como:

$$f_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\left( \sum_{k=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^m (x_{jk} - \bar{x}_j)^2 \right)^{1/2}} + c_{ji} \quad (5.2)$$

donde:

$\bar{x}_i, \bar{x}_j$  son la media de los depósitos del banco  $i$  y del banco  $j$ , respectivamente.

$x_{ik}, x_{jk}$  es la  $k$ -ésima observación de los depósitos del banco  $i$  y del banco  $j$ , respectivamente.

$c_{ji}$  es la proporción que le afectaría al comportamiento de los depósitos del banco  $j$  dada una variación inesperada de depósitos en el banco  $i$  según el técnico experto del banco  $j$ .<sup>18</sup>

<sup>18</sup> En los resultados de la función para este trabajo no se incorporó este componente debido a que no se concluyó el proceso de encuesta a las diferentes entidades bancarias.

Cuando el valor de la función  $f_{ij}$  se acerca a cero, se dice que el comportamiento de los depósitos del banco  $i$  no le afectan al banco  $j$ , pero si el valor de dicha función se acerca a uno significa que la salida de depósitos del banco  $i$  le provoca una salida de depósitos al banco  $j$ ; por el contrario, si se tiene un valor cercano a  $-1$ , se puede entender que una salida de depósitos del banco  $i$  le expandiría el nivel de pasivos del banco  $j$ .

Sustituyendo la ecuación (5.2) en (5.1) podemos determinar la función de conducta que encierra adecuadamente en comportamiento de los depósitos del banco  $i$  con relación a los  $j$  bancos restantes.

## V.2 Ecuación del pool de fondos

Una vez obtenida la función de conducta se puede plantear la ecuación del pool de fondos para el sistema bancario como sigue:

$$pool = \left( \sum_i w_i f_i(L_1, L_2, \dots, L_n) L_i \right)^{1/2} \quad (5.3)$$

donde  $f_i(L_1, L_2, \dots, L_n)$  es la función definida en (5.1) y  $L_i$  son los requerimientos mínimos de liquidez del banco  $i$ .

## V.3 Resultados del pool de fondos

En la tabla 5.1 se presenta un resumen de los requerimientos de activos líquidos respecto a los pasivos exigibles del sistema bancario en su conjunto, calculados como la suma ponderada de los requerimientos mínimos de cada banco y como el pool definido en la ecuación (5.3), en los dos casos se tomó la probabilidad de fracaso 1%, 5% y 10%. Los resultados son como sigue:

Tabla 5.1

| Probabilidad de falla   |                          | 1%    | 5%    | 10%   |
|---|--------------------------|-------|-------|-------|
| Porcentaje de activos líquidos faltantes respecto a pasivos exigibles | Requerimiento Individual | 15.64 | 7.49  | 3.22  |
|   | Pool de Fondos           | 8.60  | 4.12  | 2.39  |
| Porcentaje de activos líquidos totales respecto a pasivos exigibles   | Requerimiento Individual | 46.27 | 38.13 | 33.86 |
|   | Pool de Fondos           | 39.23 | 34.75 | 33.03 |

A finales de enero de 2005 el sistema bancario ecuatoriano disponía del 30.63% de los activos líquidos respecto a los pasivos exigibles; dado este acervo, las entidades financieras demandarían adicionalmente de un 15.64%, 7.49% y 3.22% de los activos líquidos adicionales para enfrentar retiros extraordinarios con un grado de certeza de 99%, 95% y 90%. No obstante, con la conformación

del pool los requerimientos para los mismos niveles de certeza serían de 8.60%, 4.12% y 3.39%, lo que muestra una ventaja financiera en un sistema de apalancamiento cruzado pues implica una optimización de los niveles de liquidez en la economía.

## VI. Conclusiones

El presente trabajo de investigación constituye un aporte metodológico para el cálculo de recursos líquidos mínimos necesarios para enfrentar eventos críticos en entornos donde no existen datos históricos suficientes para ser analizados. Dados los niveles de liquidez individual de las entidades, las reservas adicionales se calculan como una función de la volatilidad de los depósitos. Para el caso ecuatoriano se encontró que el sistema bancario en su conjunto requeriría de recursos adicionales para enfrentar eventos críticos. Asimismo, se observó una alta dispersión en las tenencias y requerimientos entre las diferentes entidades lo que, sumado a comportamientos compensatorios en los movimientos de depósitos entre las entidades, permitiría construir un pool de fondos con niveles de requerimiento de recursos inferiores a la sumatoria de necesidades individuales. Con un nivel de confianza del 95% y dado el nivel de liquidez actual, el sistema bancario ecuatoriano requeriría mínimo el 4,12% de los pasivos exigibles para formar un pool que permita solventar retiros extraordinarios, esto es aproximadamente USD270 millones. Actualmente el Fondo de Liquidez cuenta con USD141 millones, de los cuales USD70 millones fueron aporte del Estado y USD66 millones son aporte de la banca privada.

La investigación realizada puede constituirse en una herramienta de soporte para justificar la existencia de un prestamista de última instancia bajo la forma de un pool, especialmente en una economía dolarizada, mostrando que el riesgo puede ganarle la partida a la supervisión y al esfuerzo individual. No obstante, como todo modelo, éste tiene sus limitaciones y es imprescindible complementar su análisis profundizando en temas como la función de conducta entre las entidades bancarias, el efecto contagio y los shocks macroeconómicos sobre el comportamiento de los depósitos.

## Bibliografía

- Eliás Albagli I (2002). *Un modelo de Crisis Bancarias*.
- Diamond, D. and H. Dybvig (1983). *Banks Runs, Deposit Insurance and Liquidity*. Journal of Political Economy, 91.
- Gorton, G. and G. Pennacchi. *Financial Intermediaries and Liquidity Creation*. The Journal of Finance, 45: 49-71.
- Banco Central de la República Argentina. *Investigación y Planificación Normativa. Reservas de liquidez para el sistema financiero argentino*.
- Allen and Gale (2000). *Financial Contagion*. JPE
- Bernake and Blinder (1988). *Política monetaria y sistema bancario*.
- Farmer Aghion, Bachetta and Bernerjee (1984). *Ciclos económicos y el Valor del colateral*.
- Chen, Yehning(1999). *Banking Panics: The Role of the First-Come, First-Served Rule and Information Externalities*. Journal of Political Economy, vol. 107, No. 4.
- Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extremes*. London: Springer.
- Durbin, J. and Koopman, S. J. (2000). *Time series analysis of Non-Gaussian observations based on state space models from both classical and Bayesian perspectives*. Journal of The Royal Statistical Society, Series B, 62, 3-56.
- Hamilton, J. D (1990). *Analysis of time series subject to change in regime*. Journal of Econometrics, 45, 39-70.
- Glosten, L. R., Jagannathan, R. and Runkle, D. (1993). *Relationship between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks*. Journal of Finance, 48, 1779-1801.
- Kim, C. J. and Nelson, C. R (1999). *State Space Models With Regime Switching*. Cambridge. The MIT Press.
- Emberchts, P., C. Klüppelberg and T. Mikosch (1997). *Modelling Extremal Events for Insurance and Finance*. Berlin: Spring Verlag.
- Kevin Dowd, Ph. D (1999). *The Extreme Value Approach to VaR*.
- Philippe, Tassi (1985). *Methodes Statistiques*. Collection "Économie et Statistiques Avancees" Economica, Paris. France.
- Codificación de Resoluciones de la Superintendencia de Bancos y Seguros del Ecuador*.



## ANEXOS

### Anexo A1 Activos líquidos

| Enero de 1996 a Diciembre de 2000                       | Enero de 2001 a Junio de 2002                 | Julio de 2002 hasta la actualidad |
|---|---|-----------------------------------|
| 11 FONDOS DISPONIBLES                                   | 11 FONDOS DISPONIBLES                         | 1 ACTIVO                          |
| 12 FONDOS INTERBANCARIOS VENDIDOS                       | 12 FONDOS INTERBANCARIOS VENDIDOS             | 110105 Efectivo                   |
| 1301 BONOS  | 130105 GOBIERNO NACIONAL                      | 110110 Caja chica                 |
| 1302 CEDULAS  | 130110 MUNICIPALIDADES                        | 110205 Banco Central del Ecuador  |
| 1303 ACEPTACIONES BANCARIAS                             | 130205 HIPOTECARIAS PROPIA EMISION            | 110210 Banco Nacional de Fomento  |
| 1355 TITULOS VALORES ENTREGADOS EN FIDEICOMISO MERCANTI | 130210 HIPOTECARIAS OTRAS ENTIDADES           | 110505 Del país                   |
| 1390 VARIAS   | 130305 PROPIAS                                | 110510 Del exterior               |
| (-)22 FONDOS INTERBANCARIOS COMPRADOS                   | 130310 OTRAS ENTIDADES                        | (-)22 OPERACIONES INTERBANCARIAS  |
| (-)2350 CAPTACIONES POR OPERACIONES DE REPORTE          | (-)22 FONDOS INTERBANCARIOS COMPRADOS         | (-)2101 Depósitos a la vista      |
|   | (-)2350CAPTACIONES POR OPERACIONES DE REPORTE |                                   |

### Pasivos exigibles

| Enero de 1996 a Diciembre de 2000               | Enero de 2001 a Junio de 2002                   | Julio de 2002 hasta la actualidad |
|---|---|-----------------------------------|
| 21 DEPOSITOS A LA VISTA                         | 21 DEPOSITOS A LA VISTA                         | 2101 Depósitos a la vista         |
| 22 FONDOS INTERBANCARIOS COMPRADOS              | 22 FONDOS INTERBANCARIOS COMPRADOS              | 2102 Operaciones de reporte       |
| 23 OBLIGACIONES INMEDIATAS                      | 23 OBLIGACIONES INMEDIATAS                      | 2103 Depósitos a plazo            |
| (-)2350 CAPTACIONES POR OPERACIONES DE REPORTE  | (-)2350 CAPTACIONES POR OPERACIONES DE REPORTE  | 22 OPERACIONES INTERBANCARIAS     |
| 24 DEPOSITOS A PLAZO                            | 24 DEPOSITOS A PLAZO                            | 23 OBLIGACIONES INMEDIATAS        |
| 25 ACEPTACIONES EN CIRCULACION                  | 25 ACEPTACIONES EN CIRCULACION                  | 24 ACEPTACIONES EN CIRCULACION    |
| 27 CRED. FAVOR DE BANCOS Y OTRAS INSTIT. FINAN. | 27 CRED. FAVOR DE BANCOS Y OTRAS INSTIT. FINAN. | 25 OBLIGACIONES FINANCIERAS       |
| 2801 VALORES EN CIRCULACION                     | 2801 VALORES EN CIRCULACION                     | 27 VALORES EN CIRCULACION         |

### Anexo A2

#### Estimación del VaR

Se obtiene de los retornos de las series de depósitos a la vista y a plazos. Para el ajuste de la media de los retornos obtenidos se aplicó un modelo lineal utilizando los procesos SARIMA(P,D,Q)(p,d,q). Con el cuadrado de los residuos de este ajuste se estima la varianza mediante modelos heteroscedásticos condicionales autorregresivos generalizados (GARCH(r,s)), con este ajuste simultáneo se pronosticó la media de los retornos así como la varianza. Con las series así obtenidas se puede estimar el VaR de cada serie de depósitos aplicando una probabilidad  $p$  a pérdida máxima esperada mediante la siguiente expresión:

La estrategia es, por lo tanto, modelar la media de la serie de retornos  $r_t$  por medio de un modelo SARIMA y después modelar la varianza de los residuos  $a_t$  por medio de la familia GARCH. Por ejemplo, si se usa el modelo GARCH(r,s) para la varianza y un modelo ARMA(p, q) para la media de los retornos, se tiene el modelo ARMA(p,q)-GARCH(r,s)

$$r_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i r_{t-i} + a_t - \sum_{j=1}^q \theta_j a_{t-j}, \quad (A2,1)$$

$$a_t = \sigma_t \varepsilon_t, \quad (A2,2)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j \sigma_{t-j}^2. \quad (A2,3)$$

Suponiendo que  $\varepsilon_t \sim N(0,1)$ , se obtiene que

$$r_{t+1} | F_t \sim N(\hat{r}_t(1), \hat{\sigma}_t^2(1)),$$

donde  $\hat{r}_t(1)$  y  $\hat{\sigma}_t^2(1)$  son las predicciones a un paso de la media y la varianza obtenidas de la ecuaciones (A2,1) y (A2, 3), respectivamente.

Para calcular el VaR a un periodo con probabilidad  $p = 0.05$ , se tiene:

$$VaR = \hat{r}_t(1) - 1.65 \hat{\sigma}_t(1). \quad (A2,4)$$

Para obtener el VaR a  $k$  periodos, dado un origen  $T$ , se calcula del cómputo de los retornos  $r_t[k]$  que se les obtiene de

$$r_t[k] = r_{t+1} + r_{t+2} + \dots + r_{t+k},$$

y usando las ecuaciones (A2,1) y (A2,3) se obtiene la predicción de la media y la varianza de  $r_t[k]$  condicionada a la información  $F_T$  hasta el instante  $T$ .

**Valor en riesgo para la serie de depósitos a la vista y a plazos:**<sup>19</sup>

El retorno de los depósitos a la vista y a plazo se representa por la combinación lineal o promedio ponderado de los retornos particulares de cada serie

<sup>19</sup> En esta sección se desarrolla con mayor rigurosidad analítica el concepto del Value at Risk, estructura que servirá para efectuar simulaciones de carteras compuestas con más de una posición financiera.

$$r_p = w_1 r_1 + w_2 r_2$$

siendo la suma de los ponderadores  $w_1$  y  $w_2$  es igual a 1.

Por su parte, la varianza de la combinación lineal de los depósitos se denota de esta manera:

$$V(r_p) = V(w_1 r_1 + w_2 r_2)$$

$$\Rightarrow V(r_p) = w_1^2 V(r_1) + w_2^2 V(r_2) + 2w_1 w_2 \text{Cov}(r_1, r_2)$$

Asimismo, si se definen las varianzas por  $\sigma_{ii}^2$  y se aplica la fórmula de covarianza, a la ecuación anterior, se obtiene esta expresión:

$$\sigma_{pt}^2 = w_1^2 \sigma_{1t}^2 + w_2^2 \sigma_{2t}^2 + 2w_1 w_2 \rho_{12} \sigma_{1t} \sigma_{2t}$$

A partir de esta expresión se introduce la definición de Valor en Riesgo

$$\text{VaR}_p = -M\alpha \sigma_{pt}$$

donde:

$\alpha$  es el valor de significancia de la distribución gaussiana (0,1) y

$M$  es el monto total de los depósitos medido en unidades monetarias.

De esta manera

$$\text{VaR} = -\alpha \left[ w_1^2 \sigma_{1t}^2 + w_2^2 \sigma_{2t}^2 + 2w_1 w_2 \rho_{12} \sigma_{1t} \sigma_{2t} \right]^{1/2} M$$

$$\text{VaR} = -\left[ \alpha^2 w_1^2 \sigma_{1t}^2 M^2 + \alpha^2 w_2^2 \sigma_{2t}^2 M^2 + 2\rho_{12} (\alpha w_1 \sigma_{1t} M)(\alpha w_2 \sigma_{2t} M) \right]^{1/2}$$

A la ecuación del VaR así obtenida se incorpora el monto total de los depósitos y el nivel de significancia como sigue:

$$\text{VaR} = -\left[ \alpha^2 w_1^2 \sigma_{1t}^2 M^2 + \alpha^2 w_2^2 \sigma_{2t}^2 M^2 + 2\rho_{12} (\alpha w_1 \sigma_{1t} M)(\alpha w_2 \sigma_{2t} M) \right]^{1/2}$$

$$\Rightarrow \text{VaR}_p = -\left[ \text{VaR}_1^2 + \text{VaR}_2^2 + 2\rho_{12} \text{VaR}_1 \text{VaR}_2 \right]^{1/2}$$

de esta forma, el VaR de los depósitos totales estaría explicado por el VaR de los depósitos a la vista, el VaR de los depósitos a plazos y también por las autocorrelaciones seriales de los dos tipos de depósitos. La representación del VaR para dos series puede generalizarse para  $n$  series tal como sigue:

$$\sigma_p^2 = \begin{bmatrix} \omega_1 & \dots & \dots & \dots & \omega_n \end{bmatrix}_{1 \times n} \cdot \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & \sigma_n \end{bmatrix}_{n \times n} \cdot \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \dots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \dots & \dots \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{n1} & \dots & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \cdot \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & & & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & \sigma_n \end{bmatrix}_{n \times n} \cdot \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \dots \\ \dots \\ \omega_n \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

La notación general a aplicar para la obtención del VaR de n series sería:

$$\sigma_p^2 = w\sigma C\sigma w' = w\Sigma w'$$

donde:

$\Sigma$  es la matriz de varianzas de orden n, y  
 $W$  es el vector fila de n ponderadores.

C la matriz de correlaciones.

Aplicando la definición  $VaR_p = -\alpha\sigma_p M$ , se obtiene:

$$VaR_p = -\alpha M \sqrt{(w\sigma C\sigma w')} = \sqrt{((VaR)')C(VaR)}$$

siendo finalmente el VaR un vector de 1xn de VaR individuales para cada serie.

### Anexo A3

En esta tabla se muestra el valor del Ji\_Cuadrado para dos funciones de densidad que permiten comparar con los valores de las tablas.

| Entidades | Valor del Ji Cuadrado |          |
|-----------|-----------------------|----------|
|           | Normal                | Gamma    |
| Banco 1   | 319.36                | 389.66   |
| Banco 2   | 472.63                | 345.90   |
| Banco 3   | 1,054.36              | 760.23   |
| Banco 4   | 363.42                | 207.76   |
| Banco 5   | 229.07                | 196.76   |
| Banco 6   | 519.76                | 292.42   |
| Banco 7   | 404.60                | 515.25   |
| Banco 8   | 243.55                | 243.18   |
| Banco 9   | 130.77                | 98.73    |
| Banco 10  | 109.87                | 72.14    |
| Banco 11  | 178.43                | 62.74    |
| Banco 12  | 361.37                | 216.15   |
| Banco 13  | 41.74                 | 25.00    |
| Banco 14  | 224.66                | 131.07   |
| Banco 15  | 312.64                | 221.93   |
| Banco 16  | 201.10                | 238.61   |
| Banco 17  | 143.19                | 56.87    |
| Banco 18  | 58.77                 | 32.42    |
| Banco 19  | 5,292.13              | 4,909.40 |
| Banco 20  | 165.20                | 74.02    |
| Banco 21  | 2,287.76              | 2,478.90 |

### Anexo A4

En los gráficos A4.1 y A4.2 se representa la función Delta Dirac usando transformadas de Fourier.

Gráfico A4.1  
(raíces reales)

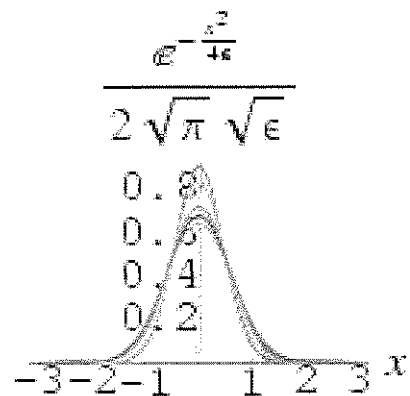
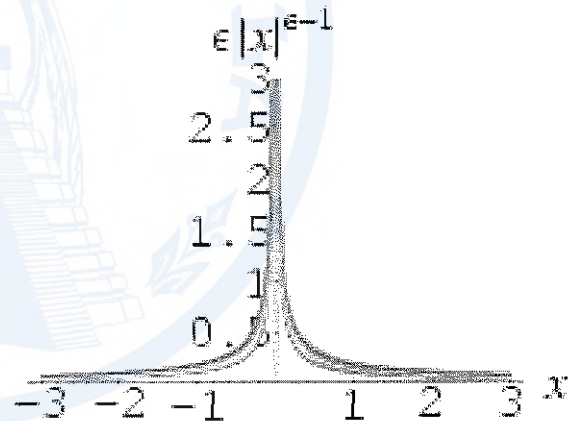
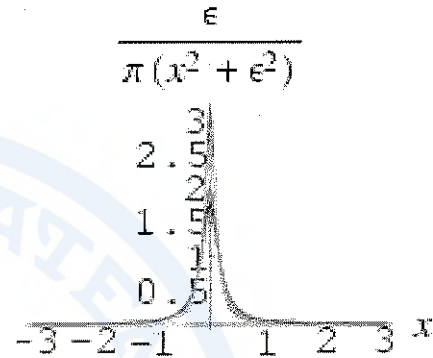
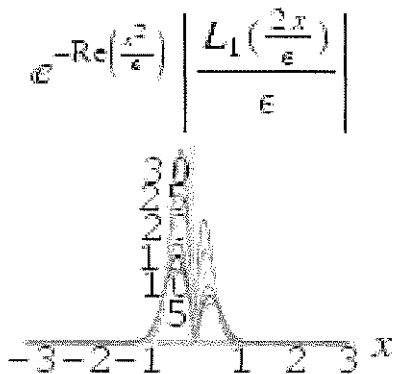
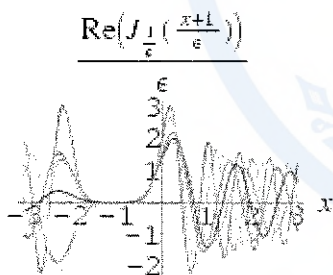
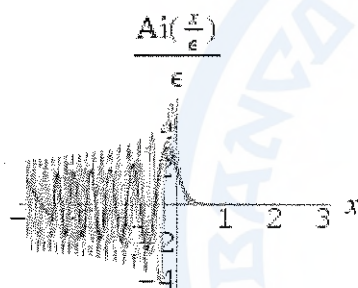
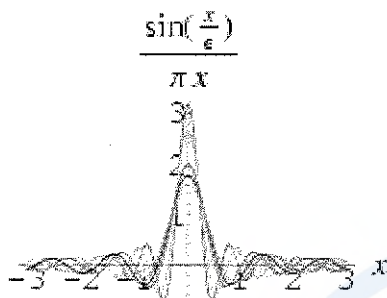


Gráfico A4.2  
(raíces complejas)



## Anexo A5

Ejemplos de las funciones de Kernel para una variable:

(a) El Kernel Cuadrado (uniforme entre  $[0, 1]$ )

$$k(x) = 1 \text{ con } |x| \leq 0,5.$$

(b) El Kernel Epanechnikov

$$k(x) = \frac{3}{4\sqrt{5}} (1 - x^2/5) \text{ con } |x| \leq \sqrt{5};$$

(c) El Kernel Gaussiano

$$k(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \quad k(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$$

En los tres casos el área bajo la curva es igual a 1. Obsérvese que tiene distintas holguras como alturas máximas, por lo tanto omitiremos las cantidades de suavizamiento para que se iguale a  $h$ .

En el caso del Kernel Gaussiano se asegura que  $\hat{f}_x$  es diferente de cero en cualquier valor de  $x$ . Para calcular  $\hat{f}_x$  en un punto  $x$  tenemos que tener evaluado  $k(\cdot)$  en  $n$  elementos de cada observación, el cual puede ser muy importante si el número de datos es grande.

La forma exacta del Kernel no es crítica en la práctica. Lo más importante de la forma del Kernel es que sea bien elegida la  $h$  que controla el sesgo y la varianza.