Risk Measures and an Application to the Withdrawals of Deposits in the Bolivian Financial System

Gonzales-Martínez, Rolando

Superintendencia de Bancos y Entidades Financieras de Bolivia

September 2008

Medidas de Riesgo Financiero y una Aplicación a las Variaciones de Depósitos del Sistema Financiero Boliviano

Rolando Gonzales Martínez

Resumen

Este estudio describe tres medidas de riesgo financiero –Valor en Riesgo (VaR) basado en la distribución de Gauss, VaR basado en Teoría de Valores Extremos y VaR condicional (*Expected Shortfall*)– y ejemplifica su uso con una aplicación a las variaciones de depósitos del sistema financiero. Los resultados sugieren que es importante considerar los supuestos estadísticos de estas medidas, para no subestimar o sobrestimar los verdaderos riesgos financieros.

Clasificación JEL: *G01, G32, C65*
Palabras Clave: *Valor en Riesgo, Riesgo de Liquidez, Corridas de Depósitos*

1. Introducción

La crisis financiera internacional ha puesto en evidencia la necesidad de contar con medidas adecuadas de riesgo financiero para cuantificar las pérdidas potenciales que resultan de las actividades financieras. Por este motivo, es importante que las entidades financieras conozcan y comprendan adecuadamente las medidas de riesgo disponibles para cuantificar numéricamente sus riesgos financieros, de forma que ajusten sus actividades cotidianas y sus planes de contingencia para responder a estos riesgos. Sin embargo, muchas entidades financieras no tienen presente los supuestos estadísticos de las medidas de riesgo, por lo que pueden subestimar o sobrestimar los verdaderos riesgos financieros.

El objetivo de este estudio es describir y ejemplificar tres medidas estadísticas de riesgo modernas y ampliamente utilizadas, para que las entidades financieras conozcan, entiendan y utilicen correctamente estas herramientas para cuantificar los riesgos inherentes a sus actividades. Se plantea que la medida más utilizada para cuantificar los riesgos financieros, el VaR basado en la distribución Gauss-Laplace (normal), es en general inapropiado para cuantificar los riesgos debido a que la información financiera escasamente aproxima la distribución normal.

La sección 2 describe las medidas de riesgo financiero utilizadas en la investigación, la sección 3 aplica estas medidas a la serie de tiempo diaria de los retiros del depósitos del sistema financiero boliviano desde el año 2002 a 2008. Esta es una serie de tiempo interesante para calcular medidas de riesgo por las corridas de depósitos que se presentaron en el sistema financiero boliviano durante los años 2002 y 2003. La sección 4 concluye.

2. Médidas de Riesgo

El Valor en Riesgo (*Value-at-Risk*, VaR) resume en un número la peor pérdida en un horizonte temporal con un nivel de confianza dado (Jhonson, 2001). Se define por el límite superior de la integral de retornos esperados,

$$\int_{-\infty}^{E(r)-VaR} r\left(s\right)ds = \alpha$$

Debido a que usualmente se asume $E(r) = 0$, la anterior expresión se transforma en:

$$\int_{-\infty}^{-VaR} r\left(s\right)ds = \alpha$$

Existen muchos métodos de calcular el VaR. En este estudio se analizaran: (1) el VaR basado en la distribución Gauss-Laplace, (2) el VaR calculado mediante los métodos de la Teoría de Valores Extremos, y (3) el VaR condicional.

El **VaR basado en la distribución Gauss-Laplace (normal)** se obtiene multiplicando la σ-desviación estándar de los retornos por la α-puntuación en la distribución normal estándar,

$$VaR_G = \alpha \cdot \sigma_i \cdot \sqrt{t}, \tag{1}$$

donde el factor de escala de la volatilidad $\sqrt{t}$ generaliza el VaR a otros t-horizontes temporales, bajo el supuesto de retornos no correlacionados.

El **VaR basado en la Teoría de Valores Extremos** depende de la estimación de los parámetros ξ y β de la función de distribución generalizada de Pareto[1]. Esta distribución se ajusta con las n_u observaciones extremas por encima de un umbral u y se reemplaza los resultados de la estimación en la expresión,

$$\widehat{VaR_E} = u + \frac{\widehat{\beta}}{\widehat{\xi}}\left\{\left(\frac{N}{n_u}p\right)^{-\widehat{\xi}} - 1\right\} \tag{2}$$

para obtener el VaR basado en la teoría de valores extremos (VaR_E). El valor del VaR_E depende de la elección de u, pero no existen actualmente métodos estadísticos para calcular con precisión este u-umbral, por lo que este valor debe ser elegido por el investigador de forma que sea lo suficientemente alto como para que se cumpla el teorema Pickands, Balkema y Haan de valores extremos, pero lo suficientemente bajo como para que existan suficientes observaciones para estimar por máxima verosimilitud los parámetros de la distribución generalizada de Pareto (Gençay et al., 2002, Gençay y Selçuk, 2001). Una herramienta que se utiliza para elegir el valor del umbral u es el gráfico de excesos sobre el umbral definido por los puntos,

$$(u, e_n(u)),\ x_1^n < u < x_n^n,$$

donde $e_n(u)$ es la función de excesos definida como,

$$e_n(u) = \frac{\sum_{i=k}^{n}(x_i^n - u)}{n-k+1}, k = \min\{i|x_i^n > u\},$$

y $n-k+1$ es el número de observaciones que excede el umbral u (Gilli y Këllezi, 2006).

El VaR condicional (CVaR), también denominado en la literatura *Expected Shortfall*, puede obtenerse a partir del VaR_E,

$$\widehat{CVaR} = \frac{\widehat{VaR_E}}{1-\widehat{\xi}} + \frac{\widehat{\beta} - \widehat{\xi}u}{1-\widehat{\xi}} \tag{3}$$

Esta medida de riesgo es interesante porque estima el valor potencial de la pérdida que excede el VaR,

$$CVaR = E(X|X > VaR).$$

3. Una aplicación a las Variaciones de Depósitos del Sistema Financiero

Las medias de riesgo fueron aplicadas a la información histórica de los retiros diarios de depósitos en el sistema financiero boliviano desde el año 2001. Esta información es interesante porque el sistema financiero boliviano presentó eventos extremos en dos corridas bancarias, la primera en octubre de 2002 y la segunda en febrero 2003, ambas relacionadas con la inestabilidad política y social de esos periodos. Además, desde el año 2005 se nota un aumento en la volatilidad, relacionada con los retiros y depósitos de las cuentas de empresas petroleras.

Las medidas VaR, VaR_E y $CVaR$ calculadas cuantifican el riesgo de liquidez de retiros de depósitos. Este riesgo puede definirse como la probabilidad de tener consecuencias adversas por no contar con la liquidez necesaria para responder a los retiros de depósitos del público. Los resultados se observan en el Cuadro 1.

Para el sistema financiero boliviano, el Valor en Riesgo obtenido en base a la puntuación de la distribución Gauss-Laplace es de 0.97 %. Este valor indica que los retiros de depósitos superaran el 0.97 % del total de depósitos con una probabilidad de 0.1 %. Esta forma de calcular el VaR es ampliamente utilizada por su simplicidad, sin embargo es inadecuada si los datos no aproximan la distribución normal, como sucede de hecho con las variaciones de depósitos del sistema financiero, datos

[1] El Teorema Pickands, Balkema y Haan establece que una función de distribución de excesos $F_u(y)$, para un u largo, se aproxima bien con,

$$F_u(y) \approx G_{\xi,\beta}(y), u \to \infty$$

donde

$$G_{\xi,\beta}(y) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \frac{\xi}{\beta}y\right)^{-1/\xi} & si\ \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-y/\beta} & si\ \xi = 0 \end{cases}$$

para $y \in [0, (x_F - u)]$ si $\xi \geq 0$ y $y \in [0, -\frac{\beta}{\xi}]$ si $\xi < 0$. $G_{\xi,\beta}$ es la distribución generalizada de Pareto.

para los que se puede rechazar la hipótesis nula de normalidad a niveles convencionales (con un nivel de confianza alfa menor al 1 %) tanto con el test de normalidad basado en el estadígrafo Jarque Bera como en el basado en el estadígrafo Kolgomorov-Smirnov (véase el Cuadro 2). Estos resultados son predecibles si se considera que los datos presentan leptocurtosis (la curtosis es igual a 6.9473, superando por casi 4 puntos el valor teórico de la curtosis de la distribución normal). Los datos de las variaciones de depósitos muestran de hecho colas largas (véase el histograma al final del documento), por lo que el VaR calculado con la distribución Gauss-Laplace subestima el verdadero riesgo de retiros de depósitos.

El VaR calculado en base a la Teoría de Valores Extremos (VaR_E) es igual a 1.18 %. Este valor es mayor al VaR gaussiano y parece medir más apropiadamente la dinámica que presentan los retiros de depósitos del sistema financiero.

El VaR condicional ($CVaR$) presenta un resultado interesante, sugiriendo que, si es que se superara el umbral de pérdidas que predice el VaR basado en la Teoría de Valores Extremos, los retiros podrían significar hasta un 1.42 % del saldo de depósitos en el sistema financiero. Téngase presente que el máximo retiro histórico fue de 1.92 %.

Respecto a los subsistemas, la desviación estándar de 0.55 % muestra que las entidades bancarias tienen una mayor volatilidad en sus depósitos en comparación con los fondos financieros privados (FFPS, 0.32 %), las mutuales de ahorro y préstamo (MAPS, 0.33 %) y las cooperativas de ahorro y crédito (cacs, 0.35 %). Debido a su mayor volatilidad, el VaR gaussiano es mayor para las entidades bancarias que para las entidades no bancarias. Sin embargo una vez más el VaR normal no aproxima bien la naturaleza de los datos debido a que en todos los casos se rechaza la hipótesis nula de gaussianidad con un nivel de probabilidad alfa menor al uno por ciento, tanto con el estadígrafo Jarque-Bera como con el estadígrafo Kolgomorov-Smirnov. Los histogramas de las entidades bancarias y no bancarias son leptocúrticas, y el histograma de las MAPS tiene un sesgo negativo, que se debe a que existieron más retiros que depósitos en estas entidades. En contraste, las CACS tienen un sesgo positivo relacionado con el aumento de los depósitos en estas instituciones financieras.

El VaR_E y el $CVaR$ son mayores al VaR gaussiano en el sistema bancario e indican que con un probabilidad de 1 % los retiros de depósitos serán mayores a 1.58 %[2], y si es que superan este valor, podrían llegar a representar un 1.88 % del saldo de depósitos del sistema bancario. En las MAPS los retiros serán mayores a 0.97 % con una probabilidad de 1 %, pero si superan este valor, podrían significar hasta un 2.28 % del total de depósitos en estas entidades. El alto valor del VaR condicional refleja el hecho de que las MAPS fueron las más afectadas en épocas de corridas de depósitos y por tanto son susceptibles a mayores pérdidas.

En el caso de los FFPS y las cacs el VaR de valores extremos es menor al VaR gaussiano, resultado que sugeriría que el VaR gaussiano está sobreestimando el riesgo de retiros en estas entidades. Este resultado no es inconsistente si se considera que la volatilidad –y por tanto el riesgo– de los FFPS se ha reducido desde el año 2002. Respecto a las CACS, en estas instituciones los valores extremos que causan un valor de curtosis de 169.95 son aislados y por tanto tienen una menor probabilidad de ocurrencia. Notése sin embargo que el VaR condicional de los FFPS sugiere que si los retiros superan el 0.72 % las pérdidas de depósitos podrían alcanzar un 0.94 %, en tanto que para las cacs si los retiros superan el 0.97 % las pérdidas podrían alcanzar un 1.30 %. Este resultado indica que las CACS enfrentan un mayor riesgo en épocas de crisis y deben ajustar sus planes de liquidez de contingencia para enfrentar estas pérdidas potenciales.

4. Conclusiones

La medición de los riesgos financieros es vital tanto para que las entidades financieras optimicen sus rendimientos en base a la cuantificación de sus pérdidas probables, como para que elaboren planes de contigencia para las pérdidas de mayor magnitud, que tienen menor probabilidad de ocurrir, pero que existen sin embargo como una posibilidad que puede afectar severamente la situación financiera de una entidad e incluso la continuidad de sus actividades.

Este estudio ejemplificó, en base a la información de retiros de depósitos del sistema financiero boliviano, tres medidas de riesgo financiero basadas bajo el concepto de Valor en Riesgo (VaR): VaR basado en la disribución de Gauss-Laplace, que es una medida popular para cuantificar el riesgo por su facilidad de cálculo,

[2]También puede decirse que los retiros de depósitos podrían ser mayores a 1.58 % cada cien días

Tabla 1: Medidas de Riesgo Financiero (en porcentaje)

	Umbral	n_u	VaR_G	VaR_E	$CVaR$
Sistema Financiero	1.0018	35	0.9730	1.1883	1.4180
Sistema Bancario	1.4196	25	1.2705	1.5813	1.8850
FFPs	0.7044	20	0.7420	0.7205	0.9396
MAPs	0.8858	20	0.7715	0.9664	2.2832
CACs	0.5074	25	0.8084	0.6004	1.3039

Tabla 2: Estadísticas Descriptivas y Test de Normalidad

	SFIN	BCOs	FFPs	MAPs	CACs
Desviación Estándar	0.4188	0.5469	0.3194	0.3321	0.3480
Mínimo	-1.9220	-2.3232	-1.6811	-8.4200	-5.4084
Máximo	2.7802	3.8001	1.9206	4.1067	7.3784
Curtosis	6.9473	7.2144	7.7313	259.1136	169.9510
Sesgo	-0.0090	0.0770	0.6799	-10.6536	4.2499
Jarque Bera	1991.3	1368.8	1865.8	5091100	2154000
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Kolgomorov-Smirnov	0.2270	0.1838	0.3138	0.3660	0.3432
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)

VaR basado en la Teoría de Valores Extremos y VaR condicional. Los resultados muestran que el VaR gaussiano puede subestimar o sobreestimar los verdaderos riesgos financieros cuando las variables de interés no aproximan la distribución normal. Esto es de hecho importante porque los datos financieros presentan frecuentemente leptocurtosis y colas anchas.

Una medida más adecuada para datos que presenten observaciones extremas –como las de las variaciones de depósitos que se utilizaron en este estudio– es el VaR calculado mediante la teoría de valores extremos. Debe tenerse presente sin embargo que el valor del VaR calculado en base a la Teoría de Valores Extremos es sensible a la elección del umbral, y el estado del arte no permite identificar con precisión el valor de este umbral. Además de los criterios cuantitativos, la elección del umbral puede ser en última instancia una decisión financiera, ya que depende de la aversión al riesgo que posea la entidad financiera o de la tolerancia al riesgo que se haya definido en el establecimiento del contexto del procesos de gestión de riesgos.

El VaR condicional es particularmente interesante, porque puede ser utilizado para fundamentar los planes de contigencia en casos de pérdidas severas pero menos probables que las que implican las actividades cotidianas de una entidad financiera.

Estudios posteriores pueden orientarse a calcular intérvalos de confianza para los valores del VaR basado en la teoría de valores extremos y el VaR condicional.

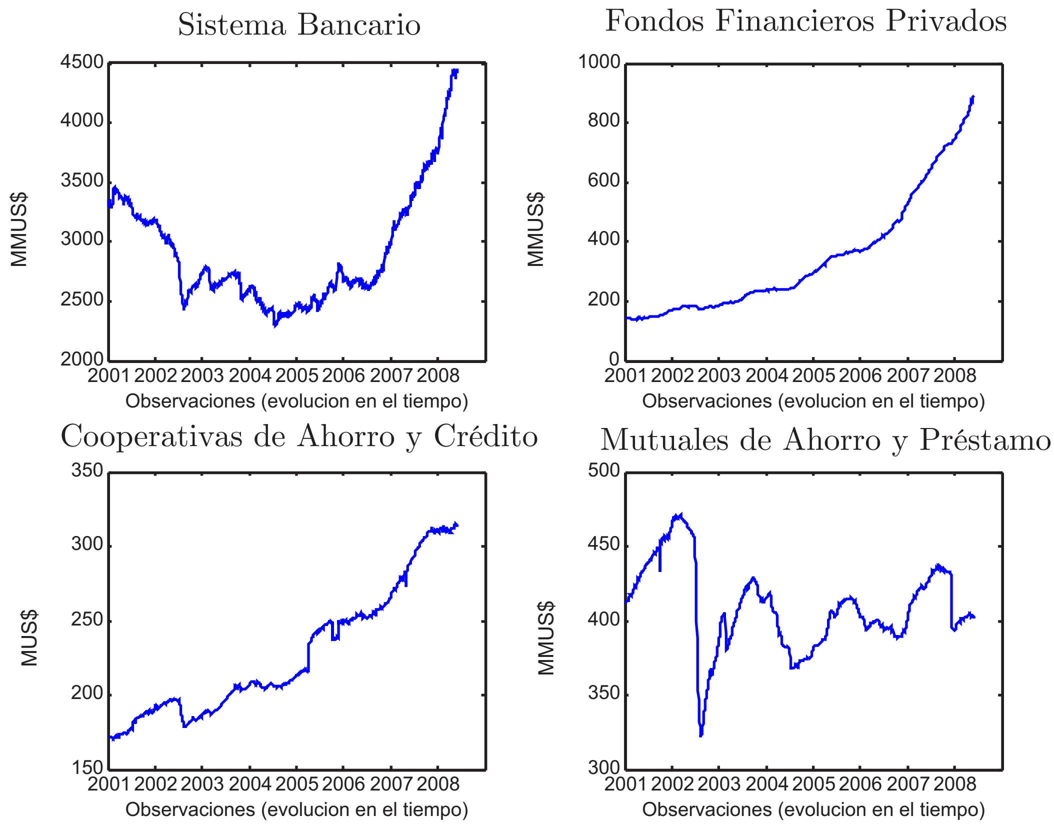
Referencias

Gilli, Manfred, Evis Këllezi (2006), *An Application of Extreme Value Theory for Measuring Financial Risk*, Computational Economics 27(1), pp. 1-23.

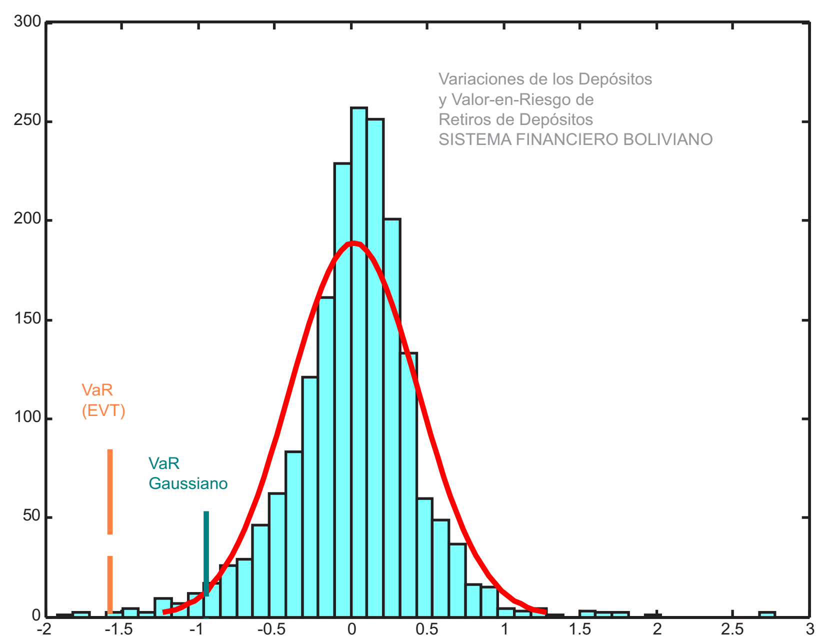
Gençay, Ramazan, Faruk Selçuk, Abdurrahman Ulugülyagci (2002), *EVIM: A Software Package for Extreme Value Analysis in MATLAB*, Studies in Nonlinear Dynamics in Econometrics, Vol. 5, Issue 3, Algorithm 1, pp. 213-239.

Gençay, Ramazan, Faruk Selçuk (2001), *Overnight Borrowing, Interest Rates an Extreme Value Theory*, European Economic Review.

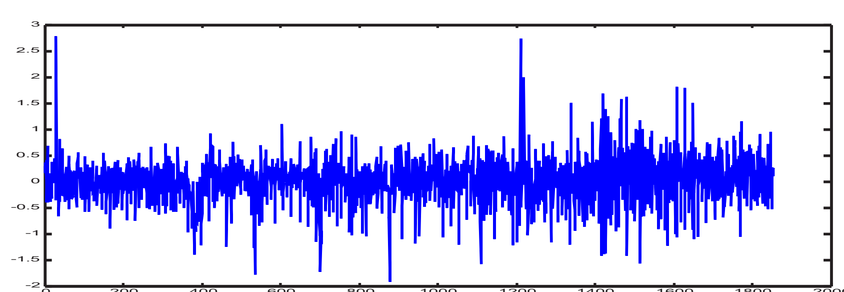
Johnson, Christian (2001), *Value at Risk: Teoría y Aplicaciones*, Estudios de Economía Vol. 28, No. 2, pp. 217-247.



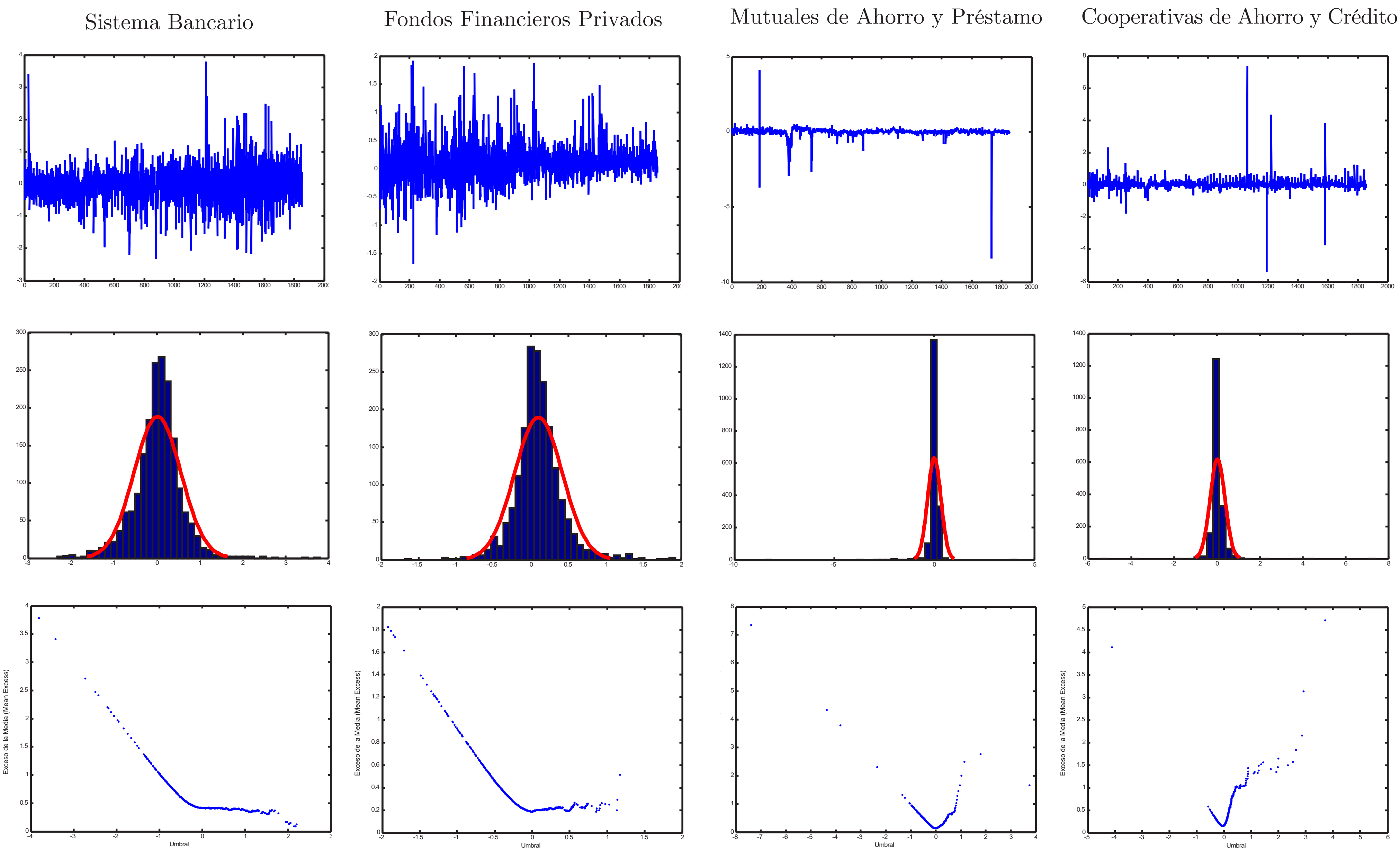
Evolución de Depósitos



Histograma de las variaciones de depósitos del sistema finaciero y medidas de riesgo VaR



Variaciones de depósitos del sistema finaciero


Sistema Bancario
Fondos Financieros Privados
Mutuales de Ahorro y Préstamo
Cooperativas de Ahorro y Crédito
Exceso de la Media (Mean Excess)
Umbral