

*Gestión del Riesgo Cambiario: Una Aplicación del Valor en Riesgo para el Mercado Financiero Peruano**

Mario Antonio Zambrano

1. Introducción

Este trabajo estudia algunos aspectos de la gestión de riesgos financieros, en particular los del cambiario, para proponer el uso de modelos internos por parte de las empresas con posiciones en moneda extranjera en plaza peruana. La factibilidad de esta aplicación reside, entre otros, en que sirva como plataforma para que luego se evalúe la asignación de los recursos propios con base en modelos internos, con la consiguiente ganancia de eficiencia, y en la mejora de la medición de riesgos financieros.

Actualmente, la regulación bancaria vigente en plaza peruana exige entre otros, para fines mínimos de gestión y estrictamente de requerimientos de recursos propios, el uso del modelo estándar por el riesgo cambiario. Una razón del rezago del uso regulatorio de modelos internos se basa no sólo en los costos de sistemas y de capital humano sino también en el supuesto que la evolución de los retornos de la divisa peruana no reúne las propiedades estadísticas deseadas, aproximadamente la normalidad, en comparación con divisas fuertes como el euro o el yen, como condición básica de dicho modelo interno; incluida la relativa estable volatilidad.

En este sentido, se parte del supuesto de que una condición favorable para la gestión del riesgo cambiario (entendida como la toma, identificación y cobertura de dicho riesgo) es la estabilidad relativa de la volatilidad del retorno (depreciación / apreciación) del subyacente. En este caso, la estabilidad de la medida de riesgo del tipo de cambio favorece la predicción de dicho subyacente lo cual es una ventaja para los gestores. Inclusive ya a un nivel macroeconómico, la estabilidad relativa de dicha variable es importante para fines de política monetaria y cambiaria así como para la entrada de capitales extranjeros. De lo contrario, los escenarios de predicción financiera, como por ejemplo en modelos de Cointegración o Corrección de Errores, o de gestión de riesgos financieros, como por ejemplo, de Valor en Riesgo (VaR), perderían fuerza estadística.

En ese sentido, en la primera parte de este trabajo se realiza un análisis comparativo de las propiedades o características estadísticas de la divisa peruana –en particular de estacionariedad y de normalidad- tanto respecto a otras divisas latinoamericanas como a divisas de zonas o economías más desarrolladas (euro y yen). Este análisis permitirá comparar las propiedades del rendimiento de la divisa peruana –así como su volatilidad relativa- respecto a otras, algunas pertenecientes a zonas o economías donde si se permite el uso de modelos internos tipo Valor en Riesgo (VaR) para requerimientos de capital o recursos propios por riesgo cambiario. Las series a consideradas fueron el peso mexicano (MXN), el guaraní paraguayo (PYG), el peso chileno (CLP), el nuevo sol peruano (PEN), el peso uruguayo (UYU), el real brasileño (BRL) y el peso colombiano (COP).

En la segunda parte del trabajo, se hace una presentación del modelo interno Valor en Riesgo: definición, insumos, características, utilidades, ventajas, tipos y problemas para fines de gestión de riesgos financieros, en particular el cambiario. También se resume cómo el Comité de Supervisión Bancaria del Banco de Pagos (BIS) regula aplicaciones de modelos internos para exigencias de capital propio.

* Las opiniones vertidas por el autor son de su entera responsabilidad y no representan necesariamente la posición del Banco Central de Reserva del Perú.



Teniendo en cuenta los dos capítulos anteriores, el tercer capítulo hace dos desarrollos. Uno, donde tanto para instrumentos individuales de tesorería usuales en plazas financieras emergentes como para una cartera de inversión se calcularán sus exposiciones correspondientes al riesgo cambiario mediante la aplicación del VaR, tanto desde una perspectiva paramétrica (método de Varianzas y Covarianzas) como desde una aproximación no paramétrica (Simulación de Montecarlo).

Un segundo desarrollo será plantear un diseño regulatorio para la aplicación del VaR, acorde tanto con lo estipulado por el BIS como las particularidades de plazas financieras emergentes como la peruana, que luego pueda servir de plataforma para establecer -alternativamente al modelo estándar- la exigencia de recursos propios por riesgo cambiario. Ambos desarrollos están asociados a permitir la ganancia de eficiencia en la asignación del capital propio, poniéndolo a par con otras plazas financieras más desarrolladas.

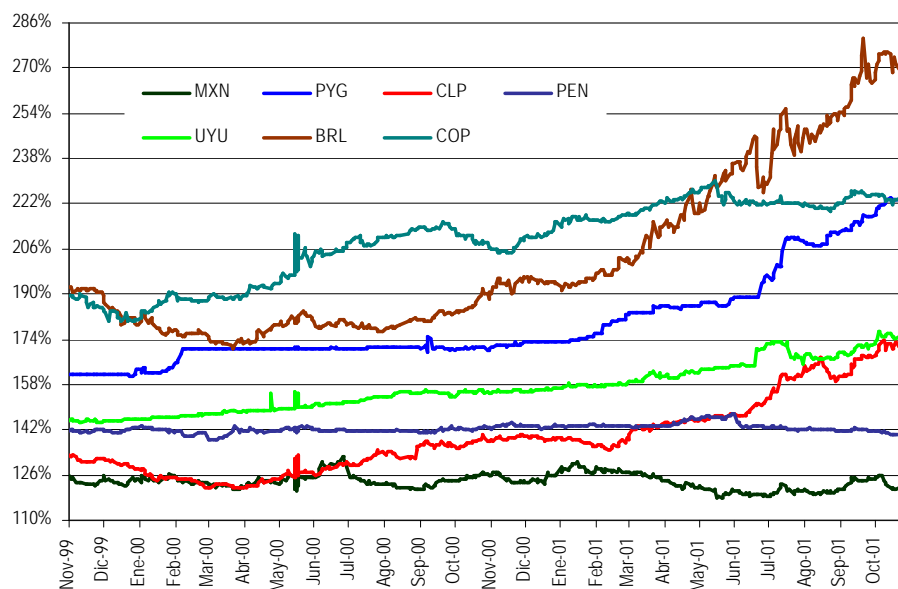
Finalmente, se resume las principales conclusiones del trabajo que buscan mejorar la gestión de riesgos en ambientes financieros menos desarrollados a través de modelos internos que midan las exposición a los distintos riesgos financieros, en este caso el cambiario.

2 Análisis Estadístico de Tipos de Cambio 1992-2001

2.1 Sol Peruano versus Otras Divisas Latinoamericanas

El uso de modelos internos para la medición de riesgos financieros parten de dos insumos básicos: identificar la posición o monto expuesto a riesgo y poder aproximar la probabilidad de pérdida ante un evento no esperado. Para la aproximación de pérdidas, los modelos de medición de riesgos financieros (crédito, liquidez y de mercado, donde se incluye el cambiario) se basan en conocer la distribución del retorno del subyacente. Razones para el rezago del uso regulatorio de modelos internos en el mercado financiero peruano se sustentan no sólo en los costos de sistemas y capital humano sino también en el supuesto que la evolución del retorno de la divisa peruana no reúne las propiedades estadísticas deseadas, aproximadamente la normalidad, como condición básica aplicar un modelo interno (por ejemplo, el Valor en Riesgo), incluida la relativa estabilidad en la senda de su volatilidad en el periodo de estimación.

Gráfico 1
Evolución de los Tipos de Cambio





Así, en esta sección se realiza un análisis comparativo de las propiedades o características estadísticas de la divisa peruana (sol/1dólar) tanto respecto a otras divisas latinoamericanas como a divisas de zonas o economías más desarrolladas (euro y yen). Este análisis permitirá concluir cuán distintas o similares son las propiedades estadísticas del retorno de la divisa peruana –así como su volatilidad relativa- respecto a otras, algunas pertenecientes a zonas o economías donde si se permite el uso de modelos internos tipo Valor en Riesgo (VaR) para requerimientos de capital o recursos propios por riesgo cambiario.

A continuación se presenta el análisis estadístico de las series de los rendimientos (devaluación / apreciación) del peso mexicano (MXN), el guaraní paraguayo (PYG), el peso chileno (CLP), el nuevo sol peruano (PEN), el peso uruguayo (UYU), el real brasileño (BRL) y el peso colombiano (COP). El periodo de la muestra va desde diciembre de 1992 a octubre de 2001, los datos corresponden al promedio de los cierres de mes¹.

	CUADRO DE RENDIMIENTOS						
	MXN	PYG	CLP	PEN	UYU	BRL	COP
Devaluación media	1.2%	1.0%	0.6%	0.7%	1.3%	6.9%	1.1%
Devaluación anualizada	13.9%	12.1%	7.3%	8.6%	16.0%	83.2%	13.4%
Desviación estándar	5.4%	1.8%	1.9%	1.5%	1.2%	14.7%	2.2%
Desviación estándar anualizada	18.8%	6.1%	6.6%	5.1%	4.1%	50.9%	7.7%
Coefficiente de asimetría	4.57	3.52	0.29	1.13	-0.54	2.05	0.60
Curtosis	32.63	15.78	0.12	3.79	6.96	3.78	0.40

Se aprecia que el Sol peruano presenta, junto a la divisa uruguaya, una menor volatilidad en sus rendimientos (variable que se aproxima a la medida de riesgo); en niveles también se llegó a la misma consideración. El análisis también determinó que ninguna de las series presenta una distribución que se aproxime a un comportamiento como el de la normal, donde se requiere que el coeficiente de simetría se aproxime a cero y que la curtosis sea de tres. Sin embargo, el grado de apuntamiento o kurtosis permitiría determinar, mediante un análisis complementario, en qué nivel de confianza estadístico el Sol puede presentar un comportamiento que se aproxime a una normal.

Cabe señalar que, en muchos países latinoamericanos, sucursales de bancos de primer orden internacional emplean regularmente el Valor en Riesgo para fines de gestión interna, no obstante la ausencia de normalidad en el retorno de las divisas locales correspondientes. Inclusive, son de requerimiento de los supervisores financieros domésticos.

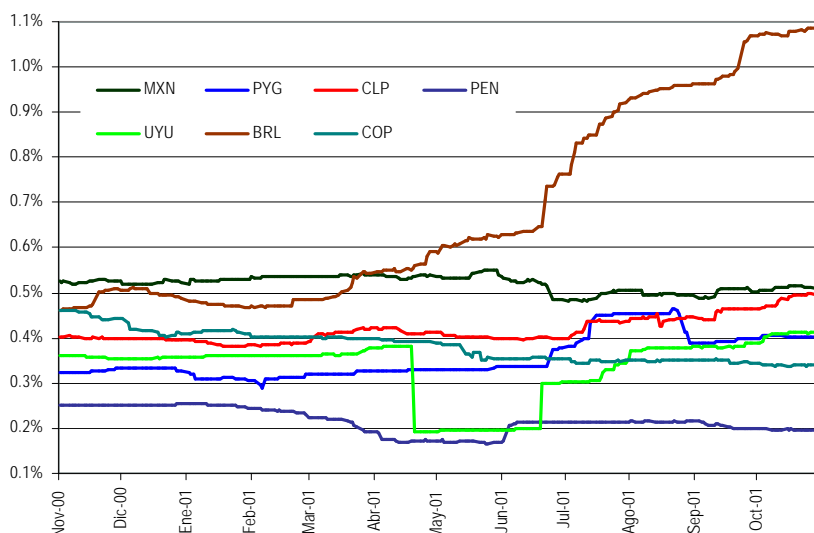
En particular, se requiere la estabilidad de la serie de la volatilidad cuando se trabaja con VaR u otras mediciones de riesgo, la inestabilidad de volatilidad causaría mucha inestabilidad también en los resultados del VaR. En ese sentido, la elección del periodo de observación sería de mayor impacto que el método de medición o estimación para efectos de los resultados.

En el siguiente gráfico se observa que las volatilidades de varias divisas de Latinoamérica no presentan una estabilidad relativa en su trayectoria.

¹ Los tipos de cambio están medidos en unidades monetarias por dólar de los Estados Unidos de América.



Gráfico 2
Evolución de las Volatilidades



Lo óptimo en cuanto a la medición es que las series de los rendimientos se comporten como una distribución normal, de no conseguirse eso como es usual con las series de variables financieras, bastaría con que la serie, a lo largo del tiempo, se comporte de manera similar a la distribución normal entre determinados percentiles (bajos porcentajes), dependiendo de la confianza asignada al VaR.

De otro lado, del siguiente cuadro sobre las correlaciones entre los rendimientos de las divisas se observa que solo la divisa chilena y peruana se encuentran correlacionadas positivamente entre sí y con otra divisa respectivamente, el resto de monedas no guardan correlaciones importantes. Estos números serían relevantes si en plazas locales existiesen posiciones en estas divisas externas. En ese sentido, no parece ser usual que las carteras de empresas financieras de Latinoamérica tengan posiciones de alguna significación en otras divisas latinas no domésticas.

Cuadro de Correlaciones

	DBRASIL	DCHILE	DCOLOM	DMEX	DPARAG	DSOL	DURU
DBRASIL	1.000000	0.081704	-0.050509	-0.016507	-0.006016	0.392992	0.143517
DCHILE	0.081704	1.000000	0.123830	0.057383	0.408583	0.248535	-0.115119
DCOLOM	-0.050509	0.123830	1.000000	0.062753	0.121530	0.133059	0.040278
DMEX	-0.016507	0.057383	0.062753	1.000000	-0.093163	0.146915	0.053033
DPARAG	-0.006016	0.408583	0.121530	-0.093163	1.000000	-0.022968	-0.127604
DSOL	0.392992	0.248535	0.133059	0.146915	-0.022968	1.000000	0.030464
DURU	0.143517	-0.115119	0.040278	0.053033	-0.127604	0.030464	1.000000

No obstante las correlaciones observadas en el análisis estático, se evidencia un hecho empírico relativo a que dependiendo del tamaño de la muestra y del periodo que se tome entonces los valores de estas correlaciones pueden cambiar de manera significativa. Al parecer ese podría ser el caso de las correlaciones entre los rendimientos de la divisa chilena y la brasileña en lo que va del 2002. Este hecho empírico sólo hace evidenciar la crítica usual que reciben los resultados de los modelos internos tipo Valor en Riesgo paramétricos: la sensibilidad de sus resultados ante cambios -y actualizaciones- de los factores de mercado.

2.2 Sol Peruano versus Divisas Fuertes

En esta sección se hará una comparación o análisis estadístico del retorno de la divisa peruana frente a los retornos de divisas fuertes como el euro (EUR) y el yen (JPY) para data diaria desde 1999 a marzo de 2002, todas estas divisas respecto del dólar². El análisis permitirá contrastar las hipótesis previas sobre la estabilidad de los retornos de las series de las monedas fuertes frente al retorno de la divisa peruana así como que las series de los retornos de las divisas fuertes podrían seguir una distribución aproximadamente normal.

Un par de hechos estilizados darán ya alguna evidencia sobre la volatilidad de los retornos analizados. De un lado, desde el inicio de 1999 el tipo de cambio sol/dólar (PEN) no ha experimentado cambios significativos, prácticamente fue nula la depreciación acumulada en el periodo hasta el cierre de marzo de 2002, durante ese periodo el pico ocurrió el 31 de mayo de 2001 con un tipo de cambio de 3.629.

De otro lado, el EUR se depreció en 15,4% al 28 de septiembre de 2001 respecto de la misma fecha de 1999, aunque con mayor estabilidad, el JPY se depreció en 12.3% durante el mismo periodo. Los picos sucedieron el 25 de octubre de 2000 (27,2% de depreciación acumulada) para el EUR y el 2 de abril de 2001 (19,1%) para el JPY.

<u>Cuadro Resumen</u>			
	PEN	EUR	JPY
Devaluación media	0.00%	0.03%	0.02%
Devaluación anualizada	0.26%	10.90%	8.77%
Desviación estándar	0.27%	0.74%	0.66%
Desviación estándar anualizada	3.50%	11.82%	10.51%
Coefficiente de asimetría	-0.22	-0.14	-0.22
Curtosis	18.26	0.32	1.23

El cuadro permite observar que la serie de los retornos de las dos monedas más fuertes, EUR y JPY, después del dólar, mantuvieron una mayor volatilidad que la divisa peruana. No es propósito de este trabajo explicarla pero una explicación podría encontrarse en la menor liquidez del subyacente peruano.

Se realizaron algunos análisis a las tres series de retornos para estudiar sus propiedades estadísticas (estacionariedad, normalidad, etc).

2.2.1 Análisis de Estacionariedad

El análisis de estacionariedad se realizó de acuerdo al test de Raíz de Unitaria (Augmented Dickey Fuller). En el caso de los retornos del PEN, el proceso estocástico de dicha variable seguiría un proceso estacionario, es decir, media y varianza constantes en el tiempo. Ello implica que los *shocks* sobre los retornos tendrán un carácter de transitorios. Cabe destacar que el retorno del PEN registra una media observada de aproximadamente cero.

² Los tipos de cambio están medidos en unidades monetarias por dólar.

**Test de Raíz Unitaria para el Retorno del Sol/Dólar**

ADF Test Statistic	-13.52608	1% Critical Value*	-3.4407
		5% Critical Value	-2.8653
		10% Critical Value	-2.5688

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(RSOL)

Method: Least Squares

Date: 04/27/02 Time: 23:05

Sample(adjusted): 7 853

Included observations: 847 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RSOL(-1)	-1.090185	0.080599	-13.52608	0.0000
D(RSOL(-1))	0.089866	0.071298	1.260429	0.2079
D(RSOL(-2))	0.059887	0.060130	0.995955	0.3196
D(RSOL(-3))	-0.027175	0.048647	-0.558604	0.5766
D(RSOL(-4))	-0.005866	0.034421	-0.170426	0.8647
C	9.70E-05	9.34E-05	1.038620	0.2993
R-squared	0.504286	Mean dependent var		-8.52E-07
Adjusted R-squared	0.501339	S.D. dependent var		0.003838
S.E. of regression	0.002710	Akaike info criterion		-8.976398
Sum squared resid	0.006178	Schwarz criterion		-8.942809
Log likelihood	3807.505	F-statistic		171.1084
Durbin-Watson stat	2.000511	Prob(F-statistic)		0.000000

Test de Raíz Unitaria para el Retorno del Euro/Dólar

Sobre la serie diaria de los retornos del EUR, el proceso estocástico de dicha variable sigue un proceso estacionario, media y varianza constantes en el periodo muestral. Con ello, los *shocks* sobre los retornos tendrán un carácter de transitorios convergiendo a la media.

ADF Test Statistic	-12.74119	1% Critical Value*	-3.4406
		5% Critical Value	-2.8653
		10% Critical Value	-2.5688

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(REURO)

Method: Least Squares

Date: 05/02/02 Time: 22:52

Sample(adjusted): 7 864

Included observations: 858 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
REURO(-1)	-1.019631	0.080026	-12.74119	0.0000
D(REURO(-1))	-0.041570	0.071460	-0.581721	0.5609
D(REURO(-2))	-0.026852	0.061341	-0.437753	0.6617
D(REURO(-3))	-0.054889	0.049785	-1.102517	0.2705
D(REURO(-4))	-0.032550	0.034055	-0.955796	0.3394
C	-0.000287	0.000233	-1.231073	0.2186
R-squared	0.533157	Mean dependent var		1.81E-05
Adjusted R-squared	0.530417	S.D. dependent var		0.009901
S.E. of regression	0.006785	Akaike info criterion		-7.141348
Sum squared resid	0.039218	Schwarz criterion		-7.108099
Log likelihood	3069.638	F-statistic		194.6049
Durbin-Watson stat	2.001818	Prob(F-statistic)		0.000000



Test de Raíz Unitaria para el Retorno del Yen/Dólar

De forma similar, se comprobó que la serie diaria de los retornos del YEN sigue un proceso estocástico estacionario, media y varianza constantes en la muestra. Así, *shocks* sobre los retornos tendrán un carácter de transitorios convergiendo a su media.

ADF Test Statistic	-13.68199	1% Critical Value*	-3.4406
		5% Critical Value	-2.8653
		10% Critical Value	-2.5688

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(RYEN)

Method: Least Squares

Date: 05/02/02 Time: 23:01

Sample(adjusted): 7 864

Included observations: 858 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RYEN(-1)	-1.119192	0.081800	-13.68199	0.0000
D(RYEN(-1))	0.051363	0.072340	0.710033	0.4779
D(RYEN(-2))	0.050085	0.061936	0.808661	0.4189
D(RYEN(-3))	0.020969	0.049894	0.420262	0.6744
D(RYEN(-4))	-0.004189	0.034051	-0.123028	0.9021
C	0.000231	0.000239	0.968356	0.3331
R-squared	0.534260	Mean dependent var	-6.43E-07	
Adjusted R-squared	0.531527	S.D. dependent var	0.010186	
S.E. of regression	0.006972	Akaike info criterion	-7.086840	
Sum squared resid	0.041416	Schwarz criterion	-7.053591	
Log likelihood	3046.255	F-statistic	195.4695	
Durbin-Watson stat	1.996682	Prob(F-statistic)	0.000000	

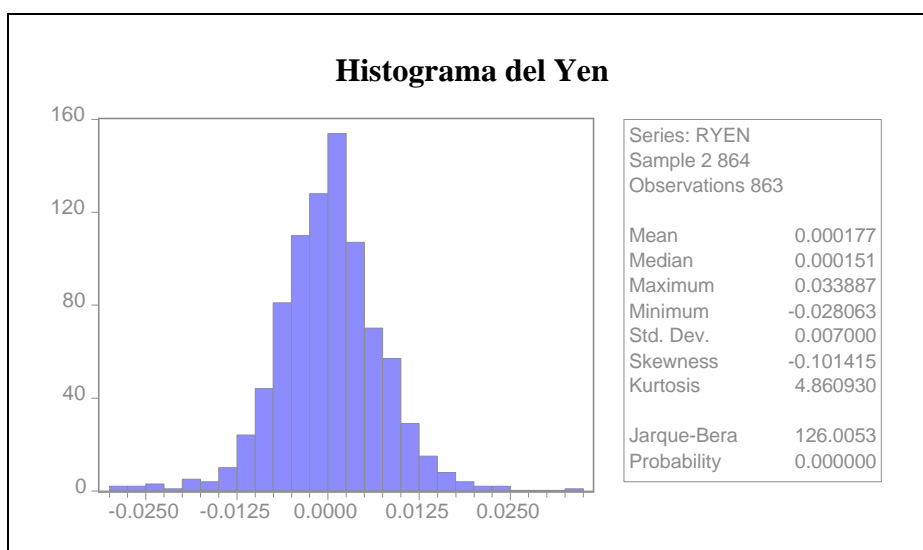
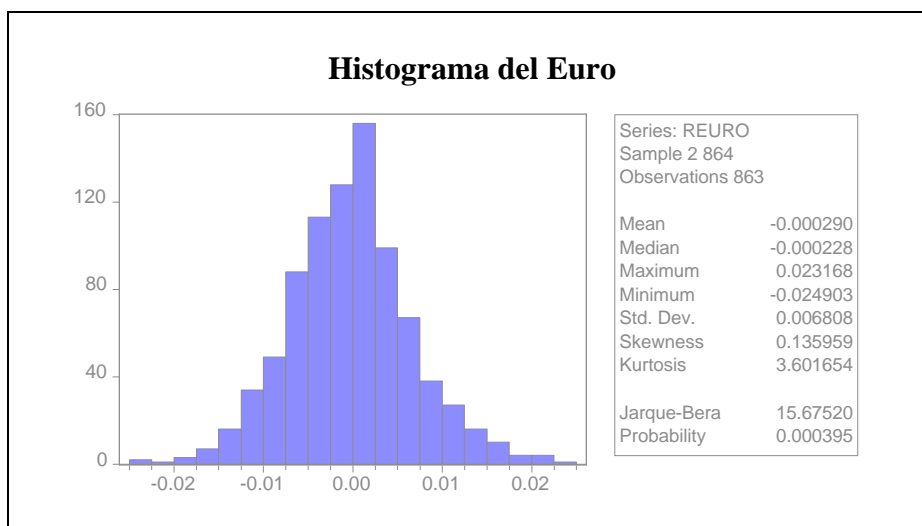
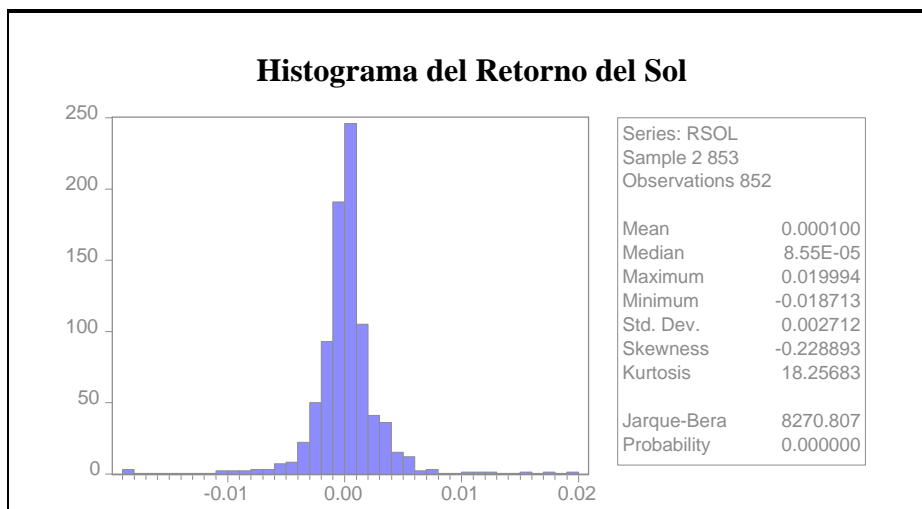
A modo de resumen de esta sección, se evaluó los retornos de estas tres variables y se comprobó que cada uno de ellos siguen procesos estacionarios. En particular, los shocks tendrán la característica temporal de transitorios convergiendo luego a sus respectivas medias.

2.2.2 Análisis de Normalidad

Si las series fueran distribuidas normalmente, el histograma debería tener forma de campana gaussiana y el estadístico Jarque Bera no debería ser significativo.

Del análisis de las tres divisas, las series de los retornos del euro y del yen presentan una asimetría (*skewness*) negativa bastante razonable, es decir, cercana a cero, tal como se exigiría como una de las condiciones para aproximarla como una distribución normal. No obstante, respecto a la condición de kurtosis o grado de apuntamiento, de las tres series, sólo la del retorno del euro estaría a niveles cercanos de la exigencia de una distribución normal que es de tres. Todas son leptocurticas respecto a la distribución normal.

En general, como resumen de esta sección, ninguna de las tres divisas exhibiría una serie de retornos que se comporte exactamente como una normal de acuerdo con el estadístico Jarque Bera. No obstante que el retorno del euro podría encontrarse en un entorno cercano.



Del lado de la volatilidad, la evidencia muestra que los retornos de la divisa peruana registra una menor volatilidad respecto a las otras series.

Luego, de acuerdo al análisis estadístico (estacionariedad y normalidad) efectuado, no se encuentra evidencia definitiva sustente el rezago de usos de modelos internos (Valor en Riesgo) para la medición del riesgos financieros por parte de alguna de las divisas analizadas.

3. Modelo de Medición de Riesgos: Valor en Riesgo

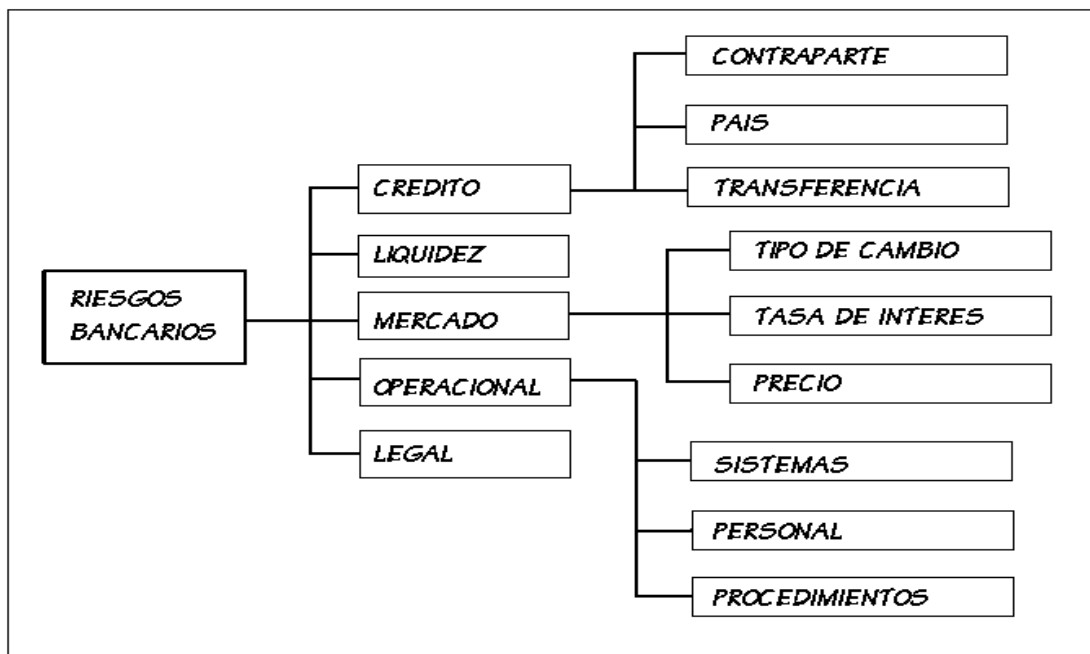
3.1. Regulación de Riesgos Bancarios y Modelos, BIS

Acuerdo de Capital del Comité de Basilea (1996)

En enero de 1996, a raíz de las crisis experimentadas (Barings, Daiwa, Orange County, etc), el Comité de Basilea para la Supervisión Bancaria decide enmendar el Acuerdo de Capital (1988) para incorporar requerimientos patrimoniales para cubrir las exposiciones a riesgos de mercado de la cartera de *trading* o intermediación, que podría extenderse en el caso de los riesgos de mercado globales.

Cabe señalar que un nuevo acuerdo de capital ha sido planteado, para reemplazar al de 1988, pero su aplicación efectiva no se contempla hasta el 2004-05 aproximadamente.

Riesgos Bancarios



Por riesgos de mercado se entienden las pérdidas sobre posiciones dentro o fuera del Balance originadas por movimientos adversos en los precios de mercado. Se distinguen los siguientes principales tipo de riesgos de mercado:



- Riesgo de tasa de interés,
- Riesgo de moneda extranjera y
- Riesgo precio de los *commodities* y de los valores representativos de capital.

La modificación o enmienda, efectiva desde fines de 1997 para los países miembros, redefine el concepto de capital elegible para determinar la porción destinada para cubrir los riesgos de mercado.

3.1.1 Recursos Propios o Patrimonio Elegible

En adelante, el patrimonio elegible está compuesto por tres bloques o *tiers*. Grosso modo, capital, reservas legales y utilidades retenidas conforman el tier 1. El tier 2 está compuesto por capital suplementario, como revalorizaciones, provisiones genéricas, deuda subordinada e instrumentos de capital híbridos. Por su parte, el tier 3 consiste en deuda subordinada de corto plazo.

Es importante señalar la existencia de una serie de restricciones. El tier 3 debe ser utilizado solamente para cubrir el requerimiento patrimonial por riesgos de mercado: no puede cubrir riesgo de crédito. Sin embargo, al menos del 28.5% del riesgo de mercado debe ser cubierto por tier 1 que no cubra al mismo tiempo riesgo de crédito. Así mismo, el tier 2 debe ser menor que el tier 1 y la deuda subordinada de largo plazo no debe exceder el 50% del tier 1. Adicionalmente, la suma del tier 2 más el tier 3 no debe exceder el tier 1.

La deuda subordinada elegible para calificar como *tier 2* puede estar formada por deuda subordinada no garantizada con al menos 5 años de vencimiento original o por acciones preferentes redimibles de vida limitada. Durante los últimos 5 años hacia el vencimiento, un factor acumulativo de 20% (o amortización) por año debe ser aplicado para reflejar el menor valor de estos instrumentos como fuente de solvencia.

La deuda subordinada de corto plazo elegible para calificar como *tier 3* debe cumplir las siguientes condiciones:

- Estar no garantizada, ser subordinada y completamente suscrita.
- Tener un vencimiento original de al menos 2 años.
- No ser pre-pagable antes de su vencimiento, al menos que el regulador lo acuerde.
- Ni el capital ni los intereses podrán ser pagados, incluso al vencimiento, si esto origina que se incurra en déficit de capital.

En consecuencia, el nuevo indicador de apalancamiento se define como:

$(12.5 * \text{requerimiento total calculado para Riesgos de Mercado} + \Sigma \text{activos} * \text{Riesgo Crediticio}) / (\text{capital elegible})$.

Este ratio deberá ser menor al 8% según el Acuerdo.

3.1.2 Método Estándar

Para el cálculo de los requerimientos de capital, las empresas pueden optar por dos alternativas, a elección de su supervisor: el Método Estandarizado o sus propios modelos internos.

El uso de modelos internos podrá convivir con la aplicación del Método Estándar pero aplicados a diferentes riesgos. El requerimiento de capital total equivaldrá a la suma simple de resultados. Asimismo, una vez que se le



apruebe a una empresa utilizar un modelo para calcular el requerimiento de capital de uno de los tipos de riesgos definidos, no podrá volver a emplear el Método Estandarizado, al menos que cuente con autorización expresa de su supervisor.

Dentro del uso del Método Estandarizado, las empresas que compren de manera limitada opciones, y aquellos que, habiendo vendido opciones, las cubran perfectamente con opciones compradas, son libres de emplear el Enfoque Simplificado. De no ser el caso, deberán usar uno de los enfoques intermedios, el Método Delta-Plus y el Enfoque de Escenarios, o adoptar un modelo interno (ver sub sección sobre el Tratamiento de Opciones).

A continuación, se plantea la propuesta del Comité para el cálculo del requerimiento de capital por riesgos de mercado siguiendo el Método Estándar, para el caso específico del riesgo cambiario. Luego, se explican los requerimientos mínimos cualitativos y cuantitativos para el uso de modelos internos. No obstante, para un entendimiento completo de la propuesta del Comité, debe revisarse la publicación original disponible en la página web del Bank of International Settlements (<http://www.bis.org/>), donde inclusive se presentan ejemplos prácticos.

Riesgo de Moneda Extranjera

El riesgo de moneda extranjera es relativamente el más directo de aplicar o de cuantificar empleando el Método Estándar propuesto por el Comité y, a diferencia del caso de los demás riesgos, para su medición se incorporan todas las posiciones del Balance en moneda extranjera, sean de *trading* o de devengo. Asimismo, el oro en barras se considera una moneda más. También se incorporan los libros de derivados financieros en moneda extranjera.

El Comité de Basilea sostiene que, a satisfacción del regulador nacional, las posiciones estructurales o para cobertura del patrimonio en moneda extranjera podrán excluirse del requerimiento de capital.

El procedimiento para el cálculo del requerimiento de capital es el siguiente: Para cada moneda extranjera, se calcula la posición neta spot, es decir, la diferencia entre posiciones activas y pasivas. A ésta se le suma la posición *forward* neta, que incorpora las operaciones a futuro sobre monedas, *forwards*, *currency swaps* y los montos delta calculados de las opciones sobre monedas. Vale mencionar que se espera que las posiciones netas en derivados distintos de opciones se imputen en términos de su valor presente neto en el entendido de constituir una aproximación a la liquidación a mercado de esas posiciones.

El requerimiento total establecido por el Comité de Basilea será producto de multiplicar 8% por el monto que resulte mayor en valor absoluto de sumar, por un lado, todas las posiciones largas en distintas monedas y, de otro lado, todas las posiciones cortas.

Tratamiento de Opciones

Como se ha mencionado, los bancos que compren de manera limitada opciones, y aquellos que, habiendo vendido opciones, las cubran perfectamente con opciones compradas, son libres de emplear el Enfoque Simplificado. De no ser el caso, deberán usar uno de los enfoques intermedios, el Método Delta-Plus y el Enfoque de Escenarios, o adoptar un modelo interno.

- Enfoque Simplificado

En el Enfoque Simplificado, las posiciones en opciones asociadas a un subyacente (en este caso el tipo de cambio), *spot* o *forward*, no están sujetos al cálculo de capital descrito en el Método Estándar para cada riesgo. Por el contrario, estas posiciones son extraídas y sujetas a una metodología estándar que incorpora cargos de capital tanto por el riesgo general como por el específico. Estos números son después agregados a los requerimientos calculados para cada riesgo, según corresponda.



El cargo de capital se calcula siguiendo las siguientes pautas:

Si la posición es larga en spot y larga en una opción de venta o corta en spot y larga en una opción de compra, el cargo de capital será igual al valor de mercado del activo subyacente (nominal, en el caso de opciones de tasa de interés) multiplicado por la suma de los cargos por riesgo específico y riesgo general menos la cantidad que la opción está in-the-money, limitada a cero³.

Si la posición es larga en una opción de compra o es larga en una posición de venta, el requerimiento de capital será el que resulte menor entre el valor de mercado del activo subyacente multiplicado por la suma de los cargos por riesgo específico y riesgo general y el valor de mercado de la opción.

- **Método Delta-Plus**

Este método utiliza las sensibilidades o “letras griegas” asociadas a las opciones para medir los requerimientos de capital. Así, las posiciones delta equivalentes de cada opción se incorporan al cálculo de los requerimientos de acuerdo al Método Estándar; mientras que los cargos separados se aplican por sus riesgos gamma y vega⁴.

- **Enfoque de Escenarios**

El Comité de Basilea considera que las empresas más sofisticadas emplearán las técnicas de simulación para estimar los cambios en el valor de las opciones ante cambios en los niveles y volatilidad de sus subyacentes. El requerimiento por riesgo de mercado general estará determinado por el escenario “parrilla” (*grid*) (una combinación determinada de cambios en el subyacente y en la volatilidad) que produce la mayor pérdida. Mientras que el requerimiento por riesgo específico (para los riesgos de tasa de interés y moneda extranjera), al igual que con el Método Delta-Plus, se incorporará la posición delta equivalente.

3.1.3 Modelos Internos

De acuerdo al Comité, las empresas usarán modelos internos para calcular el requerimiento patrimonial por riesgos de mercado, sólo cuando cuenten con la aprobación explícita de su supervisor. El supervisor concederá su aprobación, siempre que, como mínimo, se cumpla lo siguiente:

- El sistema de administración de riesgos de la empresa es conceptualmente adecuado y ha sido implementado con integridad (estándares cualitativos).
- La empresa mantiene un número de funcionarios entrenados en el uso de modelos internos sofisticados no sólo en Front Office, sino también en la Unidad de Riesgos, Auditoría y, si es necesario en el Back Office.
- Los modelos de la empresa, de acuerdo al juicio del supervisor, tienen un récord probado de precisión razonable.
- La empresa realiza regularmente pruebas de estrés.

³ Para opciones con un vencimiento residual mayor a 6 meses, el precio *strike* o de ejecución debe compararse con el precio *forward*, no el spot. Caso contrario, debe considerarse cero el valor in-the-money.

⁴ No se aplica cargo de capital específico por rho ni por theta; pero las empresas son libres de incorporar los.



Estándares Cualitativos

Los supervisores deben establecer un número de criterios cualitativos que las empresas deben cumplir antes de poder utilizar sus modelos internos para la asignación de capital por riesgos de mercado. Dependiendo de qué tan bien satisfacen estos estándares, aumentará o disminuirá el factor de multiplicación a los resultados del modelo.

En primer lugar, la empresa debe tener una Unidad de Riesgos independiente responsable del diseño y adopción del sistema de administración de riesgos. Esta unidad producirá y analizará reportes diarios sobre los resultados de los modelos internos, incluyendo una evaluación de la relación entre medidas de riesgo y límites al *trading*. La Unidad de Riesgos deberá ser independiente del Front Office y reportar directamente a la Alta Gerencia. Asimismo, deberá regularmente realizar pruebas de análisis retrospectivo (*back-testing*) a los modelos. El Directorio y la Alta Gerencia deben participar activamente en el proceso de control de riesgos, debiendo considerar este proceso como un aspecto esencial de su negocio y al cual se le deben asignar los recursos necesarios. Al respecto, quien reciba los reportes diarios de la Unidad de Riesgos debe tener la autoridad y nivel requeridos para poder ordenar reducciones tanto en las posiciones de los *traders* como en la exposición general a riesgos de la empresa.

En cuanto al modelo de medición de riesgos de la empresa, éste debe estar integrado con el proceso de administración de riesgos del día a día. Sus resultados deben, por tanto, constituir una parte integral del proceso de planeamiento, seguimiento y control del perfil del banco en riesgos de mercado.

Es importante indicar que el sistema de medición de riesgos debe ser usado en conjunto con límites internos al *trading* y a la exposición. Tanto los *traders* como la Alta Gerencia deben entender completamente estos límites, que deben ser consistentes en el tiempo.

Como rutina, se deben realizar exámenes de estrés como un suplemento al análisis de riesgos basado en los resultados diarios del modelo. Los resultados de este *stress-testing* deben ser revisados periódicamente por la Alta Gerencia con el fin de reflejarlos en las políticas y límites.

Las empresas deben tener una rutina establecida para asegurar el cumplimiento con un conjunto de políticas internas, con los controles y con procedimientos relacionados a la operación del sistema de medición de riesgos. En ese sentido, el sistema de medición de riesgos debe estar bien documentado, por ejemplo, a través de un manual de administración de riesgos, en donde se describan los principios básicos del sistema de administración de riesgos y donde se explique las técnicas empíricas usadas para la medición de los riesgos de mercado.

Finalmente, el proceso de auditoría de la empresa debe incluir una revisión completa independiente del sistema de medición de riesgos de la empresa, al menos con periodicidad. Esta revisión debe abarcar tanto las unidades de negocios como a la Unidad de Riesgos.

Especificación de los Factores de Riesgo

Según el Comité, una parte esencial del sistema de medición de riesgos de una empresa es la especificación de un conjunto apropiado de factores de riesgo. Por factores de riesgo se entienden las variables de mercado que afectan el valor de las posiciones de trading. Los factores de riesgo deben capturar los riesgos inherentes en el portafolio de la empresa, dentro y fuera del Balance. Aunque las empresas son libres de especificar sus propios factores, el Comité de Basilea establece algunos lineamientos a seguir.

Riesgo de Moneda Extranjera

Toda posición neta en una moneda diferente a la local (incluyendo el oro) introduce riesgo. Por tanto, por cada moneda con posición significativa, debe existir un factor de riesgo asociado a cada tipo de cambio.



Estándares Cuantitativos

De acuerdo al Comité de Basilea, las empresas tendrán flexibilidad para idear la naturaleza de sus modelos. No obstante, para el cálculo del requerimiento de capital, deben cumplir un mínimo de estándares cuantitativos:

- El “Valor en Riesgo” (VaR, por sus siglas en inglés) debe computarse diariamente.
- El VaR se debe calcular al 99% de confianza del intervalo usado y con un período de tenencia mínimo de 10 días.
- La muestra de datos para estimar el VaR debe contener al menos un año, salvo que el supervisor considere lo contrario.
- La actualización de la data no debe ser con frecuencia menor a una vez cada tres meses, así como cada vez que los precios de mercado sufran cambios materiales.
- La metodología usada para el cálculo del VAR es decisión de la empresa: Matrices de Varianzas y Covarianzas, Simulación Histórica o Simulaciones de Montecarlo.
- Las empresas deben capturar las características de riesgo propias de las opciones como su comportamiento no lineal y su riesgo vega.
- Diariamente, cada empresa debe asignar un requerimiento de capital equivalente al factor de multiplicación por el número que resulte mayor entre la medida VaR del día previo y el VaR promedio de los últimos 60 días útiles.
- El factor de multiplicación será fijado por el supervisor dependiendo de qué tan adecuado sea el sistema de administración de riesgos de mercado de la empresa. Pero, como mínimo, éste será de 3.
- Dependiendo de los resultados del *back-testing* realizado e interpretado según ha determinado el Comité de Basilea en su publicación “Supervisory framework for the use of back-testing in the conjunction with internal models approach to market risk capital requirements” disponible en <http://www.bis.org/>, se añadirá un plus al factor de multiplicación, el cual variará entre 0 y 1.

Pruebas de Estrés

El Comité opina que rutinariamente se deben realizar exámenes de estrés como un suplemento al análisis de riesgos basado en los resultados diarios de los modelos internos. Al respecto, los escenarios de estrés deben cubrir un rango de factores que creen pérdidas o ganancias extraordinarias en los portafolios o que vuelvan el control de sus riesgos muy difícil. En ese sentido, estos factores deben incluir eventos de baja probabilidad en todos los principales tipos de riesgo, como son los de mercado, crédito y operativos.

Las pruebas de estrés deben ser de naturaleza cuantitativa y cualitativas, incorporando tanto aspectos de riesgos de mercado como de liquidez en los disturbios de mercado. Los criterios cualitativos deben enfatizar que las dos metas principales de las pruebas de estrés son evaluar la capacidad para absorber las pérdidas potenciales e identificar los pasos a tomar para reducir los riesgos y preservar el capital. Este juicio debe integrar la revisión periódica del sistema de administración de riesgos.

Cabe notar que el Comité sostiene que los supervisores pueden requerir a las empresas que provean información sobre pruebas de estrés de tres grandes tipos:



- Escenarios del supervisor que no requieren simulaciones por parte de la empresa: Las pérdidas conocidas más grandes experimentadas por la empresa, que se compararán con el capital para determinar, por ejemplo, el número de días que resiste.
- Escenarios requeridos por el supervisor: Por ejemplo, escenarios que pongan a prueba el portafolio actual a períodos pasados de gran turbulencia, incorporando tanto los movimientos extremos en los precios como la reducción abrupta en la liquidez del mercado. Otro escenario podría considerar cambios en los supuestos sobre volatilidades y correlaciones.
- Escenarios desarrollados por la misma empresa de acuerdo a las características específicas de su portafolio.

Validación Externa

La validación de la precisión de los modelos, incluyendo la razonabilidad de los supuestos, realizada por auditores externos o supervisores debe como mínimo incluir los siguientes pasos:

- Verificar que el proceso de validación ejecutado por Auditoría Interna esté funcionando satisfactoriamente.
- Asegurar que la formulación usada en el proceso de cálculo, así como en la determinación de los precios de opciones y de cualquier otro instrumento complicado de valorar, esté siendo validada por una unidad calificada e independiente del Front Office.
- Confirmar que la estructura de los modelos internos es adecuada con respecto a las actividades y cobertura geográfica de la empresa.
- Revisar los resultados del *back-testing* para asegurar que los modelos proveen mediciones confiables de pérdidas en el tiempo. Esto implica que los resultados e insumos del cálculo del VaR deben estar a disposición del supervisor y de los auditores externos.
- Asegurar que los flujos de información y procesos asociados al sistema de medición de riesgos sean transparentes y accesibles. Los supervisores externos y auditores deben estar en capacidad de poder acceder, cuando lo juzguen necesario, a las especificaciones y parámetros de los modelos.

3.2. Modelo de Valor en Riesgo

3.2.1 Definiciones

Como se mencionó en la sección anterior, una serie de entidades financieras han visto disminuir su patrimonio fuertemente, y en algunos casos quebrar, ante pérdidas ocasionadas por movimientos no esperados en los precios de mercado. Recientemente, en febrero de 2002, el Allied Irish Banks (AIB) perdió aproximadamente unos US\$ 750 millones en el mercado de divisas.

En la mayoría de estos casos existió una muy débil gestión o monitoreo de la exposición de la empresa a los riesgos de mercado. Así, desde mediados de la segunda parte de la década de los 90 las empresas expuestas a riesgos financieros vienen incorporando modelos que midan riesgos. Específicamente, el uso del Valor en Riesgo (VaR) viene constituyéndose en un estándar del mercado, ello obedecería a que el VaR es una herramienta directa, entendible y simple para calcular y controlar los riesgos de mercado. Luego, de acuerdo a la perspectiva respecto a la gestión de riesgos, el VaR tendrá utilidad para distintos usuarios y propósitos: Reportes de Información, Asignación de Recursos, Evaluación de Performance, o Instituciones Financieras, Reguladores, Corporaciones no Financieras y Gestores de Activos.



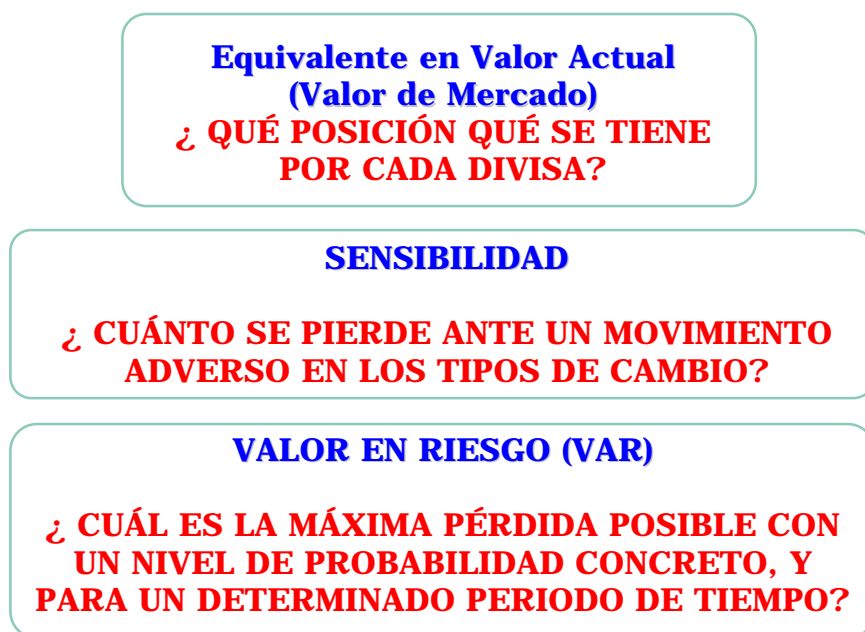
La definición estándar del VaR, que es la misma que emplea JP Morgan (<http://www.riskmetrics.com/products/system/risk/techdoc>) que inicialmente sistematizó y ofreció esta herramienta al mercado en 1994 a través de Riskmetrics, consiste en la cantidad máxima probable que se puede perder en una cartera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

El modelo de Valor en Riesgo es un método de valorar o medir riesgo que emplea técnicas estadísticas estándar que comúnmente se usan en otros campos técnicos. De manera formal, el VaR mide la peor pérdida esperada sobre un intervalo de tiempo dado bajo condiciones normales de mercado en un nivel de confianza estadística (o probabilidad estadística). Sustentado en sólidos fundamentos técnicos, el VaR otorga a sus usuarios una medida sumaria de los riesgos de mercado. Por ejemplo, un banco puede decir que el VaR diario de su portafolio de *trading* es de 40 millones de euros con un nivel de confianza de 99 por ciento. En otras palabras, existe únicamente una probabilidad de 1 en 100, bajo condiciones normales de mercado, para que suceda una pérdida mayor de 40 millones. Este único número resume la exposición del banco a los riesgos de mercado así como la probabilidad de un cambio adverso.

El siguiente diagrama plantea de manera resumida las fases que habría que seguir para, en el caso del riesgo cambiario, llegar a construir un modelo de Valor en Riesgo. Nótese que es condición necesaria que todas las posiciones estén llevadas a mercado, es por ello que en un principio el ámbito de aplicación de este tipo de modelos se circunscribe a las carteras de negociación o *trading*. No obstante ello, para un buen porcentaje del resto de los activos, pasivos y carteras de derivados no debería resultar complicado estimar un aproximado de su valor mercado de tal forma que esta aplicación se pueda hacer extensiva a una proporción significativa del balance. Inclusive, una serie de empresas financieras no bancarias, que deben valorizar permanentemente sus activos o fondos, hacen una evaluación de sus posiciones *mark to market* o *mark to model*, esto último para casos de instrumentos con mercados poco líquidos, con lo que están encaminadas a poder realizar o aplicar el VaR.

El siguiente diagrama se puede dividir en una estructura conformada por insumos, tipos de modelo y resultados o producto final.

MODELOS DE MEDICIÓN DEL RIESGO





3.2.2 Insumos del Modelo

En lo referente a los insumos, a su vez puede estructurarse según los parámetros de la entidad, de mercado y del modelo.

Parámetros de la Entidad

Los parámetros de la entidad corresponden, básicamente, a la determinación de las posiciones largas o cortas que se tengan por divisa en cada instrumento:

- divisas contado,
- divisas plazo,
- currency swaps,
- opciones sobre divisas,
- y en general activos y pasivos en moneda extranjera que puedan valorizarse a mercado, tal que sea posible -en otra etapa- obtenerse la posición neta a valor de mercado en cada divisa o subyacente.

Parámetros del Mercado

Los parámetros de mercado se refieren a la obtención y análisis de todas las variables de mercado (tasas, tipos, etc) que permita la valorización de las posiciones u obtener las volatilidades de cada factor de riesgo. El análisis de los retornos de los factores de riesgo permitirá la hipótesis de la distribución relativamente simétrica aunque es conocido que los retornos de los tipos de cambio siguen distribuciones con más observaciones en su media y en la colas (*fat tail*). Así, el riesgo cambiario de una cartera dependerá también de la variabilidad (volatilidad) de los movimientos de las divisas y la correlación entre dichos movimientos.

El cálculo de la variabilidad (volatilidad) futura tendrá tres formas de cálculo:

- Volatilidad Histórica: media móvil simple⁵ (ponderan igual cada observación, se cambia la muestra permaneciendo constante el número de observaciones) y de media móvil ponderada exponencialmente (tipo Riskmetrics) que ponderan más la información reciente.
- Volatilidad Implícita: dada la existencia de precios para opciones y que los modelos que generan estos precios sean válidos.
- Volatilidad Futura Estimada: modelos tipo ARCH o GARCH, opinión de expertos, etc.

Parámetros del Modelo

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

⁵ El Banco de Pagos Internacionales de Basilea permite el uso de medias móviles simples de las series de los retornos de los subyacentes para calcular la volatilidad futura.



Horizonte Temporal

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

Periodo de Observación

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

Nivel de Confianza

En cuanto al nivel de confianza, este se refiere al grado de protección que se considera adecuado frente a posibles movimientos adversos de los tipos de cambio y en ese sentido parece arbitrario aunque lo aconsejable sería optar por una posición prudente o conservadora.

Suponiendo un determinado nivel de confianza (c%), se define el VaR a la máxima pérdida estimada durante un periodo de tiempo prefijado. El nivel de confianza se define como la probabilidad de que no se alcance el nivel de pérdidas definido por el VaR. Por tanto, la variación del valor de la cartera -ante cambios en los precios de mercado- tal que se obtenga una pérdida superior al VaR lleva una probabilidad de (1-c)%.

El VaR se expresa usualmente en valor absoluto, tal que

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

Al construirse la distribución de probabilidades para el VaR, una forma de entender la máxima pérdida esperada (VaR) es a través de aproximarla como la máxima pérdida inesperada menos la variación esperada del valor de la cartera (beneficios esperados).

Así, dado un k igual a un número de desviaciones típicas, que dependerá de un nivel de confianza determinado, la máxima pérdida esperada diaria del valor de la cartera (V_o) vendrá dado por:

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

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

3.2.3 Tipos de Modelo

Con relación a los tipos de modelo, los sistemas de medición de riesgos pueden emplear alguna alternativa de Valor en Riesgo u otro tipo de modelo. El modelo de Valor en Riesgo distingue entre tres tipos de metodologías: el Modelo de Varianzas y Covarianzas (su versión más empleada sería la de Riskmetrics), el Modelo de Simulación Histórica y el Modelo Simulación de Montecarlo. Cada uno de estos métodos produce una estimada exposición de VaR y pueden ser estructurados de acuerdo a las especificaciones o restricciones establecidas por la Enmienda del Acuerdo de Capital del BIS (Market Risk Amendment). Sin embargo, existen considerables diferencias en cómo es aplicada cada una así como la razonabilidad de cada una de ellas según la estructura o complejidad del portafolio o cartera.

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

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

Modelo de Varianzas y Covarianzas

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

En la aplicación de la metodología de Varianzas y Covarianzas, y también algunos Métodos Numéricos, se hace necesario definir previamente el tipo de comportamiento que siguen los subyacentes (factores de riesgo) que intervienen en los resultados de la posición y determinar la expresión de la función de probabilidad. Lo usual en este tipo de aplicaciones es considerar que el comportamiento del precio de los activos financieros sigue una distribución lognormal y que los retornos continuos del activo siguen una distribución aproximadamente normal (independiente e idénticamente distribuida), lo cual puede constituir una limitación, no obstante que facilita el tratamiento de carteras compuesta por activos “normales”.

Una vez que se sabe o se aproxima la función de distribución del activo subyacente será posible calcular los puntos correspondientes a los distintos intervalos de confianza. Es decir, dada una distribución normal de media $\bar{\omega}$ y desviación estándar σ se obtendrá un intervalo de confianza determinado (número de veces de σ).

Así,

VaR cambiario de un instrumento concreto para un horizonte temporal de 10 días:

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

Donde,

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



VA_i = valor actual en dólares del instrumento i

σ = volatilidad diaria

HP = holding period, que la Enmienda de Riesgos de Mercado (BIS) ubica en 10 días

VaR de una cartera:

$$VaR_c = (V * C * V')^{1/2}$$

Donde,

V = vector del VaR por instrumento

C = matriz de coeficientes de correlación

ρ = coeficiente de correlación, calculado como:

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

Además del supuesto de la distribución normal para el retorno del activo subyacente (tipo de cambio), otras limitaciones de este modelo vienen dadas por la presunción de que las correlaciones permanecerán constantes durante el horizonte temporal del VaR. Correlaciones calculadas dividiendo la covarianza de los pares de rendimientos entre el producto de las desviaciones estándar de los rendimientos de cada divisa, de allí una explicación del nombre del método.

Una crítica usual es que esta metodología hace una pobre estimación de los instrumentos con opciones implícitas o explícitas u otro tipo de instrumento no lineal, pues este método supone ausencia de posiciones con comportamiento no lineal. Esta debilidad podrá ser mitigada en alguna magnitud, reduciendo el horizonte temporal del VaR.

Este tipo de aplicaciones puede ser recomendado cuando se tienen carteras poco complejas, que es todavía el caso de los portafolios de las empresas financieras del mercado peruano. Aunque habrá que tener en cuenta los recursos de capital humano capacitado, los sistemas computacionales a disposición y la capacidad de la alta dirección y gerencia para entender los resultados, ventajas y limitaciones de esta herramienta cuantitativa.

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

Modelo de Simulación Histórica

En esta técnica se tomarán como escenarios futuros cada uno de los escenarios de variación de los factores de riesgo que tuvieron lugar en el periodo de observación considerado. Así, no es necesario asumir ningún supuesto o hipótesis sobre el modelo de comportamiento debido a que se toman como escenarios los cambios que realmente sucedieron un determinado día para todos los factores de riesgo.

Es decir, se toman las series históricas de precios y de cambios en los factores de mercado (como mínimo un año de data diaria) para aplicarlos al portafolio o cartera actual, ello dará también una serie de cambios teóricos o números VaR teóricos. Luego, estos VaR serán ordenados por sus magnitudes de pérdidas esperadas tal que las

pérdidas que ocurran 1%, 2%, 3%, etc, de la veces pueden ser identificadas. Por ejemplo, si la pérdida más grande de 100 números VaR es US\$ 600,000 entonces al 99% de confianza estadística se obtendría un VaR menor a esa cantidad; en otras palabras, esa institución tendría esa pérdida (o mayor) el 1% por ciento de las veces.

Como todas las metodologías, existen potenciales limitaciones a este método que tienen que ver con la confianza de la potencialidad de la data sobre las sensibilidades y una necesidad de la existencia, disposición y calidad de toda la data histórica, debidamente sistematizada junto a sus aplicativos, para todos los instrumentos. Cuando se usa el VaR histórico, a menudo se arguye que las más recientes volatilidades de los precios son más relevantes que las antiguas volatilidades. Así, es común observar que se usen enfoques con ponderaciones donde se pondere con un mayor peso a la más reciente desviación estándar. Según el Market Risk Amendment, la data debe ser actualizada al menos cada tres meses y aún más a menudo si se observa un periodo de continuos cambios significativos en los precios o las volatilidades.

Modelo de Simulación de Montecarlo

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

La Simulación de Montecarlo luce como una multitud de posibles senderos para los precios tal que se llega a una distribución de precios esperada. Este método ofrece una gran versatilidad o flexibilidad para la valoración y simulación sobre instrumentos complejos o no lineales como la opciones financieras por ejemplo.

La aplicación de este tipo de simulación requiere de recursos computacionales y temporales. Donde reside una de sus desventajas cualitativas más importante es el método más difícil de explicar a la alta dirección de las instituciones.

Como comentario de cierre de esta sección de tipos de modelos es importante señalar que cada uno de ellos requiere o plantea decisiones respecto al horizonte temporal y nivel de confianza estadística. Los usuarios también deben considerar como elementos relevantes para decidir por uno de estos métodos al tipo de estructura de sus carteras de inversión (simples o complejas), capacidad del capital humano, recursos computacionales y la capacidad de entendimiento de la alta dirección de la institución.

Por ejemplo, para carteras poco complejas y una alta dirección o gerencia no muy familiarizada con estos temas, tal vez sea más recomendable el método de varianzas y covarianzas por salvar relativamente los elementos de decisión entre los modelos y no los métodos de simulación. Si las carteras son complejas entonces los métodos de simulación serán una mejor elección, aunque si en este caso la capacidad computacional es una seria restricción entonces se podría evaluar postergar el método de Montecarlo.

3.2.4 Resultados

Del cumplimiento y dinámica de las dos etapas posteriores se llegaría a la obtención de los resultados del Valor en Riesgo para una cartera de posiciones. Resultados o números que gozan de una serie de utilidades pero también de limitaciones. En general, hay que ver al VaR como una de las muchas herramientas de gestión de riesgos que debe usar la empresa. El número VaR diario no resume la gestión de los riesgos, es sólo una de las herramientas cuantitativas que se debe poseer y recalcar que el aspecto cualitativo de la gestión de riesgos es un elemento igual o más importante que la batería de herramientas cuantitativas, tal como la historia financiera reciente ha demostrado con una serie de quiebras o pérdidas impresionantes.



Sus principales ventajas del VaR se centran en que condensa en un número el riesgo de un portafolio o carteras, provee una herramienta de comparación de los riesgos en diferentes mercados y en diferentes clases de activos, y que captura el efecto positivo de la diversificación a través de la correlación entre instrumentos.

Las principales limitaciones sobre los resultados de la mayoría de los modelos VaR se encuentran en que en su aplicación se asume que los factores de riesgo están normalmente distribuidos (cuál sería la medida de riesgo si se relaja el supuesto de normalidad), asumen que las varianzas y correlaciones históricas son buenos predictores de las varianzas y correlaciones futuras, no identifican la fuente o componente de riesgo (uno o pocos factores de riesgo, sub-portafolios, o *traders*) y que no cuantifican cuán grande sería la pérdida bajo un movimiento extremo en los precios.

4. Aplicación del VaR por Riesgo Cambiario

4.1. Elección del Tipo de Modelo VaR, Insumos y Data

En este capítulo se van a desarrollar ejemplos de aplicación de VaR tanto para instrumentos individuales como por Cartera de instrumentos. Antes de ello se van a establecer algunas condiciones y/o supuestos sobre los tipos de modelo e insumos para efectuar dichos ejercicios.

4.1.1 Consideraciones sobre el Tipo de Modelo de VaR

Por un lado, habrá que tener en cuenta que el mercado de aplicación es el mercado de financiero peruano donde, a la fecha, las empresas transan y adquieren una serie de instrumentos relativamente simples (acciones, certificados de depósitos del Banco Central, bonos no estructurados en moneda local y extranjera, bonos cupón cero, participaciones en fondos de inversión y mutuos) para sus carteras de *trading*, disponible para la venta y a vencimiento. Inclusive debe tenerse en cuenta que los principales instrumentos derivados en sus carteras son los *forwards* de moneda extranjera y muy pocos *swaps* de monedas y tasas de interés, no se transan algún tipo de opciones. Es decir, son carteras o portafolios nada complejos lo cual en principio alentaría el uso de modelos analíticos tipo el de varianzas y covarianzas.

De otro lado, esta será un *set* de aplicaciones para el caso del riesgo cambiario. En este sentido, como se vio en el análisis estadístico, estacionariedad y normalidad, efectuado en el primer capítulo para los retornos de divisas (euro, yen y sol), la evidencia mostraría que las características estadísticas de los procesos estocásticos que gobiernan los retornos de dichas divisas son relativamente similares (procesos estacionarios y que sus distribuciones se aproximarían más a una normal que a otro tipo de distribución, aunque mostrando la usual leptocurtosis) y que en ese sentido para ese tipo de subyacente se puede tolerar el supuesto de la normalidad y por tanto el uso del VaR analítico para la medición del riesgo cambiario.

También hay que considerar en la elección del tipo de modelo a otros factores como la capacidad del capital humano, recursos computacionales y la capacidad de entendimiento de la alta dirección de la institución. En ese sentido, además del argumento de carteras poco complejas, la alta dirección o gerencia de las empresas financieras del Perú son un tanto heterogéneas respecto a su familiarización con estos temas de gestión de riesgos financieros, por ello tal vez sea más recomendable, en promedio y en principio, el método de varianzas y covarianzas. Cuando las carteras sean complejas entonces los métodos de simulación serán una mejor elección, aunque si en este caso la capacidad computacional es una seria restricción –como debe serlo actualmente– entonces ello no facilitaría el uso del método de Montecarlo.

Entonces, de acuerdo al análisis previo, parece razonable plantear la aplicación del Modelo de Varianzas y Covarianzas en un entorno como el descrito, que caracteriza a un mercado emergente.

4.1.2 Insumos y Data

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

Parámetros de la Entidad

En principio, la data y registro de los posiciones por divisas de cada empresa es algo que si se encuentra bien sistematizado en el mercado peruano. Por ejemplo, los bancos deben enviar por medios electrónicos con periodicidad semanal las carteras de derivados financieros y de inversiones al supervisor. La contabilidad de estas carteras sigue normas internacionales de registro estándares (NIC 39, FAS 115, FAS 133, etc), donde para las carteras relevantes se sigue el principio de valorizar las posiciones a mercado (*mark to market*). Respecto al total de posiciones expuesta por cada divisa extranjera para toda la hoja de balance y fuera de balance, la remisión por medios electrónicos es mensual mientras que la exposición global neta en moneda extranjera se remite diariamente por ese medio.

Parámetros del Modelo

En cuanto los parámetros del Modelo, lo razonable y prudencial tanto para la gestión de riesgos financieros de la empresa como para la labor del supervisor es asumir lo recomendado por el Acuerdo de Basilea de Riesgos de Mercado (ver estándares cuantitativos del capítulo 2). Allí se establece, entre otros, un periodo de observación de al menos 252 datos diarios recientes, un nivel de significancia estadística del 99 por ciento y un horizonte temporal de 10 días. Adicionalmente se establece un factor multiplicativo para el número VaR (al menos 3 veces) y una restricción comparativa entre el VaR del día previo y la media de los últimos 60 resultados diarios.

Parámetros de Mercado

Estos parámetros están circunscritos básicamente a los tipos de cambio, sus retornos, las correlaciones entre los retornos de las divisas y las volatilidades. Directamente la gestión deberá ser permanente sobre el análisis de las correlaciones y la elección de la forma más útil de cálculo de las volatilidades. Respeto a los parámetros de los retornos, sólo mencionar que las estimaciones realizadas en este trabajo señalan un retorno diario del Sol/Dólar con media cero y una volatilidad histórica de 0,27% para la muestra en cuestión (1999-2002), menor respecto a las otras series. Si se toma una muestra de los últimos 252 datos diarios disponibles al cierre de abril de 2002, la media de los retornos se sitúa en cero y la volatilidad diaria en 0,19%.

El análisis de las correlaciones debe darle prioridad a la estabilidad de estos parámetros, una de las críticas más comunes es que las correlaciones históricas no sirven, se rompen en los escenarios poco usuales. Es decir, se esperaría que las correlaciones de los retornos de las diferentes divisas cambien inesperadamente ante determinadas coyunturas, de *shock* por ejemplo, y que ese efecto tenga un impacto significativo en el resultado del número VaR. Sin embargo, las tesorerías más activas de las empresas financieras peruanas negocian mayoritariamente en instrumentos en soles o en dólares americanos, las posiciones en otro tipo de divisas no llegan a ser significativas.

En el futuro con el fortalecimiento del euro así como el incremento de los flujos comerciales en dicha divisa implicará un mayor análisis y seguimiento en sus correlaciones. Así, el análisis de la estabilidad de las correlaciones entre divisas no parece ser un hecho relevante para la gestión del riesgo cambiario para las empresas que operan en plaza peruana.



La elección del tipo de cálculo de la volatilidad es relevante para la aplicación del VaR, es decir, se debe utilizar el mejor predictor de la varianza del retorno. Las alternativas se han planteado en páginas anteriores: volatilidad histórica, volatilidad implícita, consenso de especialistas o estimaciones del tipo ARCH o GARCH.

En este sentido, habrá que tener en cuenta las críticas teóricas, la evidencia empírica y las particularidades del mercado peruano. Algunas consideraciones se pueden plantear:

1. La evidencia empírica sobre las volatilidades históricas muestra que son relativamente inestables (ver el siguiente cuadro sobre volatilidades punto a punto). No obstante, la permanente actualización de la muestra relativiza este problema tal como se aprecia en el gráfico sobre la trayectoria continua de la volatilidad en el capítulo 1 donde se observa un comportamiento suave para el promedio móvil simple del retorno del sol.

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

El promedio móvil simple esta expuesto a dos problemas: por un lado, los *outliers* afectan durante todo su permanencia el valor de la volatilidad y de otro lado, este método ignora el orden de los datos y por tanto las propiedades dinámicas de la serie, este segundo problema puede superarse a través de la utilización de modelos tipo GARCH.

Mientras que el promedio móvil ponderado, empleado por Riskmetrics, estará sujeto al cálculo del factor de ponderación (“*decay factor*”)⁶, que es el elemento que privilegia la información reciente y permite eliminar o disminuir el efecto del *outlier* rápidamente. Otra crítica usual es que *shocks* afectarían su trayectoria, es decir, volatilidades -y correlaciones- del pasado no sirven para los periodos de crisis.

Volatilidad diaria de los Retornos (Divisa / Dólar)				
	<u>1999</u>	<u>2000</u>	<u>2001</u>	<u>2002 *</u>
Euro	0.60%	0.76%	0.72%	0.49%
Yen	0.83%	0.63%	0.64%	0.63%
Sol	0.29%	0.25%	0.18%	0.15%

* Se empleó toda la data disponible diaria de cada año
En el caso de 2002, fue sobre los primeros 4 meses.

2. No existe un mercado de opciones para el retorno Sol/Dólar, por tanto no sería sencillo conseguir volatilidades implícitas.
3. Con respecto a la opinión de analistas o expertos, habría que sistematizar los distintos informes de coyuntura para que se genere una *proxy* de pronóstico de volatilidad del mercado y

⁶ El manual técnico de Riskmetrics propone un “decay factor” de 0.94 para predicciones diarias y de 0.97 para predicciones de volatilidad mensuales.

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

Luego, a manera de ejemplo de aplicación, se efectúa seguidamente una estimación de un modelo GARCH (Generalized ARCH⁷) para generar predictores de la volatilidad del retorno del tipo de cambio relevante, en este caso el Sol/Dólar, utilizando información condicional⁸, en este caso información sobre la estructura del término de error, que permita efectuar una estimación de la volatilidad de los rendimientos de la divisa en cuestión durante periodos cortos.

Para la especificación de los modelos GARCH se considera dos tipos de relaciones, una para la media condicional y otra para la varianza condicional.

La especificación del GARCH (1,1) considera:

$$(1) \quad r_t = x_t \gamma + \varepsilon_t$$

$$(2) \quad \sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

La ecuación (1) corresponde a la media del retorno -de la divisa- y esta en función de variables exógenas con un término de error.

En la ecuación (2), σ_t^2 es el pronóstico de la varianza un paso adelante basado en la información pasada, por ello llamada la varianza condicional y que esta en función de tres términos:

- la media ω
- el término ARCH = ε_{t-1}^2 , que representa la información sobre la volatilidad de los periodos previos medida como el rezago del residuo al cuadrado a partir de la ecuación de la media
- el término GARCH = σ_{t-1}^2 , que es el pronóstico de la varianza del periodo anterior

La especificación GARCH (1,1) esta referida a presencia de términos de primer orden tanto para el término ARCH cuanto para el término GARCH.

⁷ Los modelos ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) son diseñados específicamente para modelar y pronosticar varianzas condicionales. La varianza de la variable dependiente es modelada en función de los valores pasados de la propia variable dependiente como de las variables exógenas o independientes.

⁸ Lo de condicional se refiere a que se va a utilizar información adicional al momento de estimar la varianza, en comparación con la varianza incondicional de la muestra, que es una constante.



Estimación del Modelo GARCH(1,1) para el Retorno del Sol / Dólar

Dependent Variable: RSOL
 Meted: ML – ARCH
 Date: 04/27/02 Time: 23:22
 Sample(adjusted): 2 853
 Included observations: 852 after adjusting endpoints
 Convergence achieved after 29 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-8.42E-05	5.79E-05	-1.454513	0.1458
Variance Equation				
C	1.45E-07	1.46E-08	9.916202	0.0000
ARCH(1)	0.198253	0.013450	14.73965	0.0000
GARCH(1)	0.796331	0.009076	87.74330	0.0000
R-squared	-0.004640	Mean dependent var		0.000100
Adjusted R-squared	-0.008194	S.D. dependent var		0.002712
S.E. of regression	0.002723	Akaike info criterion		-9.559623
Sum squared resid	0.006287	Schwarz criterion		-9.537333
Log likelihood	4076.399	Durbin-Watson stat		1.983135

Esta especificación estimada tiene una explicación en el contexto financiero, donde el operador de mercados o *trader* predice la varianza del periodo formando un promedio ponderado de un término promedio (la constante), la varianza pronosticada del periodo pasado (el efecto GARCH) y la información de la volatilidad observada en el periodo previo (el efecto ARCH). Si el retorno del activo es inesperadamente elevado, ya sea en dirección alcista o bajista, entonces el *trader* incrementará el estimado de la varianza para el siguiente periodo.

Según los resultados de la estimación del GARCH (1,1), el ajuste parece bastante razonable y los estimadores serían los esperados, por tanto su uso sería adecuado como una opción adicional al empleo de volatilidades históricas (tipo Riskmetrics, por ejemplo) en la aplicación del VaR cambiario analítico. Esfuerzo que puede ser evaluado por los supervisores cuando se tratase de la medición interna de riesgos de la empresa en su gestión de riesgos financieros.

4.2. Aplicación del VaR por Instrumentos de Tesorería y Cartera de Inversión

En esta parte se desarrollan aplicaciones de VaR por posición en instrumentos como por cartera. Para ello se tomará como enfoque a la metodología de varianzas y covarianzas, tal como se desprende del análisis previo sobre la razonabilidad de dicha metodología para el entorno de un mercado emergente como el peruano.

No obstante, para el primer ejemplo de instrumentos o posición neta en una divisa también se realizó una estimación del enfoque numérico mediante la aproximación de una Simulación de Montecarlo.

Cabe señalar que el punto básico es tener las diferentes posiciones en divisas a valor de mercado, luego ya es seguir el procedimiento para cada caso.

4.2.1. Aplicación por Instrumento

De acuerdo al enfoque de varianzas y covarianzas, el VaR cambiario de un instrumento concreto para un horizonte temporal de 10 días quedaría en general como sigue:

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

Donde,

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

VA_i = valor actual (valor de mercado) en dólares del instrumento _i

σ = volatilidad diaria

A1.1. Caso de una posición spot de 100 millones en US dólares⁹ con Varianzas y Covarianzas:

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

σ = 0.19%

NC (99%) = 2.33 veces la volatilidad

Tipo de cambio spot = 3.5 soles por dólar.

Entonces, VaR_i (99%) = 100 * 0.19% * 2.33 * (1)^{1/2} = US\$ 443 mil = S/. 1.5 millones

A1.2. Caso de una posición spot de 100 millones en US dólares con Simulación de Montecarlo:

La misma posición del ejemplo anterior puede ser medida en riesgo desde un enfoque numérico, para ello se llevo a cabo una aproximación de Simulación de Montecarlo, donde se siguió la metodología Box Muller para la generación de números aleatorios con distribución normal.

Parte del procedimiento consiste en efectuar múltiples simulaciones (10,000 para el ejemplo) sobre el comportamiento futuro de la volatilidad diaria a través de la generación de números aleatorios imponiendo un rango de valores mínimo y máximo de acuerdo a su historia diaria de los últimos cuatro años. Luego se generaron las respectivas iteraciones para el VaR bajo los demás similares supuestos.

En el cuadro adjunto, extracto de la hoja del programa¹⁰ que se adaptó para la medición del riesgo cambiario, se presenta el resultado promedio del VaR (la media) teniendo en cuenta que el conjunto de números VaR obtenidos se comportan como una distribución normal.

Iteraciones		<input type="text" value="10000"/>	
Rango de Cambio de la Volatilidad del Rendimiento Sol / Dólar	Max	<input type="text" value="50"/>	pbs
	Min	<input type="text" value="10"/>	pbs
Rango de Cambio de la Volatilidad del Rendimiento Sol / Euro	Max	<input type="text" value="150"/>	pbs
	Min	<input type="text" value="15"/>	pbs
Volatilidad Vasicek Sol / Dólar		<input type="text" value="1%"/>	
Volatilidad Vasicek Sol / Euro		<input type="text" value="1%"/>	

707.7 en US\$
 Value At Risk
Simulación

⁹ Este ejemplo puede aplicarse también para una posición en acciones expresadas en divisas distintas al sol peruano, por ejemplo stocks o ADRs en bolsas extranjeras líquidas.

¹⁰ Programa que se basó en el desarrollado por Mariano Brizzi (UAM, junio de 2002) para realizar una Simulación de Montecarlo en la Gestión del Riesgo de Tasa de Interés.



El resultado según la aproximación de Simulación de Montecarlo, efectuada en principio sólo para la posición neta en dólares, es mayor que la de Varianzas y Covarianzas. Cabe señalar que los resultados en si no son comparables, el enfoque de cada metodología es distinto –inclusive respecto al método de Simulación Histórica– así como existen otras fuentes de discrepancias.

También cabe señalar que, en este caso de aplicación no paramétrica se han simulado los *shocks* sobre la volatilidad, esto podría justificarse desde que el instrumento a medir su riesgo tiene factores de riesgo lineales. En el caso de instrumentos con factores de riesgo no lineales, tipo opciones, la simulación debería darse sobre el subyacente.

De otro lado, desde una perspectiva cualitativa, la metodología de Simulación de Montecarlo resulta a priori complicada de ser transmitida a la alta dirección de las empresas. Además que probablemente sea la alternativa que mas recursos demande en términos de sistemas y capital humano.

A2. Caso de opciones, un call y una put, cada una sobre 100 millones en US dólares.

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

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

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

PRIMA CALL	0.01
------------	------

PRIMA PUT	0.013
-----------	-------

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

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

A2.1 El Efecto de las Griegas

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

En particular, la medición del riesgo de las opciones se sustenta -en primer término- en la relación lineal entre la evolución del valor de la opción y el precio del activo subyacente (efecto delta). Luego, la medición necesita considerar tanto la convexidad de la opción (efecto gamma) como el riesgo que se genera de los cambios en la volatilidad del subyacente (efecto vega).

La medición del riesgo de las opciones en divisas, el riesgo derivado de las griegas, también se puede aproximar a través del VaR. Para ello, Jorion (1997) propone una estimación VaR para medir los efectos -delta y los efectos no lineales gamma y vega- en las opciones financieras.

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

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

donde

V = valor de la opción

S = subyacente

δ = sensibilidad delta

Γ = sensibilidad gamma

Λ = sensibilidad vega

Efecto Delta

Así, para el caso de la compra de la opción *call*, el cálculo de la posición equivalente en divisas o sensibilidad delta¹¹ sería:

Nominal de la Opción = 100 millones de US\$

$$\delta = + 0.5153$$

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

Entonces los datos para una aplicación del VaR¹², sólo por el efecto delta (posición equivalente en la divisa respectiva), quedarían en:

$$VA_i = 51.5 \text{ millones de US\$}$$

$$\sigma = 1.0\%$$

$$NC (99\%) = 2.33 \text{ veces la volatilidad}$$

¹¹ El coeficiente delta también se asocia a la probabilidad de ejercicio de la opción, aunque ello no necesariamente se cumple para las opciones del tipo exóticas.

¹² Cabe señalar que, las posiciones delta neta por divisas se agregarán a las posiciones en las divisas respectivas, para de allí finalmente tener las posiciones sobre las cuales medir el riesgo cambiario, es decir, las posiciones sobre las cuales aplicar el VaR.



Tipo de cambio spot = 3.46 soles por dólar.

Horizonte temporal = 10 días

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

Como ya se mencionó, esta aplicación deberá llevarse a cabo para todos los factores de riesgo provenientes del tipo de cambio, es decir, hacerse no sólo para la delta de la opción sino también para la gamma y la vega..

Efecto Gamma

Esta sección trata sobre la aplicación del VaR paramétrico del riesgo que se genera de la convexidad de las opciones en divisas (la gamma es conocida como “la delta de la delta”), formalizado como:

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

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

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

Quedando el Riesgo Gamma como sigue:

$$\text{Riesgo Gamma} = (\Gamma / 2) * (2.33 * S * \sigma)^2$$

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

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

El cálculo realizado para el efecto convexidad sobre el valor de la opción debe tener en cuenta que su impacto es distinto si es una opción comprada o si es una opción vendida. Si la opción es comprada entonces la gamma es positiva pues actúa a favor del precio de la opción. Si la opción es vendida entonces la gamma (efecto convexidad) es de signo negativo pues impacta en contra del precio de la opción, constituyéndose este caso en el factor de riesgo a considerar.

En ese sentido, la existencia de una cartera con gamma negativa requiere una cobertura muy precisa con permanentes operaciones de compras y ventas de subyacente para reducir el riesgo. La cobertura de gammas negativas es posible mediante la compra de opciones, gamma positiva, pero ello será factible si la cobertura tiene el mismo plazo de vencimiento.

Efecto Vega

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

$$\Lambda * \Delta \sigma$$

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

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

Donde la expresión $\sigma * (\Delta\sigma / \sigma)$ mide la variación en el nivel de la volatilidad implícita¹³ que se cotiza en el mercado en puntos básicos (p.b), es decir, aproximadamente la volatilidad de la volatilidad implícita. Para ello se debería primero generar una serie para la volatilidad implícita (252 observaciones o una muestra histórica amplia) y de allí calcular la volatilidad de dicha serie.

Suponiendo, para el ejemplo, que:

la volatilidad implícita es igual a la histórica = 1%

la volatilidad de la volatilidad implícita = 5% y

$\Lambda = 1.38$ (calculada a 100 puntos básicos)

entonces:

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

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

En ese sentido, queda claro que para fines de manejo de riesgos financieros es relevante un seguimiento permanente de las carteras vendedoras de vega, pues de subir la volatilidad se incurren en pérdidas que podrían llegar a ser bastante significativas. En particular, habrá que poner especial énfasis en las opciones vendidas que se encuentren en el dinero pues son aquellas las que tienen mayor vega, es decir, son las más sensibles a las variaciones de la volatilidad.

Por el contrario, en caso de compra de opciones de divisas la pérdida máxima vendrá acotada por la prima pagada y el beneficio cuando ocurran alzas en la volatilidad.

Finalmente, la cobertura de vegas negativas mediante la compra de opciones (vega positiva) deberá considerar que el neteo o cobertura será factible si el plazo es el mismo.

4.2.2 Aplicación para una Cartera

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

$$VaR_c = (V * C * V')^{1/2}$$

Donde,

V = vector del VaR por instrumento

C = matriz de correlaciones entre los retornos de las divisas

A3. Caso de una Cartera de dos posiciones spot, una larga y otra corta lo que sería equivalente a un derivado de tipo de cambio ya sea un *forward* o un *swap* de divisas:

$VA_x = 200$ millones de US\$ (posición comprada o larga)

$VA_y = -100$ millones de € (posición vendida o corta)

¹³ La volatilidad implícita se determina a partir de la cotización de mercado de la prima de la opción.



$$\sigma_x = 0.19\%$$

$$\sigma_y = 0.51\%$$

$\rho_{xy} = 0.9$, correlación entre los retornos del Sol/Dólar y del Sol/euro¹⁴

NC (99%) = 2.33 veces la volatilidad

Tipo de cambio spot = 3.5 soles por dólar

Tipo de cambio spot = 3.0 soles por euro

Luego,

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

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

$$\text{VaR carter} = ((3.1)^2 + (-3.6)^2 + 2 * (3.1) * (-3.6) * (0.9))^{1/2} = (2.46)^{1/2} = \text{S/ } 1.56 \text{ millones}$$

Este caso puede tener una serie de variantes lo cual sirve para hacer simulaciones en los resultados del VaR de la cartera en base a distintos valores en las correlaciones. Ello confirma lo sensible que pueden resultar los números VaR cuando ante distintos eventos se altera la estabilidad de este parámetro.

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

Si $\rho_{xy} = 0$ entonces VaR cartera = S/. 4.7 millones , eventos independientes (no correlación)

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

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

Como se mencionó en una sección previa, esta metodología hace una pobre estimación del número VaR para instrumentos no lineales como por ejemplo las opciones implícitas o explícitas. Esta debilidad podrá ser mitigada en alguna magnitud reduciendo el horizonte temporal del VaR.

Las aplicaciones o ejemplos desarrollados pueden caracterizar instrumentos o carteras poco complejas, caso de las posiciones de las empresas financieras del mercado peruano.

4.3 Diseño de Regulación para Medición de Riesgo Cambiario

En esta sección se plantea una propuesta de diseño formal de requerimiento de información para la medición de riesgo cambiario que reguladores financieros de países emergentes pueden solicitar de tal forma que, según sus evaluaciones, les sirva para establecer luego requerimientos patrimoniales por riesgo cambiario y así incorporar los estándares internacionales establecidos por el Comité de Supervisión Bancaria del Banco Internacional de Pagos.

¹⁴ El tipo Sol/euro puede generarse desde el producto Sol/Dólar * Dólar/euro.

Se propone un esquema regulatorio que contemple bloques de información básica, posiciones y todo tipo de parámetros, para la medición del riesgo cambiario. El último bloque incorpora el resultado de la medición. Es importante señalar que todo esta información va a permitir al supervisor hacer los correspondientes ejercicios de consistencia en su labor de validar resultados, aunque obviamente la supervisión in situ será necesaria y fundamental.

**Posición y Medición del Riesgo Cambiario a una fecha.
(expresada en moneda local)**

I. Posición en Divisas

Divisas	Activos por divisas (A)	Pasivos por divisas (B)	Posición en Divisas (C) (A - B)	Comprados (Futuros, Forwards y Swaps) en divisas (D)	Vendidos (Futuros Forwards y Swaps) en divisas (E)	Posición Global M.E. (F) (C+D-E)
Dólar Americano						
Libra Esterlina						
Yen Japones						
Euro						
Otras Divisas						
Oro						
TOTAL M.E.						
TOTAL/RR PP						

Este primer bloque extrae información tanto de balance como fuera de balance. En estricto, para la medición del riesgo cambiario se debe agregar como una suma neta, para cada divisa, todos los flujos denominados en divisas diferentes a la divisa base (el sol peruano) traídos a valor presente.

En la mayoría de países, las posiciones nominales –que se llevarían a mercado- en futuros, *forwards* y *swaps* de divisas se registran contablemente en cuentas debajo de balance.

Cabe señalar que el oro se considera un activo internacional (oro clasificado o certificado como “*good delivery*”). La posición en este activo se llevará a la cotización, dólares por onza troy, en el mercado internacional (por ejemplo, una referencia razonable es el London Metal Exchange, a la apertura o cierre) y se registrará contablemente en moneda extranjera.

Este tipo de requerimiento es usual para ambientes regulatorios donde ya se exige el modelo estándar de riesgo cambiario, caso del Perú. Por tanto, no agrega mayores recursos (costos) a las empresas bajo esta regulación.



II. Cartera de Opciones en Divisas: Parámetros y Valorización

Contratos de Opciones, individuales, por divisa	Precio de ejercicio (strike)	Tiempo al vencimiento o (en días)	Tasa de interés de referencia (anual)	Sensibilidades			Prima inicial (por compra o venta)	Valor de mercado actual de opción
				Delta ¹⁵	Gamma ¹⁶	Vega ¹⁷		
Dólar USA								
Libra UK								
Yen Japonés								
Euro								
Otras Divisas								
Oro								
TOTAL M.E.								
TOTAL/RR PP								

Este bloque de información¹⁸ sobre el detalle de la cartera de opciones de divisas no puede ser extraído de los estados financieros. No obstante, tanto el área de operaciones y registro (*back office*) como el área de control de riesgos de mercado (*middle office*) deben disponer permanentemente de toda esta información para llevar a cabo eficientemente sus funciones, básicamente las que tengan que ver con la gestión adecuada de los riesgos financieros de la empresa.

La obtención de la delta por cada opción para toda la cartera de opciones fx va a permitir la generación de las respectivas posiciones equivalentes en divisas derivadas de las posiciones opcionales que se tengan en cartera. Estas posiciones delta neta por divisas se agregarán, respectivamente, al bloque anterior para finalmente tener las posiciones (bloque IV) sobre las cuales medir el riesgo cambiario según la metodología VaR.

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

¹⁵ El Delta se define como la sensibilidad en el valor de mercado de la opción respecto a la variación en una unidad del valor de mercado del activo subyacente, en este caso, el tipo de cambio de la divisa correspondiente. Posteriormente, se deberá registrar en moneda nacional, por cada tipo de divisa, la suma neta del cálculo para cada una de las opciones (D en posiciones largas menos D en posiciones cortas). El cálculo para cada opción consiste en multiplicar el respectivo delta por el valor del monto contractuado de activo subyacente (en moneda extranjera) y por el tipo de cambio de la divisa correspondiente.

¹⁶ El Gamma se define como la variación del Delta de la opción respecto a la variación en una unidad del valor de mercado del activo subyacente, en este caso, el tipo de cambio de moneda extranjera correspondiente.

¹⁷ El Vega se define como la sensibilidad del precio de la opción ante variaciones en la volatilidad del retorno, en este caso, del tipo de cambio correspondiente.

¹⁸ En el caso de la regulación bancaria peruana, las empresas supervisadas que operan con instrumentos financieros derivados son requeridas con periodicidad semanal que reporten por medios electrónicos su cartera, con el detalle de cada una de sus posiciones (parámetros, valorización, etc).



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

En cuanto a la sensibilidad vega (volatilidad), para fines de la gestión de riesgos financieros de la cartera de opciones en divisas se debe tener en cuenta que la sensibilidad vega para las opciones compradas es positiva, equivalente a estar comprado en volatilidad, y que el coeficiente vega es negativo para las opciones vendidas, equivalente a estar vendido en volatilidad.

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

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

Una vez que se tiene la posición vega neta en cada divisa, en valor absoluto, se realiza la agregación de las diferentes posiciones vega a través de una suma simple de los valores absolutos lo cual supone que no existe correlación¹⁹ entre las series de las volatilidades implícitas de las distintos subyacentes (otra restricción prudencial o conservadora del Acuerdo de Riesgos de Mercado de Basilea).

Este conjunto de información de la cartera de opciones por divisas, en conjunción con los otros bloques, permitirá al supervisor financiero, así como tanto a los auditores internos cuanto a los externos, reproducir las mediciones y los resultados.

¹⁹ Para fines del Modelo Interno debe suponerse que la empresa agregará el riesgo vega a través de una matriz de correlación entre las series de volatilidades implícitas de las distintas divisas para aprovechar el beneficio de la diversificación.

**III. Matriz de Correlaciones y Vector de Volatilidad para los Retornos de Divisas****III.A. Para el Modelo Regulatorio**

Retornos De Divisas	Dólar USA	Libra Esterlina	Yen	Euro	Otras Divisas	Oro	Volatilidad (diaria)
Dólar USA							
Libra Esterlina							
Yen Japonés							
Euro							
Otras Divisas							
Oro							

III.B. Para el Peor Escenario (Stress Testing)

Retornos De Divisas	Dólar USA	Libra Esterlina	Yen	Euro	Otras Divisas	Oro	Volatilidad (diaria)
Dólar USA							
Libra Esterlina							
Yen Japonés							
Euro							
Otras Divisas							
Oro							

Este tercer bloque de información ha sido particionado en dos. Uno que tiene que ver con los insumos para el requerimiento regulatorio de medición VaR en condiciones de mercado normales, que será el que servirá permanentemente para la consistencia y después para que los reguladores propongan el requerimiento patrimonial con base en modelos internos para riesgos de mercado, en este caso cambiario. Cabe destacar que este conjunto de información debería ser aproximadamente similar para el conjunto de empresas pues es información de mercado, las fuentes de discrepancia vendría tanto por la cantidad de datos empleados para las correlaciones y volatilidades como por el lado de la forma de cálculo de la volatilidad (medias móviles ponderadas versus medias móviles simples, o volatilidades proyectadas con modelos GARCH versus volatilidades históricas por ejemplo).

En todo caso, una vez de establecidas las fórmulas de cálculo razonables por las empresas y aceptadas por sus supervisores, puede darse el caso que este conjunto de información sea tomado directamente desde algún “*price vendor*” u otra fuente pública reconocida, incluso alguna institución del sistema financiero.

La segunda matriz de correlaciones y volatilidades (desviaciones estándar) será utilizada como insumos para la simulación periódica y necesaria de escenarios (reales en el pasado) de movimientos de precios de mercado muy adversos (peor escenario o stress testing), igualmente fundamental para fines de gestión de riesgos, que el supervisor debe solicitar a las empresas de los sistemas financieros.

De misma manera que en al caso anterior, las empresas y los supervisores podrán evaluar la aceptación de una fuente de precios independiente y pública (o “*price vendor*”) que provea al sistema financiero esta matriz de data, con base a información real de periodos pasados.



IV. Medición del Riesgo Cambiario

Divisas	Modelo Regulatorio			Modelo interno				
	(F) + Delta neto	Volatilidad (diaria)	VaR ²⁰	(F) + Delta neto	Volatilidad (diaria)	Intervalo de confianza	Plazo de liquidación	VaR
Dólar USA								
Libra								
Esterlina								
Yen Japonés								
Euro								
Otras Divisas								
Oro								
TOTAL M.E.								
TOTAL/RR PP								

Este último bloque presenta el resultado de las estimaciones del VaR, haciendo uso de el conjunto de información de los bloques anteriores. Los resultados son dos, uno correspondiente al Modelo Interno Regulatorio, bajo una serie de supuestos similares en la forma de cálculo para todas las empresas y que son los que recomienda el Comité de Supervisión Bancaria en su Acuerdo sobre Market Risk. El otro corresponde al VaR que hace la empresa, si fuera el caso, bajo sus propios supuestos, donde se incluiría el efecto de las correlaciones.

A continuación se resumen las consideraciones sobre los parámetros y forma de cálculo del VaR que propone, de manera prudencial y conservador, el Acuerdo sobre Riesgos de Mercado y que debe adoptar este Modelo Interno Regulatorio teniendo en cuenta las particularidades que se han presentado en este capítulo tercero de este mercado emergente (plaza peruana):

- El VaR debe computarse diariamente y al 99% de confianza del intervalo (2.33 veces la volatilidad) y con un período de tenencia mínimo de 10 días²¹ para las posiciones computables tanto de balance como fuera de balance.
- La muestra de datos para estimar el VaR debe contener al menos un año (las últimas 252 observaciones diarias), salvo que el supervisor considere lo contrario. En este punto, el supervisor local deberá evaluar la adopción por parte de las empresas de las distintas formas de calcular o proyectar la volatilidad, aunque el Banco de Pagos tolera el uso del método de media móvil simple de la serie de los retornos para la estimación de la volatilidad futura.

²⁰ El VaR total resulta de la suma de los VaR individuales por moneda (VaR_i).

El VaR Regulatorio por divisa se define como:

$$VaR_i = 3 \times V.A._i \times N.C. \times \sqrt{H.T.} \times S_i$$

donde:

VA_i: Es la Posición Global (incluyendo la suma de la posición neta en el delta equivalente) en la moneda i expresada en moneda local.

N.C.: Es el nivel de confianza estadística. El Comité de Basilea propone un 99% de confianza (factor de 2.33 veces la volatilidad), bajo el supuesto de una distribución normal de los retornos.

H.T.: Es el plazo de liquidación de la posición (de balance y fuera de balance), se asume prudencialmente en 10 días.

Entonces, el VaR total sería:

$$VaR = \sum VaR_i$$

²¹ El Banco de Pagos Internacionales propone que las predicciones para el horizonte temporal se efectúen aplicando la regla de la raíz cuadrada del tiempo, lo que supone que los rendimientos logarítmicos son independientes, distribuidos idéntica y normalmente.



- La actualización de la data no debe ser con frecuencia menor a una vez cada tres meses, así como cada vez que los precios de mercado sufran cambios materiales.
- La metodología usada para el cálculo del VAR es decisión de la empresa: Método de Varianzas y Covarianzas, Simulación Histórica o de Montecarlo. En este punto, se ha mencionado que dada la baja sofisticación de las carteras de las empresas de países emergentes como el Perú, la adopción del modelo de Varianzas y Covarianzas resulta razonable.
- Las empresas deben capturar las características de riesgo propias de las opciones como su comportamiento no lineal y su riesgo vega. Este punto tiene que ver con el anterior, el negocio de opciones prácticamente no existe en plaza peruana.
- Diariamente, cada empresa debe asignar un requerimiento de capital equivalente al factor de multiplicación por el número que resulte mayor entre la medida VaR del día previo y el VaR promedio de los últimos 60 días útiles.
- El factor de multiplicación será fijado por el supervisor dependiendo de qué tan adecuado sea el sistema de administración de riesgos de mercado de la empresa. Pero, como mínimo, éste será de 3. Este punto es de especial relevancia en mercados emergentes por cuanto se aprecia una heterogeneidad en la gestión de riesgos.
- Dependiendo de la evaluación de los resultados del *back-testing*, se añadirá un plus al factor de multiplicación, el cual variará entre 0 y 1.

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

La metodología establece también que el VaR Regulatorio total resulta de la suma directa de los VaR individuales por moneda (VaR_i). Esto en principio no considera el efecto diversificación de las posiciones en diferentes divisas. En este sentido, el regulador podría evaluar la inclusión del beneficio de la diversificación. No obstante, como ya se señaló, este efecto en una plaza como la peruana puede resultar inmaterial debido a que el uso de divisas extranjeras distintas al dólar americano es muy bajo.

Finalmente, el resultado del VaR de la empresa tendrá varias fuentes de discrepancia con relación al resultado regulatorio. Lo importante para la gestión será que la diferencia sea justificada y sustentada en la realidad con las condiciones del mercado.

5. Conclusiones

Se llevo a cabo un análisis estadístico, estacionariedad y normalidad básicamente, del retorno de la divisa peruana y los retornos de divisas fuertes como el euro y el yen para detectar si existía alguna diferencia fundamental que sustente el rezago o cuestionamiento para aplicar modelos internos en la medición de riesgos.

Sobre el análisis de estacionariedad, se comprobó que cada uno de ellos siguen procesos estacionarios, es decir, media y varianza constantes en el tiempo. En particular, los *shocks* tendrán la característica temporal de transitorios, convergiendo luego a sus respectivas medias. Cabe destacar que, el retorno del PEN registra una media observada de aproximadamente cero así como la menor volatilidad de las tres divisas, variable considerada como la medida de riesgo.

Del análisis de normalidad de las tres divisas, las series de los retornos del euro y del yen presentan una asimetría (*skewness*) negativa bastante razonable, es decir, cercana a cero, tal como se exigiría como una de las condiciones para aproximarla como una distribución normal. No obstante, respecto a la condición de kurtosis o



grado de apuntamiento, de las tres series, sólo la del retorno del euro estaría a niveles cercanos de la exigencia de una distribución normal que es de tres. Todas son leptocúrticas respecto a la distribución normal. Así, ninguna de las tres divisas exhibiría una serie de retornos que se comporte exactamente como una normal de acuerdo con el estadístico Jarque Bera. No obstante que el retorno del euro podría encontrarse en un entorno bastante cercano.

Luego, desde el punto de vista estadístico, estacionariedad y normalidad, no se encuentra evidencia que cuestione el uso de modelos internos (Valor en Riesgo) para la medición del riesgos financieros por parte del Sol en favor de las otras dos divisas analizadas.

En este sentido, en muchos países latinoamericanos, sucursales de bancos primer orden internacional emplean regularmente el Valor en Riesgo para fines de gestión interna. No obstante, la ausencia de normalidad en el retorno de las divisas locales correspondientes. Inclusive, son de requerimiento de los supervisores financieros domésticos.

Respecto a la volatilidad, se requiere de su estabilidad cuando se trabaja con VaR, la inestabilidad de la medida de riesgo causaría resultados VaR inestables, crítica usual a los modelo VaR de varianzas y covarianzas. En ese sentido, en general, la elección del periodo de observación será de mayor impacto que el método de medición o estimación para efectos de los resultados. No obstante, la senda de volatilidad de la divisa peruana exhibe una relativa estabilidad.

Del lado de las correlaciones entre los rendimientos de las divisas, se observó que solo la divisa chilena y peruana se encuentran correlacionadas positivamente entre si en el periodo bajo estudio, el resto de monedas no guardan correlaciones importantes. Estos números serían relevantes si en plazas locales existiesen posiciones en estas divisas externas, lo cual no es usual.

No obstante el análisis estático de las correlaciones, se evidencia un hecho empírico referido a que dependiendo del tamaño de la muestra y del periodo que se tome entonces los valores de estas correlaciones pueden cambiar de manera significativa. Esto revela la crítica usual que reciben los resultados de los modelos internos tipo Valor en Riesgo paramétricos: la sensibilidad de sus resultados ante cambios -y actualizaciones- de los factores de mercado.

La evaluación de los distintos tipos de aplicaciones de VaR, paramétricos y no paramétricos, sugiere que puede recomendarse la metodología de Varianzas y Covarianzas cuando se tienen carteras poco complejas, que es el caso actual de los portafolios de las empresas financieras del mercado peruano. La simplicidad de las posiciones en Tesorería evitaría, en el momento actual de los operadores financieros del Perú, la crítica usual que esta metodología hace una pobre estimación de los instrumentos con opciones implícitas o explícitas u otro tipo de instrumento no lineal, pues este método supone ausencia de posiciones con comportamiento no lineal. Esta debilidad podrá ser mitigada, también, en alguna magnitud reduciendo el horizonte temporal del VaR.

Luego, junto con el elemento carteras poco complejas, la aplicación del VaR paramétrico deberá tener en cuenta otros factores, básicamente cualitativos, como recursos de capital humano capacitado, sistemas computacionales a disposición y la capacidad de la alta dirección y gerencia para entender los resultados, ventajas y limitaciones de esta herramienta cuantitativa. Así, parece que el método de varianzas y covarianzas puede salvar relativamente los elementos de decisión entre los modelos. Si las carteras se van desarrollando o evolucionando hacia posiciones complejas con el tiempo entonces los métodos de simulación podrían ser la siguiente etapa, aunque la restricción de la capacidad computacional y de sistemas será la variable que plantee el tipo de modelo de simulación.

Cabe señalar que uno de las variantes existentes para calcular el VaR de acuerdo a Varianzas y Covarianzas es Riskmetrics, metodología desarrollada por el JP Morgan. Esta metodología contiene una serie de supuestos: las varianzas de los retornos no son homocedásticas, es decir, varían a través del tiempo; las varianzas y covarianzas de la serie histórica de los retornos presentan algún grado de autocorrelación; y la serie de los retornos continuos, o logarítmicos, siguen una distribución normal.



Los Resultados o números VaR registran una serie de utilidades pero también de limitaciones. En general, hay que ver al VaR como una de las muchas herramientas de gestión de riesgos que debe usar la empresa. El número VaR diario no resume la gestión de los riesgos, es sólo una de las herramientas cuantitativas que se debe poseer y recalcar que el aspecto cualitativo de la gestión de riesgos es un elemento igual o más importante que la batería de herramientas cuantitativas, tal como la historia financiera reciente ha demostrado con una serie de quiebras o pérdidas impresionantes.

Sus principales ventajas del VaR se centran en que condensa en un número el riesgo de un portafolio o carteras, provee una herramienta de comparación de los riesgos en diferentes mercados y en diferentes clases de activos, y que captura el efecto positivo de la diversificación a través de la correlación entre instrumentos.

En cuanto los parámetros del Modelo, se asume prudencialmente -tanto para la gestión de riesgos financieros de la empresa como para la labor del supervisor- lo recomendado por el Acuerdo de Basilea de Riesgos de Mercado. Entre otros se establece un periodo de observación al menos 252 datos diarios recientes, un nivel de significancia estadística del 99 por ciento y un horizonte temporal de 10 días. Adicionalmente se establece un factor multiplicativo para el número VaR (al menos 3 veces) y una restricción comparativa entre el VaR del día previo y la media de los últimos 60 resultados diarios.

Respecto a los parámetros de mercado, el análisis de las correlaciones debe darle prioridad a la estabilidad de estos parámetros, una de las críticas más comunes es que las correlaciones históricas no sirven, se rompen en los escenarios poco usuales. No obstante, el análisis de la estabilidad de las correlaciones entre divisas no parece ser un hecho relevante para la gestión del riesgo cambiario para las empresas que operan en plaza peruana debido fundamentalmente a que las tesorerías más activas de las empresas financieras peruanas negocian mayoritariamente en instrumentos en soles o en dólares americanos, las posiciones en otro tipo de divisas no llegan a ser significativas. En el futuro, el fortalecimiento del euro y el incremento de los flujos comerciales en dicha divisa implicará un mayor análisis de sus correlaciones.

En cuanto a la volatilidad, se plantea al menos dos formas de cálculo: promedio móvil simple (aceptado por la Enmienda de Basilea sobre Riesgos de Mercado) y el promedio móvil ponderado exponencialmente. El promedio móvil simple esta expuesto a dos problemas: por un lado, los *outliers* afectan durante toda su permanencia el valor de la volatilidad –aunque para el caso de la divisa peruana se aprecia que la trayectoria continua de su volatilidad muestra un comportamiento suave para el promedio móvil simple del retorno del sol- y de otro lado, este método ignora el orden de los datos y por tanto las propiedades dinámicas de la serie, aunque que problema puede superarse a través de la utilización de modelos tipo GARCH.

Según los resultados de la estimación efectuada con un GARCH (1,1) para los retornos de la divisa peruana, el ajuste es razonable y los estimadores serían los esperados, por tanto su uso sería adecuado como una opción adicional al empleo de volatilidades históricas (tipo Riskmetrics, por ejemplo) en la aplicación del VaR cambiario analítico. Esta opción puede ser evaluada por los supervisores cuando se tratase de la medición interna de riesgos de la empresa en su gestión de riesgos financieros.

Se realizaron aplicaciones VaR –según el enfoque paramétrico de Varianzas y Covarianzas- por instrumentos en divisas. En el caso de posiciones en opciones financieras, se siguió a Jorion (1997) que propone una estimación VaR para la medición del riesgo derivado de las griegas, donde se tienen que considerar -en primer término- la relación lineal entre la evolución del valor de la opción y el precio del activo subyacente (efecto delta). Luego, la medición necesita considerar los efectos no lineales, tanto la convexidad de la opción (efecto gamma) como el riesgo que se genera de los cambios en la volatilidad del subyacente (efecto vega).

También, para un instrumento específico, se efectuó una medición de riesgo a través de una aproximación de Simulación de Montecarlo, enfoque no paramétrico. Esta medición puede ser la más complicada de transmitir a la alta dirección de las empresas cuando se trata de gestionar los riesgos financieros, además de requerir importantes recursos de sistemas y capital humano.

En cuanto a la aplicación de VaR realizada para una cartera de posiciones en divisas, destaca los beneficios probables de la diversificación, que se captura con la inclusión de las correlaciones, elemento a ser considerado por los supervisores cuando evalúen los modelos internos de las empresas.

La última parte del trabajo propone un esquema regulatorio que contemple bloques de información básica, posiciones y todo tipo de parámetros, para la medición del riesgo cambiario. Donde último bloque incorpora el resultado de la medición.

Respecto al bloque de información de mercado, las fuentes de discrepancia -entre las remisiones de las empresas- vendrían tanto por la cantidad de datos empleados para las correlaciones y volatilidades como por el lado de la forma de cálculo de la volatilidad (medias móviles ponderadas versus medias móviles simples, o volatilidades proyectadas con modelos GARCH versus volatilidades históricas, por ejemplo).

En relación a ello, una vez de establecidas las fórmulas de cálculo razonables por las empresas y aceptadas por sus supervisores, puede darse el caso que este conjunto de información sea tomado directamente desde algún “*price vendor*” u otra fuente pública reconocida, incluso alguna institución del sistema financiero.

También se incluye una segunda matriz de correlaciones y volatilidades que será utilizada como referencia para la simulación periódica y necesaria de escenarios (reales en el pasado) de movimientos de precios de mercado muy adversos (peor escenario o *stress testing*), igualmente fundamental para fines de gestión de riesgos, que el supervisor debe solicitar a las empresas de los sistemas financieros.

Igualmente, las empresas y los supervisores podrán evaluar la aceptación de una fuente de precios independiente y pública (o “*price vendor*”) que provea al sistema financiero esta matriz de data, con base a información real de periodos pasados.

Es importante señalar que todos estos bloques de información va a permitir al supervisor hacer los correspondientes ejercicios de consistencia en su labor de evaluar la razonabilidad de los supuestos empleados y de los resultados, aunque obviamente la supervisión in situ será necesaria y fundamental.

6. Bibliografía

Aragónés, José Ramón y Blanco, Carlos (2000). “Valor en Riesgo: Aplicación a la Gestión Empresarial”, Ediciones Pirámide.

Banco Interamericano de Desarrollo y Grupo Santander (1999). “Gestión de Riesgos Financieros: Un Enfoque Práctico para Países Latinoamericanos”, Banco Interamericano de Desarrollo.

Day, Thomas. Capital Markets Update (1999). “VaR Explained”, Vol. Four N°.2, September, Federal Reserve Bank of Atlanta.

Jorion, Philippe (1997). “Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk”, McGraw-Hill.

Lamothe, Prosper (1993). “Opciones Financieras: Un Enfoque Fundamental.”, McGraw-Hill.

Novalés, Alfonso (1993). “Econometría”, Segunda Edición, McGraw-Hill.

Quantitative Micro Software (1997). “Eviews 3: User’s Guide”.

Saunders, Anthony (1997). “Financial Institutions Management: A Modern Perspective”, Second Edition, Irwin McGraw-Hill.