

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ECONOMÍA

**ANÁLISIS DE VOLATILIDAD CAMBIARIA:
UNA APLICACIÓN AL CASO DE GUATEMALA.**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS

POR

EDWIN HAROLDO MATUL RUANO

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

ECONOMISTA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO DE 2013

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DECANO	Lic. José Rolando Secaida Morales
SECRETARIO	Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
VOCAL PRIMERO	Lic. MSc. Albaro Joel Girón Barahona
VOCAL SEGUNDO	Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez
VOCAL TERCERO	Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
VOCAL CUARTO	P. C. Oliver Augusto Carrera Leal
VOCAL QUINTO	P.C. Walter Obdulio Chigüichón Boror

PROFESIONALES QUE PRACTICARON EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

PRESIDENTE	Lic. Guillermo Chapetón Méndez
SSECRETARIA	Licda. María Luisa Flores
EXAMINADOR	Lic. Manuel de Jesús Zetina Puga
EXAMINADOR	Lic. José Luis Reyes Donis
EXAMINADOR	Lic. José Ernesto Matheu

PROFESIONALES QUE REALIZARON EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS

PRESIDENTE	Lic. Oscar Erasmo Velásquez Rivera
SECRETARIO	Lic. Edgar Ranfery Alfaro Migoya
EXAMINADOR	Lic. Oscar Francisco Pineda Garay

ASESOR DE TESIS

Lic. Manuel Augusto Alonzo Araujo

Guatemala, 7 de marzo de 2013

Licenciado
José Rolando Secaída Morales
Decano de la Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad

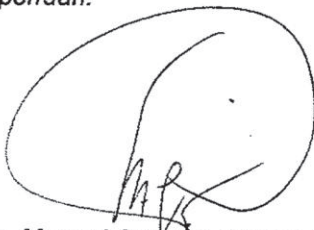
Señor Decano:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informar que, conforme la designación contenida en Dictamen Esc.Economía 01-2013 del 21 de enero de 2013, he asesorado al estudiante **Edwin Haroldo Matul Ruano**, en la realización del punto de tesis denominado **"ANÁLISIS DE VOLATILIDAD CAMBIARIA: UNA APLICACIÓN AL CASO DE GUATEMALA"**.

El trabajo realizado constituye una investigación técnica probatoria de proposiciones condicionales relacionadas con la naturaleza y efectos de la volatilidad cambiaria, mediante la evaluación de metodologías para el cálculo y medición del riesgo de origen cambiario en Guatemala, sustentadas en conceptos y técnicas estadísticas que permiten determinar la máxima pérdida patrimonial derivada de una exposición cambiaria.

En opinión del suscrito el estudio en referencia cumple los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Económicas para tesis de graduación y su respectiva defensa ante las instancias que correspondan.

Atentamente,



Lic. Manuel Augusto Alonzo Araujo
Economista por la Universidad de San Carlos de Guatemala
Máster en Economía por la Universidad Waterloo de Canadá
Colegiado 1678

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE
CIENCIAS ECONOMICAS

Edificio "S-8"
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS, GUATEMALA,
VEINTINUEVE DE MAYO DE DOS MIL TRECE.

Con base en el Punto CUARTO, inciso 4.1, subinciso 4.1.1 del Acta 7-2013 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 17 de mayo de 2013, se conoció el Acta ECONOMÍA 65-2013 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 10 de abril de 2013 y el trabajo de Tesis denominado: "ANÁLISIS DE VOLATILIDAD CAMBIARIA: UNA APLICACIÓN AL CASO DE GUATEMALA", que para su graduación profesional presentó el estudiante EDWIN HAROLDO MATUL RUANO, autorizándose su impresión.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO




LIC. JOSE ROLANDO SECAIDA MORALES
DECANO



Smp.

DEDICATORIA

A DIOS

Por haberme permitido alcanzar esta meta.

A MIS PADRES

Alberto Matul y Amparo R. de Matul, por su eterno apoyo. En su memoria.

A MI ESPOSA

Vilma Serrano de Matul, por su incondicional apoyo y constante estímulo para finalizar esta etapa de mi vida.

A MIS HIJOS

Pablo, Andrés y Carlos, por los que siempre he luchado, esperando que este triunfo los impulse a seguir adelante.

A MI ASESOR

Lic. Manuel Augusto Alonzo Araujo, por su tiempo, dedicación y asesoría.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES.....	3
III.	MARCO TEÓRICO.....	8
	a. VALOR EN RIESGO CAMBIARIO.....	8
	b. EXPOSICIÓN CAMBIARIA Y POSICIÓN NETA DEL BALANCE EN MONEDA EXTRANJERA.....	13
	c. VOLATILIDAD.....	15
	i. VARIACIÓN RELATIVA COMO MEDIDA DE VOLATILIDAD.....	15
	ii. TENDENCIA CENTRAL Y DISPERSIÓN COMO MEDIDA DE VOLATILIDAD.....	16
	1. Medidas de tendencia central.....	16
	2. Medidas de dispersión.....	17
	iii. DISTRIBUCIÓN NORMAL EN EL ANÁLISIS DE VOLATILIDAD.....	18
	iv. NIVELES DE CONFIANZA EN EL ANÁLISIS DE VOLATILIDAD.....	21
	v. MEDICIÓN DE LA DISPERSIÓN DE FORMA ESTÁTICA Y DINÁMICA.....	22
	vi. USO DEL PONDERADOR EWMA PARA LA MEDICIÓN DE LA VOLATILIDAD.....	23
	vii. MÉTODO DE REGRESIÓN EN LA MEDICIÓN DE LA VOLATILIDAD.....	27
	d. CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO.....	28
IV.	LA VOLATILIDAD CAMBIARIA EN GUATEMALA.....	29
	a. MEDICIÓN (ANÁLISIS DE LA VOLATILIDAD CAMBIARIA)....	31
	i. MÉTODO DIRECTO DE CÁLCULO.....	32
	ii. MÉTODO DINÁMICO SIMPLE.....	37
	iii. MÉTODO UTILIZANDO EL PONDERADOR EWMA.....	40
	iv. MÉTODO UTILIZANDO REGRESIÓN.....	42
	b. RESUMEN DE LOS RESULTADOS.....	46
V.	CONCLUSIONES.....	47
VI.	RECOMENDACIONES.....	48
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	49
VIII.	ANEXOS.....	51
	ANEXO I: UN MÉTODO DE CÁLCULO DEL VaR POR APROXIMACIÓN.....	52
	ANEXO II: ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS VARIACIONES RELATIVAS.....	54
	ANEXO III: EL VALOR Z EN LA DISTRIBUCIÓN NORMAL...	59
	ANEXO IV: COMANDOS DE EXCEL UTILIZADOS.....	63

I. INTRODUCCIÓN

La incertidumbre es algo inherente al que hacer del hombre; ya que ésta nace del hecho que, en la mayoría de oportunidades, no se sabe con seguridad lo que va a ocurrir en el futuro. El riesgo, por su parte, es la incertidumbre que más preocupa, ya que puede haber incertidumbre sin riesgo, y el riesgo entraña consecuencias negativas.

Según el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española –RAE- el vocablo riesgo proviene del italiano *risico* o *rischio*, y éste, a su vez, del árabe clásico *rizq*, que significa “lo que depara la providencia”. Una de las acepciones que le da la RAE al término es: “contingencia o proximidad de un daño”. Asimismo, el diccionario indica que el término “correr riesgo de algo” significa estar expuesto a perderse o a no verificarse.¹

El riesgo financiero es la incertidumbre que se va generando alrededor de los negocios financieros, ante eventos que puedan significar potenciales pérdidas y, de esa manera, afectar el patrimonio. De allí nace la necesidad de poderlos medir y administrar, ya que los riesgos no siempre se pueden eliminar, sólo mitigar. La administración de riesgo financiero es una rama especializada de las finanzas que se dedica al manejo o cobertura de los riesgos financieros, los cuales pueden ser de naturaleza crediticia, operacional, tecnológica, legal, de mercado, etc.

El riesgo de mercado se refiere a aquellos eventos que pueden afectar el balance y se deriva de cambios en los precios de los activos y pasivos financieros (volatilidad) y se mide a través de los cambios en el valor de las posiciones abiertas².

El Comité de Basilea de Supervisión Bancaria, en junio de 2004, publicó, dentro de los llamados Acuerdos de Basilea II, las propuestas para el tratamiento de control de riesgos de mercado de los bancos; dentro de dichos acuerdos, Basilea II define el riesgo de mercado como el riesgo de pérdidas, ocasionadas por movimientos en los precios de mercado, incluyendo las tasas de interés, tipos de cambio y valores de renta variable. El objetivo básico de la incorporación del análisis de riesgo de mercado, iba orientado a exigir requisitos de capital para las exposiciones en instrumentos de deuda, acciones y divisas.³

Cada vez más, se da la necesidad de contar con instrumentos que permitan medir el riesgo de mercado y, dentro de ellos, particularmente, el relacionado con la volatilidad cambiaria, debido a que en una economía en la que muchas deudas están denominadas en dólares, mientras que las empresas dependen de ingresos en moneda doméstica, los balances del sector privado y de los bancos pueden ser vulnerables a fluctuaciones en el tipo de cambio. En particular, por los efectos en las hojas de balance, las depreciaciones grandes del tipo de cambio real (por ejemplo, aquéllas que se deben a una detención súbita o *sudden stop*) pueden tener un impacto contractivo sobre el producto. Ello contrasta con su impacto expansivo sobre las exportaciones netas y el producto en el análisis estándar de una pequeña economía abierta. Otra dificultad está relacionada con el efecto

¹ Real Academia Española, Diccionario de la Lengua Española, Vigésima Segunda Edición, consulta electrónica: <http://www.rae.es/rae.html>

² Se denomina como posición abierta a la tenencia, dentro del balance, de un activo o pasivo que no cuenta con alguna cobertura determinada; para la cobertura del riesgo de mercado. Lo usual en estos casos es la aplicación de derivados financieros, como futuros y opciones, que mitigan dicho riesgo.

³ Bank of International Settlements, Basel II: *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework*, Basel, June 2004.

traspaso del tipo de cambio a los precios, que resulta relativamente elevado en las economías parcialmente dolarizadas⁴.

Cabe indicar que el riesgo de tipo de cambio no es exclusivo de las instituciones bancarias, ya que cualquier empresa que mantenga posiciones en moneda extranjera está expuesta a pérdidas producidas por fluctuaciones en el tipo de cambio; de esa cuenta resulta relevante contar con instrumentos que permitan medir los riesgos asociados a la volatilidad cambiaria.

En Guatemala, a nivel de sistema bancario, no existe aún una norma específica que trate a detalle el tema de riesgo de mercado; y, por ende, tampoco existe alguna que verse sobre el tema del riesgo que está asociado a la volatilidad cambiaria. Por tanto, este es un tema que debería ser normado, dada la importancia que la medición y administración del riesgo de tipo de cambio tienen para las finanzas de las instituciones bancarias.

En razón de todo lo anterior, surge la necesidad de estudiar las metodologías que pueden servir para el cálculo y administración del riesgo de origen cambiario y evaluar su aplicación en Guatemala.

En ese sentido, el trabajo persigue determinar, a partir del análisis de la volatilidad del tipo de cambio y utilizando la información observada de esta variable, cómo se calcula dicha volatilidad; luego, aplicando el instrumental teórico de la estadística analítica, especialmente utilizando los conceptos relacionados con la distribución normal, evaluar cuantitativamente las formas en que dicha volatilidad puede actuar sobre la posición de un balance contable en moneda extranjera; y, al final, estimar el efecto que esta volatilidad podría tener en el patrimonio; es decir, determinar, en valor absoluto, la máxima pérdida patrimonial, en un tiempo determinado, derivada de una exposición cambiaria.

A todo esto se le conoce en la literatura de administración financiera de riesgos como valor en riesgo cambiario.

En el trabajo se introducirán formas alternas de análisis, como lo es la utilización de un enfoque basado en regresiones y, por otra parte, el uso de un filtro matemático, llamado Promedios Móviles Ponderados Exponencialmente (EWMA, por sus siglas en inglés), que permite darle una mayor validez a la información más reciente.

El problema, en términos generales, se circunscribe al hecho de que una vez una moneda se cotiza en el mercado, no importando el grado de perfección o imperfección que tenga este último, la volatilidad cambiaria se vuelve una realidad con la que hay que convivir. Y, una vez existe la expectativa de que en el futuro la moneda va a sufrir cambios, esto genera incertidumbre en los agentes económicos que puede generar efectos en sus decisiones de inversión.

En empresas, cuyos balances mantienen posiciones activas o pasivas en moneda extranjera, es importante tener una idea de cuán volátil es el tipo de cambio de una divisa con respecto a la moneda local.

⁴ Calvo, G. y C. Reinhart (2002): "Fear of Floating". *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 117, No. 2. Páginas 379-408.

En ese sentido, tomando en cuenta la existencia de una volatilidad cambiaria que puede drenar en el tiempo el valor de su patrimonio, las decisiones que deben tomarse van por dos vías: o se protege mediante la cobertura de su posición, igualando los activos a los pasivos en dicha moneda o aceptando, de antemano, una máxima cantidad de patrimonio a perder, derivado de las potenciales fluctuaciones futuras del tipo de cambio.

A esto último, la literatura lo denomina como Valor en Riesgo o VaR, del inglés *Value at Risk*, en este caso con un enfoque cambiario. El Valor en Riesgo Cambiario es el máximo valor que se está dispuesto a perder por el hecho de operar en monedas distintas a la local. Dicho riesgo es inherente al giro del negocio cuando se mantienen posiciones descalzadas entre activos y pasivos en moneda extranjera. El valor en riesgo siempre debe relacionarse con una pérdida potencial del patrimonio, por lo que se expresa en la moneda en que se contabiliza el mismo.

Como hipótesis general se plantea que la metodología de cálculo de volatilidades y la medición del Valor en Riesgo Cambiario se puede aplicar en Guatemala; lo anterior se señala considerando que en el país se cuenta con la información necesaria para realizar dicha aplicación. Mientras tanto, la hipótesis específica es que las variaciones del tipo de cambio generan pérdidas inesperadas, si las mismas no se anticipan. Por su parte, el objetivo general del estudio es aplicar una metodología basada en la estadística analítica para calcular el Valor en Riesgo Cambiario, a partir del análisis de volatilidades, utilizando datos reales de tipo de cambio en Guatemala; y, como objetivos específicos, determinar el nivel de volatilidad cambiaria, a partir de las volatilidades del pasado reciente y analizar el efecto de dicha volatilidad en la posición de un balance contable en moneda extranjera y su efecto en el patrimonio.

II. ANTECEDENTES

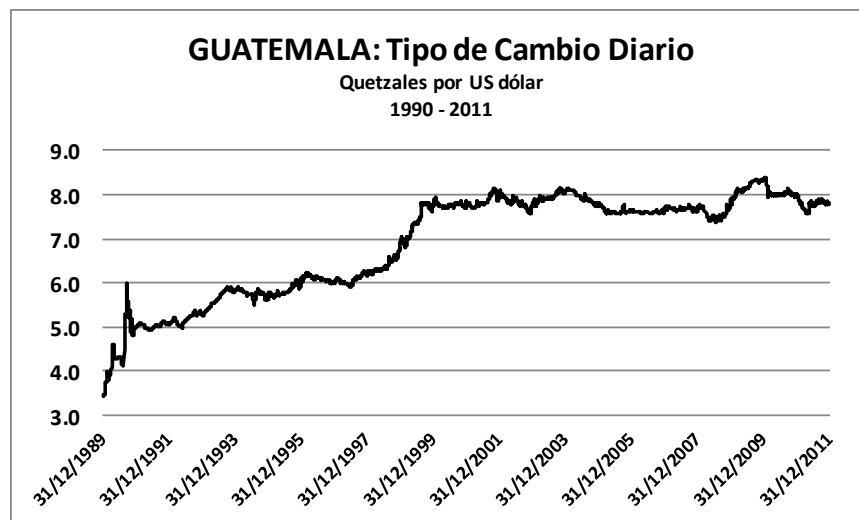
El régimen cambiario guatemalteco ha respondido a los vaivenes con los que la economía mundial lo ha hecho, así en Guatemala se experimentó el patrón oro hasta 1945, cuando el Sistema Monetario Internacional se definió alrededor del dólar norteamericano, como resultado de las célebres reuniones de Bretton Woods y en Guatemala se llevó a cabo la reforma monetaria que culminó con la creación, en 1946, del Banco de Guatemala con las funciones de banca central, entre las que tenía la de ser el único autorizado para comprar y vender divisas en el país y desde entonces el tipo de cambio fue fijado sobre la base de la paridad del quetzal con respecto al dólar de Estados Unidos de América.

Durante todo este tiempo, el valor de la moneda guatemalteca estuvo definido en términos de onzas de oro, que equivalían a las que tenía como valor el dólar de los Estados Unidos de América. Fue hasta 1978 cuando se rompe toda paridad con el oro, directa o vía el dólar. Sin embargo la paridad con la moneda norteamericana siguió y el quetzal comenzó a flotar en el mercado, pero al ritmo que lo hacía el dólar estadounidense.

A principios de los años ochenta, la economía de Guatemala se caracterizó por serios desequilibrios macroeconómicos, tanto internos como externos. Para corregir tales desequilibrios, en 1986 se implementó un programa de estabilización y crecimiento que utilizó como ancla nominal el tipo de cambio. Además, en este año se inició el proceso de liberalización de los precios de algunos bienes

y servicios regulados. En 1989, se liberaron las tasas de interés y el tipo de cambio. Un año después, las autoridades monetarias establecieron un sistema de bandas de fluctuación del tipo de cambio. Luego, a principios de 1994 se eliminó dicha banda de fluctuación y, dentro del marco de Ley vigente, se lograron trasladar todas las transacciones cambiarias a los bancos, para que el tipo de cambio se fijara libremente en el mercado⁵.

GRÁFICA 1



FUENTE: Banco de Guatemala

Por lo anterior, se puede indicar que, en el caso de Guatemala, es a partir de 1994 que el tipo de cambio de la divisa norteamericana, en término de quetzales, se principió a determinar por el mercado, aunque no existía una libre flotación como tal.

En mayo de 2000, la política cambiaria experimentó un giro trascendental ya que a partir de esa fecha cobró vigencia la Ley de Libre Negociación de Divisas⁶, que dio fin legalmente al principio de concentración de divisas por parte del banco central. Este principio señalaba que todas las divisas negociadas en el país por los bancos y otras instituciones autorizadas para operar en cambios, eran propiedad del banco central. En otras palabras, los bancos y otras entidades funcionaban como agentes del Banco de Guatemala en las operaciones cambiarias. A partir de esta Ley se consolidó lo que se había logrado en 1994, que la determinación del tipo de cambio, en forma definitiva, se dejara en manos del mercado; en efecto, el mencionado decreto señala que es libre la disposición, tenencia, contratación, remesa, transferencia, compra, venta, cobro y pago de y con divisas y serán por cuenta de cada persona individual o jurídica, nacional o extranjera las utilidades, las pérdidas y los riesgos que se deriven de las operaciones que de esa naturaleza realice.

Resultado de la puesta en vigencia de la ley indicada, los bancos del sistema comenzaron a realizar operaciones en moneda extranjera, transparentando con ello el grado de dolarización que tiene la

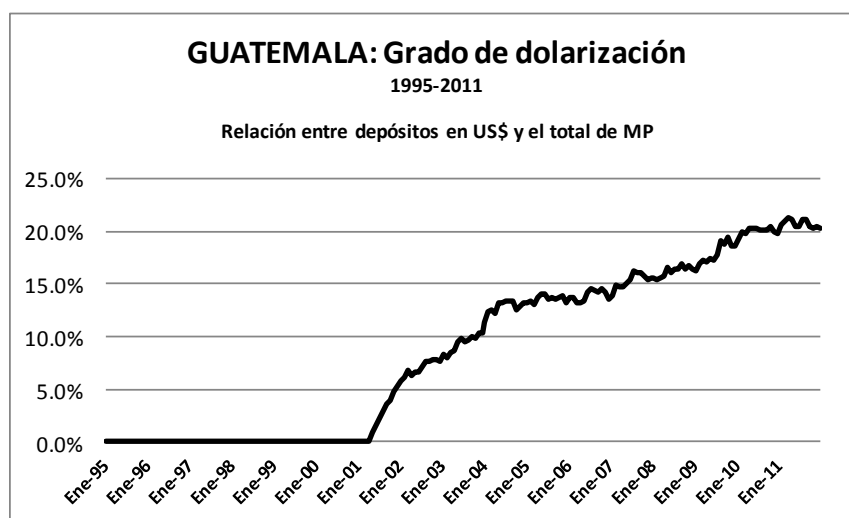
⁵ Esta política la realizó la Junta Monetaria aún dentro del marco de la Ley Monetaria anterior Decreto número 203 y la Ley Transitoria de Régimen Cambiario Decreto número 22-86, entonces vigentes.

⁶ Decreto No 94-2000 del Congreso de la República de Guatemala.

economía guatemalteca. En la gráfica siguiente se muestra la relación entre los depósitos en moneda extranjera, monetarios y de ahorro y plazo, que ha registrado el sistema bancario de Guatemala y el saldo de los medios de pago totales, desde 1995 a abril 2012. Tal como se evidencia, es a partir de 2001 cuando aparece un cierto nivel de dolarización en el sistema, el cual fue creciendo, hasta situarse en 13% en 2004. En los últimos años, el nivel de depósitos en moneda extranjera, respecto al total de medios de pago del sistema bancario se ha mantenido en torno al 20%

Lo anterior muestra una relativa preferencia por el mantenimiento de activos en moneda extranjera por parte de los agentes económicos, la cual, más que ser resultado de especulación o reducción de la preferencia de la moneda nacional, se puede relacionar con el comercio internacional, que en el caso de Guatemala se hace especialmente en esta moneda.

GRÁFICA 2



FUENTE: Estimaciones propias con datos de la Superintendencia de Bancos de Guatemala

A guisa de comparación, en un estudio del Consejo Monetario Centroamericano⁷ se señala que, mientras la dolarización en Guatemala era de 11.2%, medida por los depósitos en moneda extranjera sobre el total de depósitos, en Nicaragua era 68.5%, en Costa Rica 52.0%, Honduras 36.1%. En el caso de El Salvador, ya se había adoptado la dolarización completa. Mientras en América Latina los países que se han caracterizado por altos niveles de dolarización son Bolivia y Perú, los cuales en promedio de 2001 a 2003, registraron niveles de 91.0% y 69.3%, respectivamente⁸. Por lo anterior, se puede deducir que el grado de dolarización en Guatemala es bajo.

La Constitución de la República de Guatemala, en su Artículo 133, indica que la Junta Monetaria tendrá a su cargo la determinación de la política monetaria, cambiaria y crediticia del país. Por su

⁷ Consejo Monetario Centroamericano, Secretaría Ejecutiva, Informe de Coyuntura, Un vistazo a la dolarización en Centroamérica y República Dominicana, San José, C.R. septiembre de 2004.

⁸ Comboni, Javier, Volatilidad Cambiaria y Crecimiento Económico en la Subregión Andina, Lima, Perú, abril 2004.

parte, el Decreto 16-2002, Ley Orgánica del Banco de Guatemala, en su Artículo 3, señala que dicha institución tiene como objetivo fundamental, contribuir a la creación y mantenimiento de las condiciones más favorables al desarrollo ordenado de la economía nacional, para lo cual, propiciará las condiciones monetarias, cambiarias y crediticias que promuevan la estabilidad en el nivel general de precios.

En este afán, la política cambiaria dictada por el Banco de Guatemala ha contemplado el uso de mecanismos orientados a evitar la volatilidad del tipo de cambio del quetzal respecto del dólar estadounidense. A la fecha, el banco central cuenta con un mecanismo basado en una regla de participación, la cual se activa cuando ciertas condiciones se dan en el mercado cambiario. Actualmente el detonante es que el tipo de cambio intradía, de las operaciones de compra o venta del sistema bancario liquidadas con el público o el de las operaciones interbancarias liquidadas, sea superior (o inferior), al promedio móvil del tipo de cambio de los últimos cinco días más (o menos) 0.65%⁹. Los principales argumentos esgrimidos a este respecto se relacionan con el hecho que la volatilidad cambiaria modifica las expectativas de los agentes económicos, introducen especulación en el mercado cambiario, generan volatilidad en las tasas de interés de corto plazo. Tanto la volatilidad cambiaria como la de la tasa de interés en el corto plazo propician la especulación en los mercados de divisas y de dinero, lo que no permite el financiamiento que requiere la actividad productiva.¹⁰

Mucha discusión se ha generado alrededor del uso de esta banda de intervención, ya que la misma resulta en una administración del tipo de cambio y no sólo una intervención para eliminar variaciones significativas¹¹. Sin embargo es importante señalar que en los últimos diez años, la política cambiaria en Guatemala ha mantenido un criterio de relativa neutralidad, el cual consiste en mantener un mercado de divisas competitivo y transparente, en el que el tipo de cambio sea determinado por la oferta y la demanda.

La medición del riesgo siempre ha sido una preocupación en el mundo financiero. Yendo hacia atrás en la historia, existen algunos conceptos similares al de valor en riesgo; sin embargo, este concepto aparece a finales de los años ochenta. El evento que marca su utilización como instrumento de análisis es la crisis del mercado de valores de 1987. Esta crisis se consideraba improbable utilizando los modelos estadísticos estándar utilizados en ese entonces. Esto puso en

⁹ Mecanismo establecido en la Resolución JM-139-2012 de la Junta Monetaria, publicada en el Diario de Centroamérica el 28 de diciembre de 2012. Adicionalmente, se señala que una vez disparado el detonante, el Banco de Guatemala convocará a una subasta de venta (o compra) por un monto de US\$8 millones. Puede haber convocatorias adicionales por el mismo valor, pero sin exceder de un monto de cuatro subastas en el día.

¹⁰ Si el banco central tiene como objetivo el control de la inflación, el tipo de cambio, entonces, no puede ser un objetivo; sin embargo, la volatilidad cambiaria puede afectar las expectativas, por lo que al banco central le interesa reducirla. Para ello debe participar en el mercado de divisas, comprando o vendiendo, Una forma de hacerlo es estableciendo reglas de participación que le indique en qué momento debe entrar al mercado; estas reglas puede ser una simple banda de fluctuación o que se cumplan varias condiciones particulares, las cuales deben estar claramente establecidas.

¹¹ Paulo León de Central American Business Intelligence -CABI- ha planteado la interrogante de si la "regla cambiaria" es una regla 100% o hay algo de discrecionalidad (Black Box 13 de abril de 2010). Por su parte, Jorge Briz, Presidente de la Cámara de Comercio ha señalado que no se puede olvidar que en la administración pasada (en referencia a la gestión de la Licda. Antonieta de Bonilla) el Banco de Guatemala, de manera arbitraria, cambió la regla de intervención y eso provocó la devaluación del quetzal de Q7.39 y a casi Q8.41, que no correspondía a la realidad nacional del tipo de cambio (Prensa Libre 13 de mayo de 2011).

tela de duda el análisis de las finanzas basadas en modelos cuantitativos. Analizando el pasado, se llegó a la determinación que existen crisis recurrentes que deterioraban los supuestos estadísticos de los modelos utilizados para estimar precios posibles para negociar en los mercados.

El concepto de valor en riesgo se desarrolló como una manera sistemática de segregar eventos extraordinarios de los movimientos de precios diarios, los cuales son estudiados cuantitativamente utilizando información de corto plazo en determinados mercados.

A principios de los noventa algunas empresas que operaban en la bolsa ya computaban el VaR como indicador de riesgo. Una de ellas es J.P. Morgan, quien la comenzó a utilizar como una forma estándar de reportar y, luego, en 1994, publicó la metodología y puso a disposición las estimaciones que realizaba. Esta es la primera vez que el VaR fue conocido como tal. Dos años después la metodología fue comercializada por parte de la empresa RiskMetrics Group¹².

A partir de 1997, luego de que la oficina del gobierno de los Estados Unidos de América responsable de la supervisión de los mercados de valores y de cambios, SEC por sus siglas en Inglés (*Securities and Exchange Commission*), obligara a los emisores a publicar información cuantitativa de sus productos derivados, la mayor parte de bancos y los agentes de bolsa implementaron como regla incluir información del VaR en las notas de sus estados financieros.

Para las actividades de compra venta de moneda extranjera o para el mantenimiento de posiciones en dicha moneda; así como para calcular el riesgo de inversiones u otro tipo de portafolio, la medida de valor en riesgo ha sido un avance significativo, ya que provee a los bancos con una medida de la mayor pérdida esperada en el portafolio, durante un período de tiempo, dado un nivel de probabilidad. Asimismo, dicha medida provee una base estadísticamente confiable y relativamente fácil de comprender para la administración del riesgo de mercado, que, además, se ha utilizado de fundamento para los nuevos requerimientos de capital para bancos internacionalmente activos.

En Guatemala, la primera vez que aparecen estos conceptos es en la Resolución de la Junta Monetaria JM-16-2006, la cual contiene la política de administración de reservas monetarias internacionales del Banco de Guatemala, cuando se hace referencia al error de réplica o “*tracking error*”, el cual en el glosario de dicha Resolución se señala que “es la volatilidad del retorno activo medida como la desviación estándar del diferencial de retornos respecto al *benchmark* determinado”. Lo anterior se refería a cálculos que debían de hacerse a los retornos de los activos externos de los distintos portafolios que estaban bajo la gestión de administradores externos y servía para evaluar, precisamente, la gestión de estos.

A nivel de normativa bancaria, en 2009, la Junta Monetaria emitió su Resolución 117-2009 que contiene el Reglamento para la Administración de Riesgo de Liquidez. Dicho reglamento es una norma de aplicación general y de carácter mandatorio para todas las instituciones bancarias del país. Derivado de dicho reglamento, la Superintendencia de Bancos emitió su Oficio No. 5739-2009, que contiene a mayor detalle cómo calcular el riesgo de liquidez. Dentro de este oficio se encuentra una

¹² RiskMetrics Group, Inc. es una empresa consultora dedicada a la administración de riesgos y gobernanza corporativa. Uno de los segmentos en que opera es el segmento de RiskMetrics que provee a sus clientes asesoría en portafolios de inversión, basada en riesgos. Fue la primera empresa que utilizó los conceptos de valor en riesgo VaR, por sus siglas en inglés.

metodología basada en análisis de volatilidad, sólo que para ser aplicada al análisis de probables retiros de depósitos.

En 2011, la Junta Monetaria emitió otra resolución, la JM-56-2011, que contiene el Reglamento para la Administración Integral de Riesgos. Sin embargo, a la fecha no existe ninguna norma específica que trate el tema de riesgo de mercado y, por ende, el tema específico del riesgo asociado a la volatilidad cambiaria.

En Guatemala, existen distintos estudios que tratan del comportamiento del tipo de cambio, con enfoques diversos, pero es muy escasa la literatura relacionada con la volatilidad cambiaria y ninguna presenta aplicaciones metodológicas para su cálculo.

Guillermo Díaz escribió en 2010 un artículo titulado “Cobertura del Riesgo Cambiario en Guatemala”, en el que aborda aspectos sobre la definición y cuantificación del riesgo cambiario, así como de los instrumentos que en el mercado de las finanzas internacionales se dispone para su cobertura. Además, realiza una descripción de la evolución del tipo de cambio en el último quinquenio y ejemplifica el cálculo del riesgo de cambio mediante el método del valor absoluto en riesgo por simulación histórica.¹³ Sin embargo, desde el punto de vista metodológico, sólo se circunscribe a indicar qué tipos de riesgo hay y las metodologías que se pueden utilizar, pero no aborda la forma de calcular el riesgo cambiario ni la volatilidad, tampoco hay descrita alguna metodología para calcularlos.

Por otro lado, en su trabajo “Análisis de la Exposición Cambiaria en el Sistema Bancario Guatemalteco a través del Método de Valor en Riesgo por Simulación Histórica”, Juan Carlos Galindo Girón considera la medición de la exposición cambiaria en el sistema bancario, a efecto de ser analizado y evaluado a través de la aplicación del método valor en riesgo –VaR- por simulación histórica.¹⁴

III. MARCO TEÓRICO

a. VALOR EN RIESGO CAMBIARIO

En general, el tipo de cambio se puede definir como el valor relativo entre dos monedas. En particular, es la cantidad de una moneda que se requiere para comprar, o que se recibe por vender, una unidad de otra moneda. Además, el tipo de cambio es un precio macroeconómico, como lo son la inflación y la tasa de interés, que puede tener efectos poderosos en otras variables macroeconómicas, tales como la demanda de exportaciones e importaciones, la producción, la inflación y el empleo.

¹³ Desde el punto de vista metodológico, Díaz sólo se circunscribe a indicar qué tipos de riesgo hay y las metodologías a utilizar, en las cuales destaca el método de covarianzas y la simulación Monte Carlo, pero no hay descrita alguna metodología para calcularlo.

¹⁴ El autor presenta un cálculo de VaR, basado en el comportamiento de tipo de cambio de 2010. Para el efecto utilizó un nivel de probabilidad del 5% y llegó a determinar una máxima pérdida de (-0.00218) y una máxima ganancia de (0.00129).

En efecto, las fluctuaciones cambiarias pueden tener efectos positivos y negativos. En el caso de una apreciación de la moneda, las importaciones se tornan más baratas, lo cual puede incidir en una reducción de los precios internos y promover el consumo; mejora la capacidad de pago de los residentes al adquirir bienes importados o al viajar fuera del país; y, reduce los costos de producción (materias primas y bienes de capital importados), máxime cuando la producción depende mucho de ellos. Todo ello puede llevar a tener niveles de inflación más bajos y, por ende, niveles menores de tasas de interés. Sin embargo, también acarrea desventajas tener una moneda fuerte, sobrevaluada o apreciada, ya que ello puede provocar incremento en el déficit comercial, al abaratar las importaciones y encarecer relativamente las exportaciones, afectando así la competitividad externa, que deriva en una pérdida de participación en el mercado. Esto puede dañar la rentabilidad y reducir el empleo en algunos sectores económicos, sobre todo en los que están más relacionados con la producción para exportación. Si las exportaciones caen, esto causa una reducción en la demanda agregada y, por consiguiente, en el crecimiento económico en el corto plazo. También, una caída de las exportaciones provoca una caída en la confianza del inversionista, ya que la inversión depende, en alguna medida, de la fortaleza de la demanda. Además, es importante considerar que los efectos de las fluctuaciones cambiarias dependen del rezago con que el tipo de cambio pueda afectar dichas variables, así como de la magnitud de los cambios que se den en el tipo de cambio; es decir, si los cambios son de corto o largo plazo y de cómo los agentes económicos responden ante las fluctuaciones cambiarias. La elasticidad precio y la de la demanda son importantes en este análisis.

Cabe indicar que las fluctuaciones del tipo de cambio dependen en gran medida del régimen cambiario que se tenga; es decir, del conjunto de reglas e instituciones que rigen la forma en que se determina el tipo de cambio. A este respecto la teoría económica distingue tres regímenes de tipo de cambio: fijos, flexibles y administrados.

Los regímenes cambiarios fijos, adoptados principalmente en economías dolarizadas o en un ambiente de caja de convertibilidad, tal es el caso de El Salvador y de la Argentina hace unas décadas. En el caso de la dolarización, la moneda local desaparece y se sustituye completamente con la moneda adoptada, el dólar. En el caso de la convertibilidad o “*currency board*”, como también se le conoce, la moneda doméstica continua circulando, pero con una característica determinante: su emisión depende única y exclusivamente de la cantidad de dólares que tenga en sus arcas el banco central; la posibilidad de emisión sin respaldo no cabe dentro de este régimen. En ambos casos, dolarización o convertibilidad, los instrumentos de política monetaria desaparecen, incluyendo dentro de ellos la posibilidad de devaluar; salvo que se renuncie al régimen. Otra forma dentro de los regímenes de tipo de cambio fijo, es la determinación de éste en forma arbitraria, como lo fue durante mucho tiempo en Guatemala, cuando por Ley o por una decisión de política cambiaria se establecía el tipo de cambio de la moneda. Una característica importante de este último esquema es que se mantiene la política monetaria, por lo que puede existir emisión sin respaldo en reservas monetarias internacionales.

En el caso del régimen de tipo de cambio flexible o libre, la determinación de éste se hace en el mercado, sin ninguna intervención para guiar su comportamiento. Dentro de esta categoría se encuentran los sistemas cambiarios de economías más desarrolladas y cuya moneda se cotiza en los mercados internacionales. No obstante ello, en determinadas oportunidades, las autoridades

monetarias o fiscales de estas economías, intervienen a manera de impactar en el precio de sus monedas, respondiendo a necesidades de competitividad.

En el caso del tipo de cambio administrado, la determinación del tipo de cambio se deja al mercado; pero con algunas condiciones. Para ello, las autoridades monetarias tienden a intervenir en el mercado para guiar el comportamiento del tipo de cambio, en base a sus intereses. En ese sentido, la intervención puede ser basada en alguna regla; o bien, puede ser por la vía discrecional. El objetivo de la administración puede ser orientado a influir en la tendencia del tipo de cambio o únicamente a reducir volatilidad.

Cabe indicar que la decisión sobre qué sistema cambiario utilizar es un tema no resuelto en la teoría económica. Sin embargo, no importando el régimen cambiario que se adopte, tarde o temprano, el verdadero valor de una moneda resulta siendo determinado por las condiciones del mercado.

En adición a lo anterior, es importante mencionar que el régimen en que se desarrolle el mercado cambiario incide en la volatilidad del tipo de cambio. Es obvio pensar que en regímenes de tipo de cambio fijo la misma no exista, por consiguiente, la volatilidad es un elemento inherente de un régimen de tipos de cambio no rígido. Además, es importante tomar en consideración el grado de flexibilidad que exista, ya que en los regímenes controlados o administrados, aunque el tipo de cambio no sea fijo, sí tiene algunas particularidades que limitan la volatilidad.

La volatilidad se define como una medida de los cambios del precio de un activo; de esa cuenta, la volatilidad cambiaria mide los cambios de precio de una divisa. También se puede conceptualizar como la medida de oscilación de dicho precio con respecto de un valor medio de referencia. Para su estimación, normalmente se utiliza la desviación típica del porcentaje de variación diario de sus valores correspondientes en un período de tiempo determinado.

Generalmente, se reconoce que una alta volatilidad bajo esquemas de flotación cambiaria introduce una mayor probabilidad de riesgo asociado a la mayor variación aleatoria del tipo de cambio, porque no permite que los agentes económicos entiendan las condiciones de mercado y no puedan, como tal, establecer decisiones en función a sus estrategias de mercado.

El Valor en riesgo o VaR, como se le conoce por sus siglas en inglés (de *Value at Risk*), proporciona una medida resumida del riesgo de mercado y mide la posible pérdida máxima esperada durante un determinado intervalo de tiempo, bajo condiciones normales del mercado, y dentro de un nivel de confianza establecido. Entonces, la pérdida máxima que mide el VaR está en función de dos elementos clave: el tiempo y el nivel de confianza. Otro supuesto importante de tener siempre en cuenta, es que el cálculo se hace bajo condiciones normales de mercado; esto quiere decir que en momentos donde existan tensiones muy fuertes, derivadas de eventos impredecibles, se rompen los supuestos de la estimación. Así la pérdida máxima esperada es la probabilidad de que ésta ocurra, en un determinado tiempo, en condiciones normales y a un nivel de confianza dado. Por ejemplo, una institución financiera puede estimar la máxima pérdida diaria resultado de las transacciones de su portafolio de inversiones, a un nivel, por ejemplo, del 99% de confianza. En otras palabras, al calcular la máxima pérdida, hay sólo una posibilidad en 100, bajo condiciones normales de mercado, que ocurra que ésta sea mayor al monto estimado. El valor estimado, o sea el VaR, resume de manera simple la exposición de la institución a un riesgo de

mercado, además que dicho valor se cuantifica en términos de lo que una empresa trabaja: en unidades monetarias. Con esta información, los accionistas o la propia administración pueden decidir si se sienten conformes con este nivel de riesgo.

Dentro de los riesgos de mercado a los cuales está expuesto un portafolio está el cambiario. En este caso, las pérdidas posibles se asocian a movimientos que a diario suceden en el tipo de cambio. En efecto, el riesgo cambiario es inherente a las operaciones de compra venta de divisas ya que un operador en el curso normal del negocio (en la medida que compra o vende moneda extranjera a un cliente o a otro banco), crea una posición “abierta” para la institución en dicha moneda, a menos que esté cubriendo o compensando una posición tomada previamente. Cada vez que el operador toma una nueva posición en moneda extranjera, dicha posición está expuesta inmediatamente al riesgo que el tipo de cambio pueda moverse desfavorablemente y esto permanecerá así hasta que pueda cubrirse con una transacción que la compense. El riesgo es continuo; un descalce momentáneo puede ser más que suficiente para que aquello que se pensaba era una transacción rentable se convierta en una pérdida costosa. Para el caso del riesgo cambiario, también es posible estimar la máxima pérdida a la que se puede estar expuesto, a lo cual se le llama valor en riesgo cambiario o VaR Cambiario¹⁵.

La utilización del VaR, como medida de riesgo cambiario, toma importancia por la convergencia de varios factores. Estos incluyen las presiones de las instituciones supervisoras por mejorar el control de los riesgos financieros; la globalización de los mercados financieros, la cual ha implicado que se tenga una exposición a más fuentes de riesgo; y, los avances tecnológicos, que han hecho la administración de riesgos una realidad cada vez más al alcance de la mano, ya que día a día se vienen desarrollado herramientas que facilitan dicha administración.

Utilizando técnicas estadísticas estándar, y basado en parte en la experiencia pasada o sea el comportamiento histórico de una variable, el análisis del VaR puede ser utilizado para estimar las pérdidas esperadas derivadas de movimientos del tipo de cambio, con un porcentaje de probabilidad, en un período particular de tiempo.

El VaR es una herramienta útil para el cálculo del riesgo de mercado y para dar una mejor idea de cómo, en un futuro cercano, se comportaría éste, además los cálculos pueden ser utilizados para definir acciones que permitan mitigar el riesgo en el balance de una institución o determinar cómo la situación se puede ver en términos de estrategia institucional y tolerancia al riesgo. No obstante lo anterior, el VaR tiene sus limitaciones debido a que provee un estimado y no un cálculo de las potenciales pérdidas. Los cálculos están basados en experiencias históricas y otros pronósticos de volatilidad que son válidos únicamente si los supuestos también son válidos; o sea, en condiciones normales del mercado. Condiciones normales se refiere al hecho de que el mercado no esté expuesto a algún choque que haga que su comportamiento varíe abruptamente, como una crisis bancaria, un desastre natural, etc. Lo anterior es así, porque las estimaciones se derivan del análisis de períodos de normalidad, por lo que no podrían explicar eventos extraordinarios.

¹⁵ La posición abierta neta en moneda extranjera es un indicador que se utiliza para determinar la exposición de las instituciones de depósito al riesgo cambiario en comparación con el capital. Mide el descalce o posición abierta entre las posiciones activa y pasiva en moneda extranjera con el fin de evaluar la vulnerabilidad potencial de la posición de capital de las instituciones de depósito ante las fluctuaciones del tipo de cambio.

También pueden existir limitaciones estadísticas para ciertos casos. El cálculo del VaR utiliza como medida la desviación estándar; sin embargo, hay evidencia empírica que las variaciones diarias en el tipo de cambio, por lo general no se ajustan a una distribución normal, sino exhiben una propiedad llamada leptocurtosis¹⁶ lo que significa que tiene colas más anchas y datos más concentrados en el medio de una curva normal. Lo anterior podría dar un sesgo al resultado a obtenerse.

Al estimar el riesgo con base en la experiencia pasada, se puede cuestionar si dicha experiencia se repite; o bien, cuál período del pasado es más relevante y cómo podría ser utilizado. Por consiguiente, en el proceso de cálculo del VaR se podrían plantear los cuestionamientos siguientes: ¿Debería la fórmula darle mayor peso al pasado reciente? ¿Debería tomarse en cuenta un período mayor de tiempo para el análisis? ¿Deberían introducirse juicios acerca de las condiciones fundamentales del mercado?

No obstante las limitaciones mencionadas, la utilización del VaR se ha incrementado por parte de los participantes en el mercado, a la par de contar con límites de riesgo, monitoreo, escenarios con tensión¹⁷ y otras técnicas para determinar el riesgo de mercado. Estos últimos se ven como un complemento y mejora del análisis basado en el VaR, proporcionando un enfoque dinámico de probabilidades, más que tener una foto de un momento. Por tanto, el VaR sigue siendo la forma de medida que más se ajusta para el cálculo del valor en riesgo y, por tanto, la más utilizada.

En el cálculo de requerimientos de capital basados en riesgo, las entidades supervisoras de bancos del G-10¹⁸, actuando a través del Comité de Basilea de Supervisión Bancaria¹⁹, permiten a las grandes instituciones bancarias medir su riesgo de mercado a través de sus propios modelos para el cálculo del valor en riesgo. La recomendación de Basilea II es que cada institución puede utilizar su propio modelo como referencia para realizar sus cálculos de sus requerimientos de capital basados en riesgo; pero, sujeto a la aprobación del supervisor y de conformidad con ciertos estándares cuantitativos y cualitativos relacionados con la forma de medir y administrar el riesgo de mercado, entre ellos se entendería la aplicación de la metodología del VaR.

Es importante mencionar que la administración de riesgos en el sistema bancario está conceptualizado como el proceso mediante el cual las entidades de intermediación financiera identifican, miden, evalúan y controlan los riesgos inherentes al negocio, con el objeto de conocer el grado de exposición que están dispuestas a asumir en el desarrollo de sus operaciones y definir los mecanismos de cobertura para proteger los recursos propios y de terceros que se encuentran bajo su

¹⁶ En referencia a la normal, una distribución leptocúrtica es aquella que tiende a concentra más datos en valores cercanos a la media. A la distribución más plana, o sea con más dispersión se le conoce como platicúrtica y la normal, como mesocúrtica.

¹⁷ Las pruebas de tensión son simulaciones que se realizan para medir el efecto del cambio de una variable sobre otra u otras variables, asumiendo situaciones extremas. En el caso del riesgo cambiario se puede asumir que el mercado se enfrente a una depreciación dos o tres veces mayor a la que se estima mediante el VaR, a manera de saber hasta cuanto puede elevarse una potencial pérdida de capital por esta razón.

¹⁸ G10, grupo de países más desarrollados, compuesto por (Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Países bajos, Suecia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos).

¹⁹ Ver 3

administración. A su vez el riesgo de mercado se define como la probabilidad de incurrir en pérdidas en los ingresos esperados o en el patrimonio, originadas en fluctuaciones no previstas, entre otros, de la tasa de cambio.

b. EXPOSICIÓN CAMBIARIA Y POSICIÓN NETA DEL BALANCE EN MONEDA EXTRANJERA

Cuando una institución mantiene posiciones en moneda extranjera, sean positivas (activos mayores que pasivos) o negativas (pasivos mayores que activos), las fluctuaciones cambiarias pueden generar ganancias o pérdidas en su balance. Estos resultados pueden tener origen en una transacción o en una valuación. En el primer caso, la ganancia o pérdida se relaciona con la venta de un activo en moneda extranjera que pudo haberse adquirido a un tipo de cambio menor o mayor al de venta, aunque su valor nominal de venta sea igual, y se registra inmediatamente en el estado de resultados de la institución. En el segundo caso la ganancia o pérdida devienen de una valuación de los activos y pasivos financieros de la institución, derivados de fluctuaciones cambiarias; por lo que resultan en ganancias o pérdidas no realizadas.

Cuando conviven activos y pasivos de distintas monedas, esto sugiere consolidar los balances en una sola unidad monetaria, normalmente la doméstica; de allí la necesidad de contar con metodologías de valuación para que dichos balances se presenten en una única moneda. Por consiguiente, la valuación se traduce en un proceso mediante el cual se expresan montos denominados en moneda extranjera en la moneda doméstica o en la que deben realizarse dada la conveniencia.

Los procesos de valuación cumplen con los siguientes objetivos: proveer información sobre los efectos económicos que cambios en el valor de la moneda tienen en el flujo de fondos de una empresa o en el valor de las inversiones; y, reflejar en forma consolidada los resultados financieros. A esto se le conoce en la jerga financiera como *mark to market* o *fair value accounting* y es un concepto que implica el registro contable directo, de las pérdidas generadas por cambios en el valor de mercado de los activos o pasivos del balance²⁰.

Por tanto, es importante señalar que mantener posiciones en moneda extranjera, sumado al hecho de que no exista calce entre activos y pasivos o en plazos, genera una exposición cambiaria que puede afectar la posición financiera de la institución.

En efecto, la posición neta de cambios o posición neta en moneda extranjera es la diferencia entre los activos y los pasivos en moneda extranjera, incluyendo las operaciones contingentes en tales monedas, las que, para efecto de unificación, se calculan en una sola moneda; por ejemplo en dólares de los Estados Unidos de América. Cuando la posición neta en dólares es positiva (activos superiores a los pasivos), se dice que la posición es larga o neta positiva; y, cuando la posición neta en dólares es negativa (pasivos superiores a los sus activos), se conoce como posición corta o neta negativa. Sea positiva o negativa, el sólo hecho de mantener una posición en moneda extranjera, significa que existe una exposición al riesgo.

²⁰ Rapán, Rodolfo. Mark to market. Blog de Finanzas Globales, Zona Bancos.

Por tal razón es que, con el objeto de minimizar el riesgo derivado de estas exposiciones, entre las medidas prudenciales se utiliza la de establecer límites a estas posiciones; ya que, a mayor posición (sea larga o corta), el riesgo de que una fluctuación cambiaria modifique el valor de dicha posición será también mayor y, por tanto, también será mayor el riesgo de afectar el patrimonio.

Por ejemplo, cuando los activos son superiores que los pasivos (posición larga) un alza esperada en el valor de la divisa produce una mejora patrimonial al momento de valuar los activos y los pasivos del balance. Contrariamente, una baja en el valor de la divisa, ante una posición larga reducirá en mayor cuantía el valor de los activos que el de los pasivos, teniendo un efecto negativo. De forma inversa, con posiciones cortas, un alza en el tipo de cambio tendrá un efecto negativo y una baja en el tipo de cambio tendrá un efecto positivo.

En el cuadro siguiente se ilustra el efecto en el patrimonio (ΔK), derivado de las variaciones en el tipo de cambio (ΔTC) frente a determinadas posiciones (Activos vs Pasivos):

CUADRO 1

EFECTO EN EL PATRIMONIO ANTE FLUCTUACIONES CAMBIARIAS

Posición	Fluctuación	Efecto
A > P	$\Delta TC > 0$	$\Delta K > 0$
A < P	$\Delta TC > 0$	$\Delta K < 0$
A > P	$\Delta TC < 0$	$\Delta K < 0$
A < P	$\Delta TC < 0$	$\Delta K > 0$

Desde el punto de vista de administración de riesgos no resulta relevante medir la probabilidad de tener ganancias de capital derivadas de la valuación de activos y pasivos, ante variaciones en el tipo de cambio. Por tanto, en lo que debe centrarse la atención es en aquellos casos en donde existe el riesgo de una pérdida de patrimonio, es decir:

Cuando los activos en moneda extranjera son mayores que los pasivos en dicha moneda, una apreciación del tipo de cambio afectaría su posición patrimonial, ya que la contracción del valor de los activos sería mayor que la contracción del valor de los pasivos.

$$\mathbf{A > P \ \& \ \Delta TC < 0 \ \rightarrow \ \Delta K < 0}$$

O, cuando los activos en moneda extranjera son menores que los pasivos en dicha moneda, una depreciación del tipo de cambio afectaría su posición patrimonial, ya que el aumento del valor de los pasivos sería mayor que el aumento del valor de los activos.

$$\mathbf{A < P \ \& \ \Delta TC > 0 \ \rightarrow \ \Delta K < 0}$$

Por consiguiente, en cualquiera de estos dos casos, al calcular el valor en riesgo cambiario, la volatilidad estimada se aplicaría a las posiciones largas o cortas, en el entendido que la volatilidad es un valor absoluto que puede ser interpretado como una probabilidad de alza como de baja y, por tanto, afectaría de igual forma si la posición es positiva o negativa.

Por tanto, para el cálculo del VaR cambiario se toma el valor absoluto de la posición del balance en moneda extranjera y éste se relaciona con el valor máximo esperado de fluctuación esperado, calculado en base a las volatilidades diarias. El valor absoluto resultante es el valor en riesgo.

c. VOLATILIDAD

La estadística es una ciencia que estudia la recolección, análisis e interpretación de datos, ya sea para ayudar en la toma de decisiones o para explicar condiciones regulares o irregulares de algún fenómeno o estudio aplicado, de ocurrencia en forma aleatoria o condicional. La estadística analítica permite, a partir de la utilización del concepto de probabilidad, inferir el comportamiento de una variable.

La estadística analítica, también llamada inferencial, se dedica a la generación de los modelos, inferencias y predicciones asociadas a los fenómenos en cuestión teniendo en cuenta la aleatoriedad de las observaciones. Se usa para modelar patrones en los datos y extraer inferencias acerca de la población bajo estudio. Estas inferencias pueden tomar la forma de respuestas a preguntas (prueba de hipótesis), estimaciones de características numéricas (estimación), pronósticos de futuras observaciones, descripciones de asociación (correlación) o modelaje de relaciones entre variables (análisis de regresión). Otras técnicas de incluyen análisis de series de tiempo y minería de datos²¹.

Tomando en cuenta que el presente estudio se centra en la medición de la volatilidad del tipo de cambio para evaluar sus efectos sobre la posición patrimonial derivado de una exposición cambiaria, a continuación se abordan los aspectos técnicos y metodológicos de naturaleza estadística que pueden servir para el cálculo de dicha volatilidad, haciendo referencia a los aspectos más importantes de la estadística analítica.

i. VARIACIÓN RELATIVA COMO MEDIDA DE VOLATILIDAD

Dentro del contexto de lo que se pretende medir, se torna básico el análisis de la información desde un punto de vista relativo; o sea, determinar cuánto cambia una variable en relación a un valor base.

Suponiendo una serie de datos,

$$X_0, X_1, X_2, \dots \dots X_t$$

La forma de medir la variación relativa puede ser de dos maneras: normal o mediante el uso de logaritmos.

En la forma normal, el crecimiento relativo de X_1 se define como:

$$\left(\frac{X_1}{X_0}\right) - 1 = \Delta r X_1$$

²¹ La minería de datos (*data mining* en inglés) es el proceso de detectar la información procesable de los conjuntos grandes de datos. Utiliza el análisis matemático para deducir los patrones y tendencias que existen en los datos. Normalmente, estos patrones no se pueden detectar mediante la exploración tradicional de los datos porque las relaciones son demasiado complejas o porque hay demasiado datos.

en donde: ΔrX_1 significa la variación relativa de la variable X, calculada en base el cambio relativo que la variable tiene en relación al valor del dato previo.

La medición de la variación relativa en términos de logaritmos naturales, es recomendada especialmente cuando las variaciones relativas tienden a ser mayores. En este caso la variación se define de la manera siguiente:²²

$$\text{Ln} \left(\frac{X_1}{X_0} \right) = \Delta rX_1$$

en donde ΔrX_1 , de nuevo, significa la variación relativa de la variable X, sólo que calculada en base al logaritmo natural del cambio proporcional de la variable en relación al valor del dato previo.

En cualquiera de los dos casos anteriores, se está ante la variación relativa del valor de una variable. Dicha variación puede estar expresada en tanto por uno (utilizando la base unitaria) o en porcentaje (utilizando cien como base). Para el caso de su aplicación a los cambios de valor de un activo, como puede ser una acción o un bono, se utiliza el concepto de retorno. Por tanto, la variación relativa se puede asimilar al concepto de retorno del tipo de cambio.

ii. TENDENCIA CENTRAL Y DISPERSIÓN COMO MEDIDA DE VOLATILIDAD

Para calcular la variabilidad o volatilidad del valor de un conjunto de variables (del tipo de cambio, por ejemplo), pueden utilizarse indicadores estadísticos que muestren la dispersión de una variable respecto de su tendencia central.

A ese respecto, la estadística en su función básica de reducir datos propone la desviación media y la varianza como medidas de dispersión que muestran la variabilidad de una distribución; y, la media aritmética, la moda y la mediana, como medidas de tendencia central²³.

1. Medidas de tendencia central

Las medidas de tendencia central son indicadores estadísticos que muestran hacia qué valor (o valores) se tienden a agrupar los datos.

La media aritmética (μ o \bar{X}) representa el valor promedio simple de un conjunto de datos. Resulta de dividir la sumatoria de un conjunto de datos sobre el número total de estos.

²² Una ventaja de usar variaciones en logaritmos es que ellas son aditivas. Ejemplo si el valor cae 0.01 en día y, luego. Aumenta 0.01 el siguiente, se finaliza con el mismo valor con que se inició. Esto no es cierto cuando se habla de variaciones porcentuales (y es aún menos valedero cuando se consideran grandes movimientos como caídas de 50% en un día y alzas del mismo valor al siguiente).

²³ Lejarza, Juan. & Ignacio Lejarza. Distribución Normal, www.uv.es/ceaces/pdf/normal.pdf

Por su parte, la mediana (*Me*) es el valor central de una serie de datos, o el valor que divide un número de datos en dos partes iguales. La cantidad de datos que queda por debajo y por arriba de la mediana son iguales en número.

La utilización de la mediana tiene algunas ventajas y desventajas. Entre las primeras está el hecho de que es estable a los valores extremos y es recomendable para distribuciones muy asimétricas. Entre las desventajas, la mediana no presenta todo el rigor matemático para su determinación y se emplea solo en variables cuantitativas.

La Moda (*Mo*), por su parte, indica el valor que más se repite de una serie de datos. También se define como la clase que posee mayor frecuencia. En el caso de que dos valores presenten la misma frecuencia, decimos que existe un conjunto de datos bimodal. Para más de dos modas hablaremos de un conjunto de datos multimodal.

Entre las tres medidas de tendencia central, la media aritmética es la más utilizada, ya que tiende a ser más estable (fluctúa menos que la moda o la mediana); asimismo, presenta un rigor matemático para su cálculo, y es útil para establecer comparaciones entre grupos.

Por su parte la moda tiene la desventaja de que puede que, en una serie de datos, no se presente (que ningún dato se repita); o bien, que puede aparecer más de una moda. En el caso de la mediana la mayor desventaja es que su cálculo no tiene todo el rigor matemático y puede no ser completamente representativa de un grupo de datos.

2. Medidas de dispersión

Por el lado de las medidas de dispersión, también llamadas medidas de variabilidad, éstas muestran si las diferentes puntuaciones de una variable están muy alejadas de su valor promedio. Cuanto mayor sea ese valor, mayor será la variabilidad.

Para calcular la variabilidad que una distribución tiene respecto de su valor promedio, se calcula la media de las desviaciones de las puntuaciones respecto a la media aritmética. Pero la suma de las desviaciones es siempre cero, de ahí que para conseguir este cálculo se pueden adoptar dos estrategias: una es tomando las desviaciones en valor absoluto (desviación media) y otra es tomando las desviaciones al cuadrado (varianza), que es la más utilizada.

Para efecto de este estudio, se utiliza como medida de tendencia central la media aritmética²⁴ y como medida de dispersión la desviación típica o estándar, que es la raíz cuadrada de la varianza²⁵.

²⁴ Dados los números $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, la media aritmética se define simplemente como:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

²⁵ La desviación estándar es la raíz cuadrada del cociente resultante entre la sumatoria de todas las desviaciones al cuadrado y el número de datos. $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{N}}$

Cuanto mayor sea el valor de la desviación típica, más dispersos estarán los datos y, por consiguiente, mayor la variabilidad.

La desviación típica da información sobre la dispersión de los datos respecto al valor de la media; cuanto mayor sea su valor, más dispersos estarán los datos.

iii. DISTRIBUCIÓN NORMAL EN EL ANÁLISIS DE VOLATILIDAD

La distribución normal es una distribución de variable continua que queda especificada por dos parámetros de los que depende una función de densidad y que resultan ser la media y la desviación típica de la distribución. La función densidad presenta un máximo en su valor central donde está situada la media aritmética. En efecto, una distribución de probabilidad sigue una distribución normal de media \bar{x} y desviación típica σ , cuya notación es $N(\bar{x}; \sigma)$. La función de densidad es una curva positiva continua, simétrica respecto a la media, de máximo en dicha media, y tiene dos puntos de inflexión, situados a ambos lados de la media ($\bar{x}-\sigma$ y $\bar{x}+\sigma$ respectivamente).²⁶

La forma de la curva normal está dada por una función densidad definida de la forma siguiente²⁷:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, x \in \mathbf{R}$$

Donde:

σ = Desviación estándar

μ = Media aritmética

π = Valor pi, que es la relación entre la longitud de una circunferencia y su diámetro.

e = Número de Euler o constante de Napier, base de los logaritmos neperianos y que equivale aproximadamente a 2.71828.

Destaca también dentro de la función de la curva normal la relación entre los errores ($x - \mu$) y la desviación estándar (σ), conocida como el valor estándar (z) y que indica, dentro de una distribución normal, la relación entre el número de desviaciones estándar y el porcentaje de área que queda entre la media aritmética y dicho número de desviaciones. Tomando en cuenta que la distribución normal es simétrica respecto de la media; entonces es posible relacionar las variables aleatorias con la distribución normal estándar, siempre y cuando el comportamiento de las variables aleatorias tienda a la normalidad.

En otras palabras, un valor estándar indica cuántas desviaciones estándar está una observación por encima o por debajo de la media.

Los valores estándar son conocidos, además de valores z , como valores normalizados y son utilizados para comparar una muestra con una típica curva normal con una media aritmética (μ) y una desviación estándar (σ) conocidas.

²⁶ Ver 23

²⁷ Weisstein, Eric W. "Normal Distribution." From MathWorld--A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/NormalDistribution.html>

Esta transformación de una variable aleatoria con una determinada distribución en una nueva variable aleatoria con distribución normal o aproximadamente normal, es una práctica estadística llamada normalización. La normalización o estandarización permite utilizar las características implícitas de una distribución normal en el análisis de una distribución aleatoria, que se supone se comporta como una normal.

Una vez definida la normalidad de una distribución, el análisis permite determinar cuál rango de la distribución contiene una determinada proporción de datos. Así, en la medida que se tome un mayor número de veces la desviación estándar, la proporción de datos que incluye será mayor. La ventaja de la normalidad es que puede calcularse la densidad de la muestra, tomando como base su valor medio y adicionándole un determinado número de desviaciones estándar. El número de desviaciones estándar que se adiciona a la media es el valor estándar (z)²⁸.

Desde el punto de vista matemático existe una variedad de formas de distribución de variables, las que se relacionan con el análisis probabilístico; sin embargo, de acuerdo con la literatura, las distribuciones de uso frecuente tienden a aproximarse a la distribución normal bajo ciertas condiciones. En efecto, según el Teorema Central del Límite o Teorema del Límite Central, todo tipo de distribución tiende a la normalidad en la medida que aumenta el número de observaciones.²⁹

En el análisis probabilístico, la distribución normal aparece como el límite de varias distribuciones de probabilidad, continuas y discretas³⁰. Una manera de ver esto gráficamente se presenta a continuación, donde se representa cómo una serie de distribuciones tienden a la normalidad, siguiendo el indicado Teorema Central del Límite.³¹

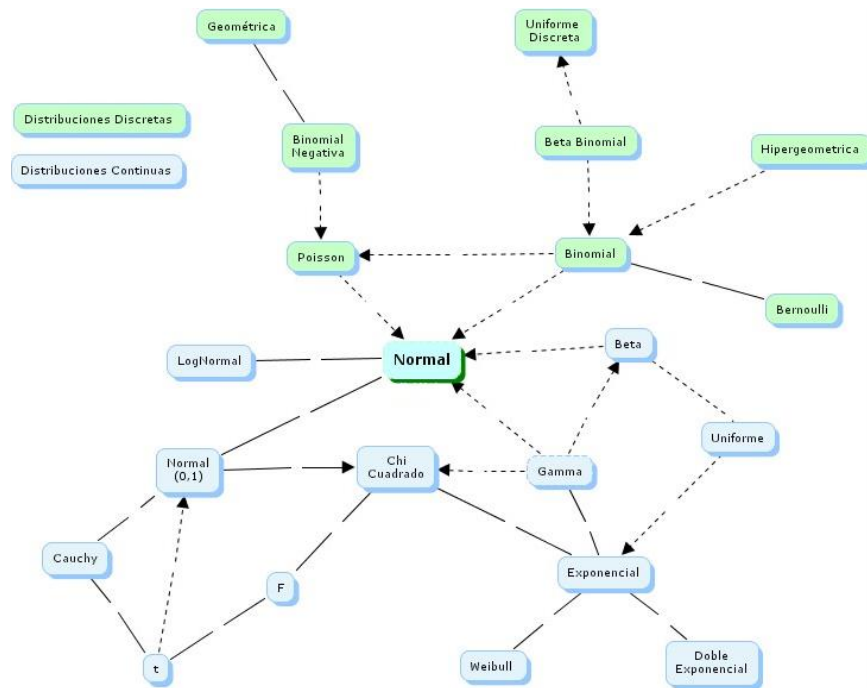
²⁸ Ver Anexo III

²⁹ Blaiotta, Jimena, Guido Spano y. Pablo Delieutraz. Teorema Central del Límite, Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires 2004.

³⁰ Morales Vallejo, Pedro (2008) La distribución normal. Estadística aplicada a las Ciencias Sociales. Madrid: Universidad Pontificia Comillas (edit@pub.upcomillas.es).

³¹ El teorema del límite central señala que si existe un grupo numeroso de variables independientes y todas ellas siguen el mismo modelo de distribución (cualquiera que éste sea), la suma de ellas se distribuye según una distribución normal. Todos los tipos de distribución tienden a la normalidad cuando sus variables se tornan numerosas

GRAFICA 3



FUENTE: http://dta.utalca.cl/estadistica/ejercicios/bases_teoricas/Modelos/modelos.html

Resulta importante mencionar que diversos fenómenos reales se pueden modelar con la distribución normal, tal es el caso de la variable objeto de estudio (tipo de cambio), cuyas variaciones relativas apuntan hacia un valor cero, como valor promedio o valor esperado de las mismas. Además, se puede inferir una tendencia hacia la normalidad, basada en el Teorema Central del Límite, toda vez que la cantidad de datos disponibles para el análisis es importante en número.

Tomando en cuenta los argumentos anteriores y por las características que tiene la variable objeto de estudio (el tipo de cambio diario), se asume que ésta se comportaría como una distribución normal.

Entre las características, debe tomarse el hecho de que las variaciones relativas del tipo de cambio tienden a apuntar hacia un punto de convergencia, como lo es el valor cero, que uno anticiparía como valor esperado y, por tanto, el valor que tendría más probabilidad de obtenerse. Los demás valores se distribuyen alrededor de esta media.

El tipo de cambio tiende a seguir un comportamiento que en la literatura matemática se conoce como *random walk* o caminata aleatoria y, específicamente, cumple con las características de una Cadena de Markov³², lo cual implica que los cambios o rendimientos diarios del tipo de cambio son

³² Término introducido por Karl Pearson en 1905, utilizado en muchos campos de la investigación, incluyendo la economía. Es una formalización matemática de la trayectoria que resulta de hacer sucesivos pasos aleatorios. Un tipo especial de caminos aleatorios es la llamada cadena de Markov, que es un tipo especial de proceso estocástico discreto en el que la probabilidad de que ocurra un evento depende del evento inmediatamente anterior. Esto distingue a las cadenas de Markov de las series de eventos independientes, como tirar una moneda al aire o un dado.

determinados por noticias o eventos que no pueden ser anticipados, pero que sí guardan relación con su propio comportamiento. Por lo que se puede suponer que estas variaciones también se cumplen con las características, tal como se conoce en la literatura, de un *white noise* o ruido blanco³³. Esto es, presentan media cero ($\mu=0$) y una varianza determinada σ^2 . En otras palabras, la volatilidad cambiaria se comporta como una distribución normal con media cero.

iv. NIVELES DE CONFIANZA EN EL ANÁLISIS DE VOLATILIDAD

Al evaluar el comportamiento de una variable, es necesario hacerlo dentro de parámetros que aseguren cierto grado de confianza de que su valor estimado sea el esperado o, al menos, se encuentre dentro de cierto nivel predeterminado.

En una distribución normal, el número de desviaciones estándar, sumado de ambos lados a la media aritmética, nos da como resultado una concentración que, en otras palabras, significa la probabilidad de que un evento se dé. Por ejemplo, cuando se toman dos desviaciones estándar (de -2σ a $+2\sigma$) se está indicando que bajo la curva hay más de 95% del área de la misma; esto implica que existe un 95% de probabilidad que un valor normalizado caiga dentro de ese rango. *Contrarium sensum*, existe una probabilidad de 5% que el valor normalizado no esté dentro de dicho rango. A este valor (95%) se le conoce como nivel de confianza.

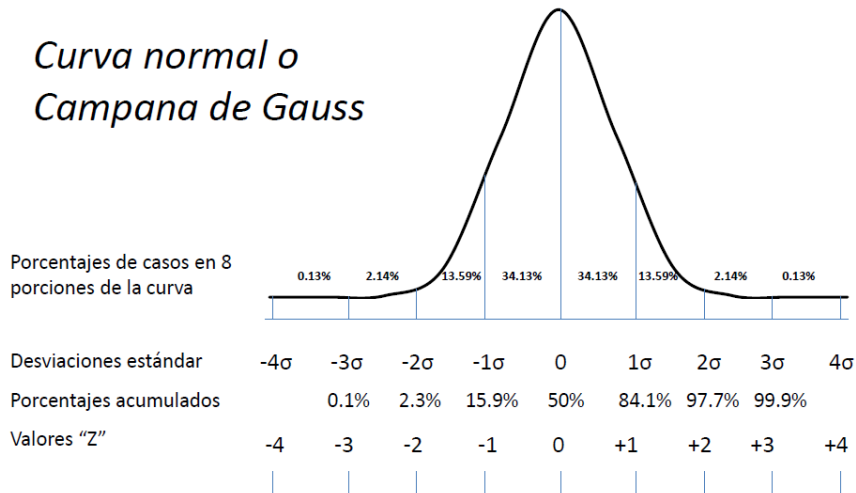
Este tema es fundamental para la evaluación de una hipótesis y va a depender de cómo se formule ésta para determinar si cabe dentro de un análisis donde se busca determinar un valor extremo, llamado análisis de una sola cola, o se trata de cuantificar la probabilidad que los datos se concentren alrededor de la media, llamado análisis de dos colas. En el caso del tipo de cambio, por ejemplo, a partir del valor esperado de la volatilidad que es cero, se trata de buscar la máxima variación o volatilidad probable, sea esta positiva o negativa, por lo que el análisis resulta ser de una sola cola.

En resumen, la curva normal, típica o estándar, tal como lo indican los nombres con los que se conoce, tiene ciertas características que la hacen singular y representativa de distribuciones que se comportan como normales. Es simétrica y su figura se asemeja a una campana, lo que significa que la mayoría de datos está concentrada cercana a la media que tiene un valor de cero. La densidad de la curva, que mide la probabilidad que un evento ocurra, tiene una relación directa y constante con la medida de dispersión, en este caso la desviación estándar. Las veces que la desviación estándar es sumada o restada a la media de la distribución se conoce como valor *Z* y es una relación entre los errores y la desviación estándar de una muestra.

³³ El término ruido blanco o *white noise*, estadísticamente hablando, se refiere a las características de una distribución en la cual la media tiende a ser cero, pero los valores de la distribución tienden a ser independientes unos de otros. Tienen una característica de tipo recursivo, en el sentido de que siempre tenderán al cero y su desviación estándar será el promedio de las desviaciones particulares independientes.

GRÁFICA No. 4

*Curva normal o
Campana de Gauss*



FUENTE: Construcción propia

v. MEDICIÓN DE LA DISPERSIÓN DE FORMA ESTÁTICA Y DINÁMICA

Con la finalidad de tener mejores herramientas de análisis de la volatilidad y su efecto en el cálculo del Valor en Riesgo, se hace la separación entre la forma de hacer e interpretar un análisis de forma estática y otro de forma dinámica. Un análisis directo o estático consiste en calcular, para un espacio de tiempo determinado, los estadísticos representativos de ese período, sea este un año u otro período determinado. Por su parte, en un análisis dinámico los cálculos se realizan de forma continua durante un período de tiempo; es decir: de forma diaria, semanal, mensual o anual.

En el primero de los casos se puede arribar a resultados representativos, en términos de media aritmética y desviación estándar. Este tipo de análisis es de carácter forense, ya que se realiza ex post y, para obtener resultados, debe esperarse hasta que, por ejemplo, el año finalice.

En el segundo caso, el análisis es valedero no sólo para un período en concreto, sino para cada día del año que se quiera evaluar (por ejemplo), evidenciando los cambios que continuamente va teniendo la volatilidad.

La diferencia entre ambas es de conveniencia en el análisis, ya que la metodología no difiere. Sin embargo, para un análisis dinámico se torna importante generar un modelo, el cual puede llevarse a cabo en una hoja electrónica, que permita obtener el cálculo de la volatilidad durante un período determinado.

Tomando en consideración la utilidad que puede tener un cálculo como el del VaR cambiario, resulta importante concentrarse en el segundo de los casos, ya que se vuelve una herramienta que responde al dinamismo del mercado cambiario, que es una de sus características.

vi. USO DEL PONDERADOR EWMA PARA LA MEDICIÓN DE LA VOLATILIDAD

Previamente se ha señalado que una de las características de las distintas distribuciones de probabilidades es que, en la medida de que el número de observaciones aumenta, la distribución tiende a la normalidad.

Sin embargo, la inclusión de más datos también puede resultar contraproducente, ya que en la medida que se calculan volatilidades ocurridas tiempo atrás, se corre el riesgo de que éstas, que podrían responder a factores que no se dan en la actualidad, tengan un mismo peso explicativo que las volatilidades más recientes. Por tanto el manejo de la información histórica se vuelve vital, a manera que la misma sirva de explicación de los fenómenos.

Para solventar este problema y darle una mayor ponderación a la información más cercana, existe un procedimiento matemático estadístico conocido como EWMA, por sus siglas en inglés (*Exponentially Weighted Moving Average*) y que podría traducirse como Promedios Móviles Ponderados Exponencialmente.

El EWMA fue desarrollado como técnica alternativa para la detección de pequeños cambios en series de variables y fue desarrollado por S.W. Roberts en 1959³⁴. Está basado en la utilización de un valor lambda (λ), que va de 0 a 1, y, a partir de dicho valor λ , se construye un ponderador que ayuda a explicar cada una de las estimaciones y_i en base a los eventos anteriores, pero dándole mayor valor a los recientes y reduciendo el valor explicativo de los eventos previos en la medida que se alejan en el tiempo.

La aplicación del ponderador para la estimación de un evento presente se define, en términos generales como:

$$y_i = \lambda(1 - \lambda)^0 x_i + \lambda(1 - \lambda)^1 x_{i-1} + \lambda(1 - \lambda)^2 x_{i-2} + \lambda(1 - \lambda)^3 x_{i-3} \dots + \lambda(1 - \lambda)^n x_{i-n}$$

Para entender el uso del EWMA, es necesario diferenciar la forma común o simple de calcular la varianza, de la forma ponderada mediante este filtro.

La determinación de la varianza cuenta con dos componentes básicos:

1. El cálculo de la serie de las variaciones relativas
2. Aplicación de un esquema de ponderación

En primera instancia, se calculan las variaciones relativas. Para el efecto, se calculará mediante la aplicación de logaritmos naturales a cada una de los cocientes resultantes del valor del día entre el dato del día previo.

$$u_i = \ln \left(\frac{S_i}{S_{i-1}} \right)$$

³⁴ Roberts, S.W. (1959). "Control Chart Tests Based on Geometric Moving Averages." *Technometrics*, Vol. 1.

Esto produce una matriz de retornos, que va desde u_1 hasta u_m , dependiendo de cuantos días (m=días) se están midiendo.

Esto lleva al segundo paso.

En forma simplificada, la varianza simple es el promedio de las desviaciones de las volatilidades

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m u_{n-1}^2$$

Hay que hacer notar que primero se suma cada una de las volatilidades previamente elevadas al cuadrado³⁵ y luego se divide dicho total por el número de observaciones. Este es sólo un promedio de las volatilidades diarias. Cada volatilidad al cuadrado tiene un peso igual, de allí que si alfa (α) es un factor de ponderación (específicamente $\alpha=1/m$, con lo cual se le da el mismo peso a toda la serie), entonces la varianza simple se podría definir de la manera siguiente:

Volatilidades al cuadrado	U_i^2	U_{i-1}^2	U_{i-2}^2	U_{i-3}^2
Peso	α	α	α	α

En el caso de la utilización del ponderador EWMA, este mejora los resultados que se obtienen cuando se utiliza una varianza simple. La razón estriba en que el enfoque de varianza simple tiene el problema que todas las desviaciones tienen el mismo peso (α); entonces, la volatilidad de hoy no tiene más influencia explicativa que la de hace un mes. El EWMA soluciona este problema, ya que, con su aplicación, las variaciones más recientes tienen mayor peso en la varianza que las pasadas.

Para la definición del EWMA se utiliza un parámetro de suavización o suavizamiento (lambda), el cual, como se indicó, toma valores entre 0 y 1. Utilizando EWMA da como resultado que, en lugar de tener pesos iguales para cada una de las variaciones, cada una de las desviaciones al cuadrado se pondera con un multiplicador distinto y decreciente hacia atrás en el tiempo, tal como se presenta a continuación:

Volatilidades al cuadrado	U_i^2	U_{i-1}^2	U_{i-2}^2	U_{i-3}^2
Peso	$(1 - \lambda)\lambda^0$	$(1 - \lambda)\lambda^1$	$(1 - \lambda)\lambda^2$	$(1 - \lambda)\lambda^3$

Por ejemplo: RiskMetricsTM utiliza un lambda de 0.94 o 94%³⁶. En este caso, el primer dato de volatilidad, el más reciente, tiene una ponderación de $(1-0.94)(0.94)^0 = 6\%$. La siguiente volatilidad al cuadrado, tiene $(1-0.94)(0.94)^1 = 5.64\%$; la siguiente es igual a 5.30%, y, así, sucesivamente.³⁷

³⁵ El valor esperado de la volatilidad es cero, por tanto $u_i = u_i - \bar{u}$

³⁶ Exploring The Exponentially Weighted Moving Average, March 05 2007 | Filed Under » Financial Theory, <http://www.investopedia.com/articles/07/EWMA.asp#ixzz1sWslHod9>

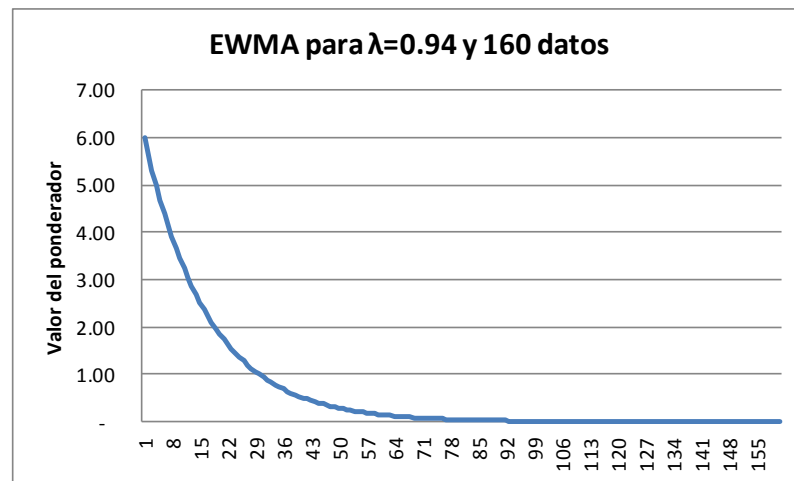
CUADRO 2

PONDERACION DE VOLATILIDADES UTILIZANDO EWMA CON $\lambda=0.94$

PERÍODO	EWMA
0	6.00
1	5.64
2	5.30
3	4.98
4	4.68
5	4.40
6	4.14
7	3.89
8	3.66
9	3.44
10	3.23
11	3.04
12	2.86

FUENTE: Cálculos propias

GRÁFICA 5



FUENTE: Cálculos propias

El parámetro λ determina la tasa a la cual la información más antigua entra en el cálculo del estadístico EWMA. Un valor de $\lambda=1$ implica que sólo la información más reciente influye en el

³⁷ Castelao, Silvina; Palmigiani, Sofía y Lapes, Patricia; en su ponencia "Riesgo Sistémico: Una aproximación para el sistema bancario uruguayo" (Jornadas de Economía, Banco Central de Uruguay, Montevideo, 2012) señalan que el parámetro λ ($0 < \lambda < 1$) se conoce como el factor de decaimiento y que el valor recomendado por Riskmetrics para datos diarios es de 0,94. Este valor surge como un promedio ponderado de los factores de decaimiento óptimos para 480 series, donde el ponderador de cada serie es una medida de la certeza de la predicción, a través de la minimización de los errores al cuadrado de las predicciones de las varianzas.

cálculo; de allí que valores más grandes dan un mayor peso a valores recientes y menos a la información más antigua. Un valor pequeño de λ da más valor a lo antiguo que a lo nuevo.

En el concepto EWMA, cada ponderación es un multiplicador constante de la ponderación previa. Esto asegura que una varianza sea más sesgada hacia la información más reciente.

Tal como se indicó, la varianza simple pondera de igual manera todos los datos de una serie. El ponderador, en ese caso, tal como se definió, es igual a $1/m$, donde m es el número de datos; mientras tanto, en el caso de la utilización de EWMA, el ponderador es asimétrico con una tendencia exponencial de mayor, para datos recientes, a menor, para datos más antiguos, siempre dependiendo del valor que se le asigne a lambda.

Una de las principales características del EWMA es que, mediante una manipulación matemática, toda la serie se puede reducir a una fórmula:

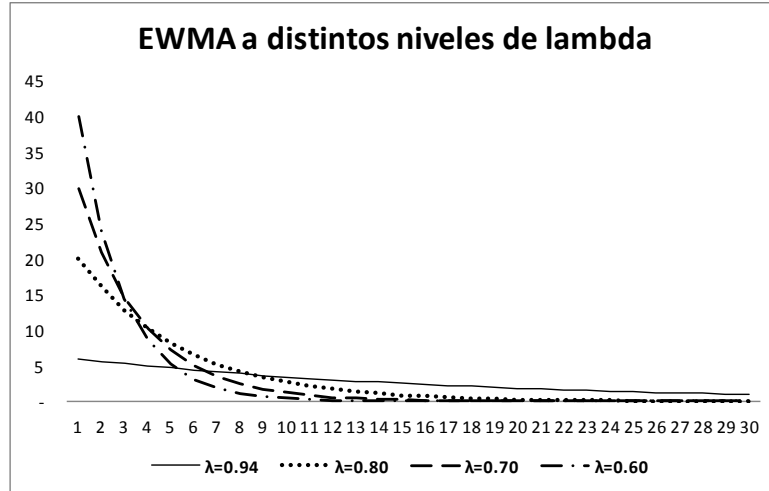
$$\sigma_n^2(ewma) = \lambda \sigma_{n-1}^2 + (1-\lambda) u_{n-1}^2$$

Es una fórmula recursiva, lo que significa que la varianza de cada día está en función de la del día precedente. La varianza de hoy, utilizando EWMA, es igual a la varianza de ayer, ponderada por lambda, más la volatilidad del día de ayer al cuadrado, ponderada por uno menos lambda. En la función, lambda es el parámetro que suaviza.

Como se indicó, una lambda mayor indica una caída más suave en la serie. En términos relativos, significa que se van a tener más datos en la serie y estos irán cayendo más suavemente. Contrariamente, si se reduce lambda, la caída tiende a ser más rápida.

A continuación se muestra en forma gráfica el comportamiento del ponderador EWMA con distintos valores lambda, para ver el efecto indicado.

GRÁFICA 6



FUENTE: Cálculos propios

En resumen, volatilidad es la desviación estándar de una serie de datos y es la medida más común de riesgo. Se define también como la raíz cuadrada de la varianza. La varianza se mide de forma histórica y en el modo común o simple de calcularla, todas las volatilidades tienen el mismo peso, lo cual puede ser una debilidad. En este tipo de análisis se enfrenta a un dilema: siempre es mejor tener más datos para realizar este tipo de estudios; sin embargo, mientras más datos se tienen los mismos se van diluyendo en el tiempo y van teniendo menos relevancia. Los promedios móviles ponderados exponencialmente (EWMA) mejoran la varianza simple, mediante la asignación de ponderadores a las variaciones relativas diarias observadas. Al hacer esto se pueden utilizar series más largas y darle más relevancia a las presentes. El valor recomendado del valor lambda es de 0,94.

vii. MÉTODO DE REGRESIÓN EN LA MEDICIÓN DE LA VOLATIDAD

Partiendo de la definición de una función donde los retornos están explicados por el tiempo.

$$RTC_n = \alpha + \beta_n + \varepsilon_n$$

Donde RTC_n es la variación relativa o retorno del tipo de cambio, α es el intercepto, β es la pendiente, n es el tiempo y ε_n corresponde a cada una de las desviaciones o errores de estimación.

La parte estimativa sería equivalente a la misma función sólo que sin incluir los errores.

$$RTC (est)_n = \alpha + \beta_n$$

Por tanto, los errores o desviaciones resultan siendo la diferencia entre los datos observados y los datos estimados.

$$\varepsilon_n = RTC_n - RTC(est)_n$$

de otra manera,

$$\varepsilon_n = RTC_n - (\alpha + \beta_n)$$

Como podría esperarse, el grado de ajuste de la regresión no va a mostrar importantes resultados, ya que lo más importante de ella es la extracción de los errores y sobre el comportamiento de ellos se centrará el análisis. En ese sentido, tal como se expresa en la última ecuación, los errores serán la diferencia entre los valores observados menos los valores estimados de la función.

Tomando en cuenta que en una regresión todos los errores están distribuidos simétricamente alrededor de la función estimada, que representa los valores esperados en los distintos puntos de dicha función, ésta (la función estimada) es el valor esperado o media aritmética.

Cabe recordar que, dada la definición de volatilidad, se esperaría que ambos coeficientes, α y β tiendan a cero, en ese sentido, la función estimada sería una línea cuasi horizontal paralela a un valor cercano a cero.

Por tanto, se puede señalar que $\varepsilon_n = RTC_n$

En otras palabras, la distribución de los errores de la regresión es igual a la distribución de las variaciones relativas observadas, con una media igual a cero.

Para reforzar esto, cabe traer a colación lo que señala Pedauga (2003), al citar un trabajo de Werner (1997), quien menciona que “aunque no existe la posibilidad de predecir la evolución del tipo de cambio, su varianza sí se puede predecir, ya que es común encontrar que las fluctuaciones de los retornos giran en torno a un valor medio levemente diferente a cero y cuya distribución se aproxima a la normal con leves asimetrías (*skewness*). Sin embargo, desde un punto de vista práctico se supone simétrico y como tal, se predice dado un grado de confianza, la volatilidad de los rendimientos del activo.”³⁸

d. CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO

La varianza y la desviación estándar se consideran adecuados para medir la volatilidad; es decir, revelan la magnitud en los cambios de futuros valores de un activo o pasivo. Dado que la fluctuación en los precios de ciertos activos o pasivos es algo inherente en el mercado, potenciales ganancias o pérdidas son inevitables cuando se mantienen este tipo de activos o pasivos. Pero los inversionistas están más preocupados de las potenciales pérdidas que de las ganancias; en ese sentido, el valor en riesgo resulta útil para medir la máxima pérdida esperada en un horizonte de tiempo con cierto nivel de confianza.

³⁸ Pedauga, Luis E., “Modelo de intervención cambiaria para el caso venezolano”, Serie Documentos de Trabajo Oficina de Investigaciones Económicas, Banco Central de Venezuela, Colección Banca Central y Sociedad, 2003

En efecto, el VaR no sólo provee un valor estadístico agregado del orden y magnitud de las potenciales pérdidas debido a factores del mercado, sino también resume los efectos de apalancamiento, diversificación y probabilidades de movimientos de precios adversos. Como se indicó, el VaR relacionado con movimientos del tipo de cambio analiza la máxima pérdida posible, en determinado tiempo y a cierto nivel de confianza; sin embargo, excluye aquellos resultados financieros relacionados con el rendimiento implícito del activo o costo del pasivo.

En resumen, la valoración del riesgo cambiario se determina aplicando la fluctuación esperada en el tipo de cambio a la posición neta en moneda extranjera que muestre el balance, estableciendo la fórmula siguiente:

$$VaR = Pn[T\sigma_t Z\sqrt{t}]$$

Donde:

VaR= Valor en riesgo cambiario o máxima pérdida esperada por fluctuación cambiaria

Pn= Posición neta en moneda extranjera (valuada en moneda nacional)

T = Tipo de cambio actual

σ_t = Desviación estándar al día de estudio (volatilidad)

Z= Número de desviaciones estándar, en función del nivel de confianza.

t= Tiempo necesario para deshacer la posición

Como se ha venido explicando a lo largo de este trabajo, la exposición cambiaria va a estar determinada, por un lado, por la volatilidad del tipo de cambio y, por otra, por el grado de calce que se mantenga entre las obligaciones y los activos en moneda extranjera. En ese sentido, la volatilidad del tipo de cambio está representada por la variación esperada de esta variable y el grado de calce por la posición neta en moneda extranjera. A esto hay que adicionar el factor tiempo que es el tiempo que duraría la exposición resultante de mantener la posición actual, ya sea porque la misma desaparecería, liquidando los activos y pagando los pasivos en moneda extranjera o, simplemente, porque es necesario proyectar a futuro la actual posición y así calcular la máxima pérdida resultante de mantener ésta en un determinado lapso de tiempo.

IV. LA VOLATILIDAD CAMBIARIA EN GUATEMALA

Con el propósito de contar con datos suficientes que permitan analizar los riesgos inherentes a la volatilidad cambiaria en Guatemala, la medición de dicha volatilidad se circunscribe al período 2009-2011.

Como se puede apreciar en el cuadro y en la gráfica siguiente, el tipo de cambio en Guatemala tiene un comportamiento estacional.³⁹

³⁹ Para calcular los índices de estacionalidad se utilizó el método ARIMA (*Auto-Regressive Integrated Moving Average*), que es uno de los métodos más utilizados para el cálculo de series de tiempo. Este modelo está construido para mostrar de mejor manera el comportamiento de la información y para realizar predicciones. Un modelo ARIMA, en términos generales, se define como ARIMA(p,d,q), donde p, d y q son números enteros positivos que hacen referencia al orden de auto-regresividad, integración o diferencias no estacionales y promedio móvil que recoge los errores de un cierto número de observaciones rezagadas; partes del modelo respectivo. Cuando uno de los valores es cero, entonces el modelo no contiene el factor de auto-regresividad (AR), el de integración (I) o el promedio móvil (MA), según sea el caso.

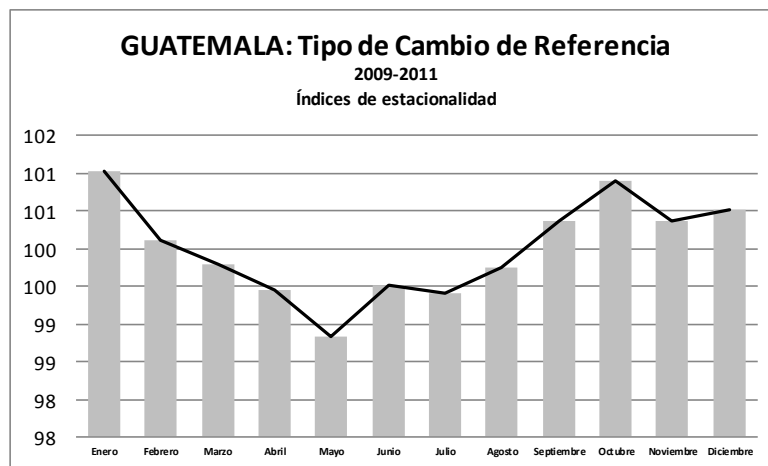
CUADRO 3

TIPO DE CAMBIO DE REFERENCIA
ÍNDICES DE ESTACIONALIDAD
Promedio 2009-2011

Mes	Índice
Enero	101.04
Febrero	100.10
Marzo	99.79
Abril	99.46
Mayo	98.84
Junio	99.51
Julio	99.40
Agosto	99.74
Septiembre	100.37
Octubre	100.91
Noviembre	100.37
Diciembre	100.52

FUENTE: Estimaciones propias con datos del Banco de Guatemala

GRÁFICA 7



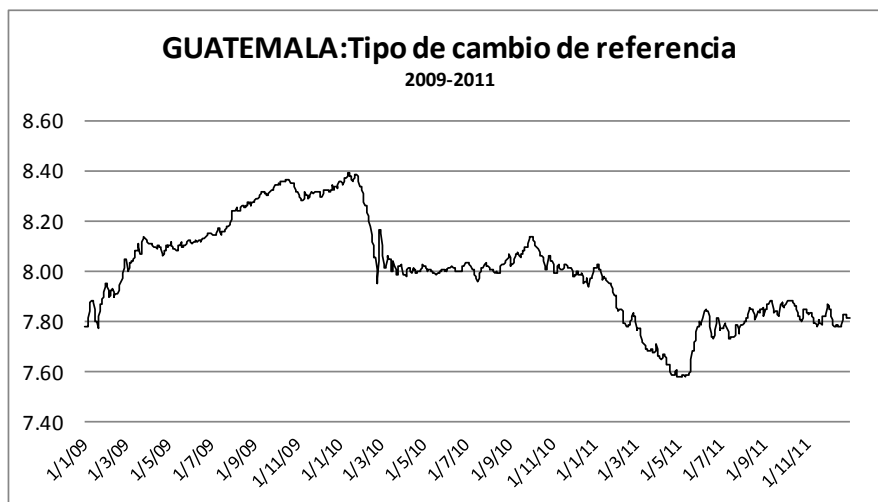
FUENTE: Cálculos propios

Entre los factores que inciden en el comportamiento estacional se pueden mencionar: los flujos de ingreso por exportaciones o de egresos por importaciones, el efecto de las remesas familiares y repatriación de dividendos al exterior.

Por otra parte, en la gráfica siguiente se muestra el comportamiento del tipo de cambio durante el período en estudio. En el año 2009 se observa una tendencia hacia la depreciación, asociada principalmente a cancelaciones que bancos hicieron de líneas de crédito que tenían registradas en sus pasivos y cuyo pago fue requerido por los corresponsales, ante los problemas de liquidez internacional resultantes de la crisis económica mundial. Posteriormente en 2010, muestra un

retorno a la estabilidad y, en los primeros cinco meses de 2011 marca una apreciación explicada por un mayor flujo de divisas que ingresaron al país. En los siguientes siete meses nuevamente se reporta una relativa estabilidad cambiaria.

GRÁFICA 8



FUENTE: Banco de Guatemala

Para efectos de medir las variaciones relativas se utiliza el logaritmo natural de la razón entre el valor del tipo de cambio a una fecha dada y el valor del tipo de cambio del día previo⁴⁰. Ahora bien para medir el efecto de la volatilidad cambiaria, o sea la desviación estándar de las variaciones relativas, sobre las posiciones de los balances, se consideran los posibles resultados que pueden darse en dichos estados financieros. La importancia de esto se debe a que el valor en riesgo dependerá, adicionalmente a la magnitud de la volatilidad, de dos elementos: a) el signo de la posición neta del balance general; y, b) la magnitud de dicha posición (grado de calce o descalce).

a. MEDICIÓN (ANÁLISIS DE LA VOLATILIDAD CAMBIARIA)

El cálculo de la volatilidad cambiaria se lleva a cabo, primero, mediante un análisis estático (método directo) y, luego, aplicando la metodología de análisis dinámico. En este último, se utiliza el concepto de las Bandas de Bollinger, calculando las desviaciones de forma simple y, posteriormente, para el cálculo de las desviaciones se utiliza el ponderador llamado *Exponentially Weighted Moving Average* o EWMA. Finalmente se aplicará el método que se basa en el análisis de la regresión, el cual, entre otros, tiene el objeto de poder confirmar algunas de las hipótesis planteadas relativas a las características de la distribución, como lo es el hecho de tener una media cero y por tanto las volatilidades sean iguales a los errores de la regresión, ser simétrica y tener desviaciones independientes.

⁴⁰ Debido a que el mercado cambiario opera únicamente los días hábiles de cada semana, en la información que publica el Banco de Guatemala, correspondiente a fines de semana, se repite la del día viernes anterior. Por el sesgo que pueda generarse al incluir la información del fin de semana, ésta se eliminó del cálculo usando un algoritmo que se presenta en el Anexo IV.

i. MÉTODO DIRECTO DE CÁLCULO

En el cuadro siguiente se resume el resultado del análisis de las volatilidades efectuado para el total de los 3 años en estudio y para cada año en particular.

CUADRO 4

ESTADÍSTICOS OBTENIDOS DE LA SERIE DE VOLATILIDADES CAMBIARIAS PARA LOS TRES AÑOS

Estadístico	3 años	2009	2010	2011
Media aritmética	0.0005	0.0272	-0.0160	-0.0098
Desviación estándar	0.1679	0.1390	0.1918	0.1662
Mínimo	-0.6988	-0.5683	-0.6988	-0.3675
Máximo	1.4903	0.5219	1.4903	0.5133
Datos	782	261	261	260

Cabe recordar que desde el punto de vista estadístico, se espera que la media aritmética o valor esperado de las variaciones relativas sea igual a cero. Tal como se evidencia, para todos los casos la media aritmética es precisamente un valor relativamente igual a cero, con lo que se comprueba el hecho de que el comportamiento de las variaciones relativas diarias del tipo de cambio, en el tiempo, varían alrededor de dicho número. A este comportamiento es el que se denomina *white noise* o ruido blanco.

En el caso de las desviaciones estándar, para los tres años en su conjunto ésta fue de 0.1679%, que es la desviación promedio de las variaciones relativas diarias en relación a la media aritmética. Al comparar los resultados particulares de cada año, se puede notar que el año más volátil es 2010, cuando la desviación estándar registra un 0.1918% mientras el año de menor volatilidad fue 2009 con una desviación estándar de 0.1390%. Al respecto cabe indicar que en 2010 la moneda nacional, luego de una depreciación que el quetzal sufrió durante 2009, tuvo una apreciación significativa, especialmente en el primer trimestre.

Ahora bien, para determinar la máxima pérdida posible asociada a los movimientos continuos del tipo de cambio, se aplica la metodología de cálculo del VaR cambiario utilizando la fórmula descrita previamente:

$$VaR = Pn[T\sigma_t Z\sqrt{t}]$$

en donde el VaR es igual al producto del monto de exposición (Pn), dado por la diferencia entre activos y pasivos que se tiene en moneda extranjera⁴¹, por la máxima variación esperada en el tipo de cambio ($T\sigma_t Z$), representada por el tipo de cambio actual multiplicado por el producto de la desviación estándar y el valor Z que corresponde a un nivel de confianza dado, basado en el análisis de la distribución delta-normal; y, por el tiempo (\sqrt{t}) que dure la exposición neta.

⁴¹ Si se está valorando el riesgo de un balance, ésta es la forma de definirlo. También puede aplicarse a posiciones largas o cortas de compra venta de divisas, para evaluar el riesgo de quedarse con una posición durante un tiempo determinado.

Para realizar el cálculo, se toma la desviación estándar calculada con datos de días hábiles, desde el 31 de diciembre de 2009 al 31 de diciembre de 2011 (0.1679%), y con un nivel de confianza del 99%, para el cual, en el análisis de una sola cola, correspondería a un valor $Z=2.33$. El resultado de la máxima volatilidad del tipo de cambio, a un nivel de confianza del 99% fue, para los tres años, de 3.0564 centavos. Esto quiere decir que en un día en particular, se espera que la variación del tipo de cambio, en 99 de 100 oportunidades, sea menor, o igual a lo sumo, a dicho valor.

Para el caso de la exposición, existen tres posibilidades de posiciones netas del balance en moneda extranjera (diferencia entre activos y pasivos en dicha moneda). El primero, donde los activos superan a los pasivos (posición neta positiva); en el segundo la posición neta es negativa (activos menores que pasivos); y, la tercera es una posición calzada o equilibrada, donde, como se verá, se desvanece la exposición al riesgo cambiario. Para efectos de la evaluación en referencia, en los dos primeros casos, se va a suponer la existencia de una posición neta de US\$4 millones (positiva en uno y negativa en otro). Para efectos del tipo de cambio, se está tomando el de referencia correspondiente al 31 de diciembre de 2011, Q7.81083 por US\$1.00.

Con esta información se procede al cálculo del VaR para los tres casos, como se muestra a continuación.

CUADRO 5

ESTIMACIÓN DEL VaR DIARIO CON DATOS DE LOS TRES AÑOS

PNME en US\$	TC	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR Z A 99% DE CONFIANZA	MÁXIMA VARIACION DEL TC	RAIZ CUADRADA DE DIAS DE EXPOSICIÓN	VaR en Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)x(3)x(4)	(6)	(7)=(1)x(5)x(6)
4,000,000.00	7.81083	-0.1679%	2.33	-0.030564	1.00	-122,255.41
-4,000,000.00	7.81083	0.1679%	2.33	0.030564	1.00	-122,255.41
0.00	7.81083	0.1679%	2.33	0.030564	1.00	0.00

Existe el 99% de probabilidad de que la depreciación o apreciación en un día no sobrepase el valor de 3.0564 centavos de quetzal, de acuerdo a los retornos cambiarios históricos de 2009, 2010 y 2011, lo que denota que en Guatemala el comportamiento del tipo de cambio del quetzal frente al dólar estadounidense mostró una relativa estabilidad en dicho período. Ahora bien, dicha volatilidad, al relacionarla con la exposición del balance en moneda extranjera (posición neta), resulta en una pérdida máxima esperada de Q122 mil, con un 99% de probabilidad.

Otra forma de ver cómo se obtiene el VaR es tomando como base el valor de la posición neta en moneda extranjera, expresada en dólares y multiplicada por el tipo de cambio original y, por otra parte, el valor de la misma posición neta sólo que en este caso multiplicada por el nuevo tipo de cambio (resultante de sumar o restar, según sea el caso, al tipo de cambio original los 3.0564 centavos estimados); la diferencia equivale al valor en riesgo. Lo anterior se puede observar en el siguiente cuadro.

CUADRO 6

ESTIMACIÓN DEL VaR DIARIO CON DATOS DE LOS TRES AÑOS

SITUACIÓN	PNME en US\$	TC	PNME EN Q
	(1)	(2)	(3)=(1)x(2)
ORIGINAL	4,000,000.00	7.8108	31,243,320.00
PROBABLE	4,000,000.00	7.7803	31,121,064.59
VaR			-122,255.41

La forma de medir el impacto de la fluctuación cambiaria en el patrimonio se realiza utilizando la llamada Razón de Riesgo, la cual consiste en relacionar el VaR con el monto del patrimonio. La idea es que el impacto de las fluctuaciones cambiarias, medido por el VaR, va a depender del tamaño del capital del negocio. Por ejemplo si el patrimonio fuera de unos Q5 millones, entonces la máxima pérdida esperada en un día equivaldría a un 2.4% del patrimonio.

Hasta acá los resultados se refieren al impacto que las fluctuaciones cambiarias podrían tener en el balance en términos de un día. Ahora bien, si el análisis se realiza para un período mayor, el efecto probable en el patrimonio aumenta, tal como se observa en el siguiente cuadro.

CUADRO 7

VaR DIARIO, SEMANAL, MENSUAL Y ANUAL

1 DIA	1 SEMANA	1 MES	1 AÑO
VaR x Raiz(1)	VaR x Raiz(7)	VaR x Raiz(30)	VaR x Raiz(365)
-122,255.41	-323,457.40	-669,620.44	-2,335,686.26
Máxima pérdida esperada (VaR)/patrimonio			
-2.4%	-6.5%	-13.4%	-46.7%

Como puede observarse, en el horizonte de un año, la máxima pérdida esperada aumenta a Q2.3 millones, monto que representa un 46.7% del patrimonio.

En este caso, la empresa que está enfrentando el riesgo deberá considerar si está dispuesta a asumir el mismo o si considera que éste es demasiado para ella. En el caso de considerarse que el riesgo es muy alto, deberá tomar la decisión de reducir su grado de exposición, reduciendo su posición neta en moneda extranjera. En el caso de asumir el riesgo (apetito al riesgo), deberá prevenir las potenciales pérdidas mediante la constitución de reservas de capital.

Como podrá notarse, la pérdida potencial surge de la combinación de varios factores, entre ellos el registro de una posición neta positiva en moneda extranjera (activos mayores que pasivos) y una apreciación cambiaria, lo cual tiene impacto en el valor del patrimonio.

En el caso de una posición neta en moneda extranjera negativa (pasivos mayores que activos), lo que puede afectar el valor patrimonial es la posibilidad de una depreciación cambiaria. El análisis resulta siendo igual al caso de la posición positiva. Por tanto todo lo anteriormente mencionado es valedero para este otro caso.

Finalmente, en el caso de una posición neta en moneda extranjera calzada (activos igual que pasivos) la posibilidad de riesgo desaparece y por tano el VaR será igual a cero.

Al aplicar la metodología para cada uno de los años en estudio, en forma particular, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

CUADRO 8

ESTIMACIÓN DEL VaR DIARIO PARA CADA UNO DE LOS AÑOS EN ESTUDIO

2009

PNME en US\$	TC	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR Z A 99% DE CONFIANZA	MÁXIMA VARIACION DEL TC	RAIZ CUADRADA DE DIAS DE EXPOSICIÓN	VaR en Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)x(3)x(4)	(6)	(7)=(1)x(5)x(6)
4,000,000.00	7.81083	-0.1390%	2.33	-0.025299	1.00	-101,195.41
-4,000,000.00	7.81083	0.1390%	2.33	0.025299	1.00	-101,195.41
0.00	7.81083	0.1390%	2.33	0.025299	1.00	0.00

2010

PNME en US\$	TC	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR Z A 99% DE CONFIANZA	MÁXIMA VARIACION DEL TC	RAIZ CUADRADA DE DIAS DE EXPOSICIÓN	VaR en Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)x(3)x(4)	(6)	(7)=(1)x(5)x(6)
4,000,000.00	7.81083	-0.1918%	2.33	-0.034912	1.00	-139,647.96
-4,000,000.00	7.81083	0.1918%	2.33	0.034912	1.00	-139,647.96
0.00	7.81083	0.1918%	2.33	0.034912	1.00	0.00

2011

PNME en US\$	TC	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR Z A 99% DE CONFIANZA	MÁXIMA VARIACION DEL TC	RAIZ CUADRADA DE DIAS DE EXPOSICIÓN	VaR en Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)x(3)x(4)	(6)	(7)=(1)x(5)x(6)
4,000,000.00	7.81083	-0.1662%	2.33	-0.030239	1.00	-120,955.79
-4,000,000.00	7.81083	0.1662%	2.33	0.030239	1.00	-120,955.79
0.00	7.81083	0.1662%	2.33	0.030239	1.00	0.00

Al comparar los resultados, se puede observar que el año cuando hubo mayor volatilidad, medida por la desviación estándar, fue 2010 y la menor se registró en 2009. Como la máxima variación diaria esperada de esta variable está directamente influenciada por tal volatilidad, igualmente, es en

2010 cuando el resultado de la máxima pérdida esperada (VaR) es mayor y la menor se registró para 2009.

De la misma manera que se hizo con el consolidado de los tres años, en este caso se calculó el efecto del VaR diario y el mismo se proyectó hacia una semana, un mes y un año. Por otra parte, se mantiene siempre el supuesto de que el patrimonio es de Q5 millones. Los resultados se muestran a continuación.

CUADRO 9

VaR DIARIO, SEMANAL, MENSUAL Y ANUAL PARA CADA UNO DE LOS AÑOS EN ESTUDIO

2009

1 DIA VaR x Raiz(1)	1 SEMANA VaR x Raiz(7)	1 MES VaR x Raiz(30)	1 AÑO VaR x Raiz(365)
-101,195.41	-267,737.90	-554,270.11	-1,933,335.69
Máxima pérdida esperada (VaR)/patrimonio			
-2.0%	-5.4%	-11.1%	-38.7%

2010

1 DIA VaR x Raiz(1)	1 SEMANA VaR x Raiz(7)	1 MES VaR x Raiz(30)	1 AÑO VaR x Raiz(365)
-139,647.96	-369,473.77	-764,883.37	-2,667,970.49
Máxima pérdida esperada (VaR)/patrimonio			
-2.8%	-7.4%	-15.3%	-53.4%

2011

1 DIA VaR x Raiz(1)	1 SEMANA VaR x Raiz(7)	1 MES VaR x Raiz(30)	1 AÑO VaR x Raiz(365)
-120,955.79	-320,018.94	-662,502.14	-2,310,857.11
Máxima pérdida esperada (VaR)/patrimonio			
-2.4%	-6.4%	-13.3%	-46.2%

De nuevo, por las razones apuntadas, se ve que en 2010, al ampliar el horizonte de tiempo de la estimación del VaR, es cuando se esperaría un mayor efecto potencial en el patrimonio, ya que la máxima pérdida esperada, en el caso de un año, es de Q2.7 millones, mientras que en 2009 esta era de Q1.9 millones. En términos de su relación con el patrimonio supuesto, nos da una razón de riesgo de 53.4% para 2010, más de la mitad del patrimonio en riesgo, y de 38.7% en 2009. En 2011, los resultados registran valores que se sitúan entre los obtenidos para los otros dos años.

ii. MÉTODO DINÁMICO SIMPLE

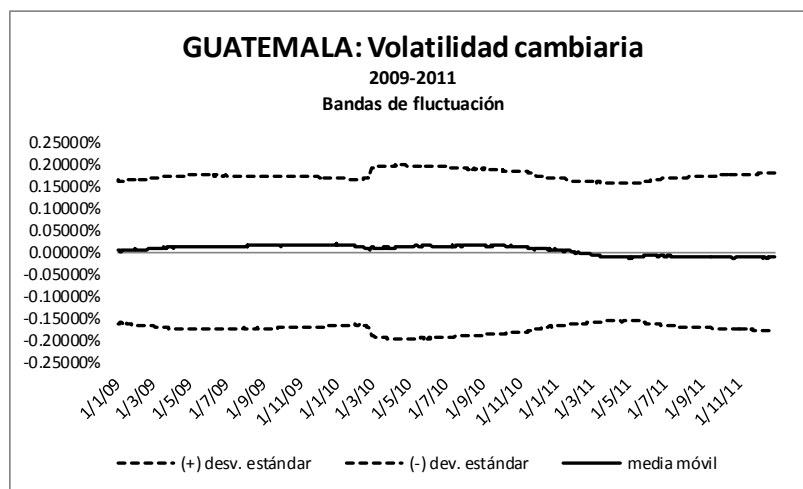
Hasta ahora se han presentado resultados de la aplicación de la metodología directa o estática, tanto para los tres años en su conjunto, como para cada uno de ellos en lo particular. El propósito de tener un modelo dinámico es poder contar con una herramienta que permita analizar la volatilidad cambiaria de forma constante o intradía. El análisis se desarrolla siempre en términos de la metodología de cálculo del VaR, para medir la máxima pérdida posible asociada a los movimientos continuos del tipo de cambio. Para el efecto, la medición se hace a partir de la implementación de promedios móviles para generar una especie de Bandas de Bollinger, que constituyen los límites en los cuales se concentra la mayor parte de la volatilidad cambiaria. En este caso se calculan utilizando las desviaciones estándar respecto de los promedios móviles.⁴²

Para el efecto, se toma como base los datos de las variaciones relativas observadas en los días hábiles de veinticuatro meses previos al día en que se efectúa el análisis y que suman 520 días.

Las distintas medias aritméticas, calculadas bajo el concepto de medias móviles, resultan del promedio de las variaciones relativas de esos 520 días previos. Cada nueva media incorpora el dato del día previo y elimina del cálculo el correspondiente al primer día que sirvió para la estimación de la anterior media. De esa cuenta, la media aritmética correspondiente al 1 de enero de 2009 es el promedio de las variaciones relativas del período del 2 de enero de 2007 al 31 de diciembre de 2008, y así sucesivamente para los siguientes días de cada año.

Al calcular los vectores de medias móviles y de desviaciones estándar⁴³ se obtienen los valores que se presentan en la gráfica siguiente, donde la línea continua representa las medias móviles y las líneas discontinuas el valor de las desviaciones estándar.

GRÁFICA 9



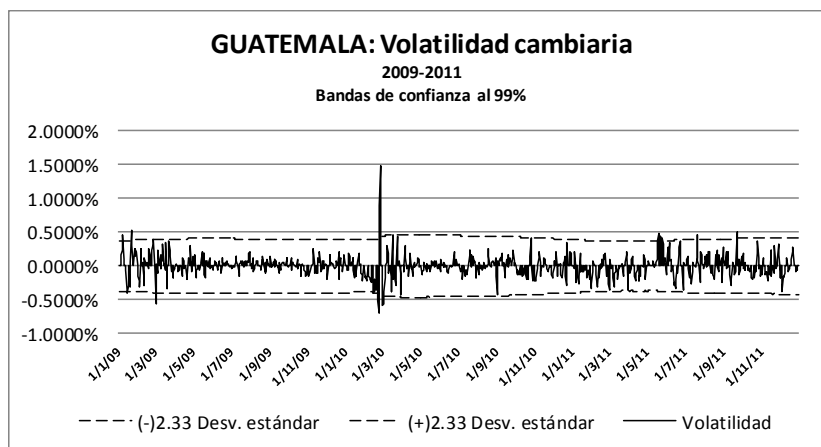
FUENTE: Cálculos propios

⁴² Desarrolladas por John Bollinger en los años ochenta, sirven para indicar gráficamente desviaciones de las cotizaciones diarias de un activo. Se construyen a partir de una media móvil e incorporan la volatilidad del precio del activo durante un tiempo determinado. Están normalmente calculadas sobre la base de dos desviaciones estándar.

⁴³ Ver Anexo IV

Para determinar si las volatilidades cambiarias fueron mayores a los valores que se indican en la banda de fluctuación estimada, se definió un nivel de confianza de 99%. De esa cuenta, al multiplicar la desviación estándar por 2.33, que representa el valor Z que corresponde a una probabilidad de 99%, a una sola cola, se determinó que de cada 100 variaciones relativas registradas en los dos años previos a la fecha de análisis, 99 de ellas nunca fueron mayores al valor que indica dicha banda en la fecha de análisis. Ello significa que se puede tener la certeza, en un 99% de confianza, que en un día la máxima volatilidad cambiaria será como máximo la que determine los límites de las bandas calculadas. De otra manera, existe el riesgo en 1% que la volatilidad cambiaria sea mayor al valor de la banda calculada, para cada una de las fechas del análisis.

GRÁFICA 10



FUENTE: Cálculos propios

Lo señalado se puede ver en la gráfica anterior, donde se presenta la volatilidad cambiaria observada en los tres años en estudio y la banda, construida con los argumentos de la distribución normal, que representa los límites dentro de los cuales, para cada una de las fechas de las observaciones, están contenidas, a un nivel de confianza de 99%, las volatilidades de los dos años precedentes a cualquiera de las fechas contenidas en el análisis.

Dentro de la banda están aquellas volatilidades que con un 99% de probabilidad se pueden prever sucedan para cada día de análisis y las que están afuera, representan ese 1% que no se puede prever y que en el transcurso del período de análisis superaron el valor máximo esperado de volatilidad, a dicho nivel de confianza.

Visto de otra manera, la gráfica muestra un análisis dinámico de las volatilidades, en donde la información a cada fecha evaluada corresponde a una distribución normal particular para dicha fecha; es decir, dentro de la banda hay tantas distribuciones normales como observaciones existen. Así día a día se puede ver cómo el riesgo va evolucionando, ya que en la medida que las bandas se amplíen, la probabilidad de que las volatilidades sean mayores también aumenta. Caso contrario, cuando las bandas tienden a ser menores, significan períodos donde las volatilidades tienden a ser menores. En todos los casos, el resultado correspondiente a un día en especial y deviene de lo que sucedió en los 520 días previos.

Hasta acá se ha descrito cómo se puede hacer un análisis dinámico de la evolución de la volatilidad cambiaria en el tiempo. Los mismos argumentos utilizados para el modelo directo de cálculo del VaR serían aplicados. Esto es, utilizar la fórmula descrita: $VaR = Pn[T\sigma_t Z\sqrt{t}]$. El valor dinámico correspondería al componente $[\sigma_t Z]$, donde $Z=2.33$ y σ_t es el componente dinámico calculado.

Lo anterior significa que para cada día se calcula un VaR distinto. El correspondiente al último día de la serie en estudio, 31 de diciembre de 2011, sería el resultado de la aplicación de la fórmula descrita, de la manera siguiente:

$$\begin{aligned}
 Pn &= Q\ 4,000,000.00 \\
 T &= 7.81083 \\
 \sigma_t &= 0.17916\% \\
 Z &= 2.33 \\
 t &= 1
 \end{aligned}$$

Entonces, el VaR = Q 130,423.13, correspondiente al 31 de diciembre de 2011.

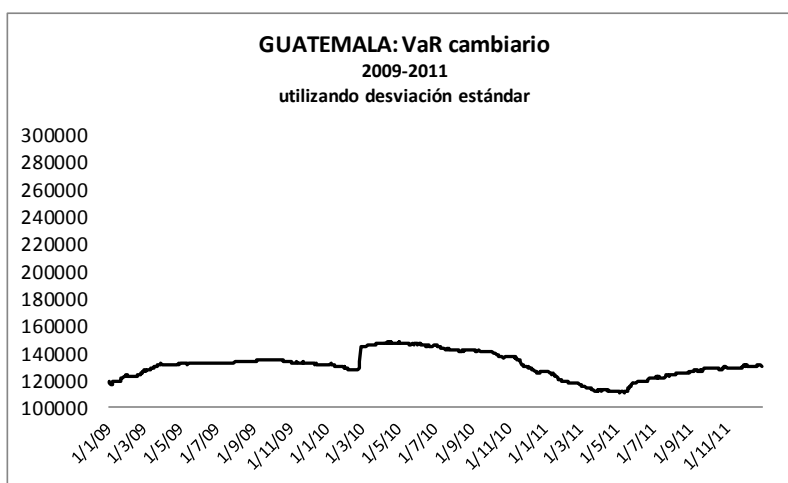
CUADRO 10

VaR ESTIMADO AL 31-12-11 CON BASE A DATOS DE 24 MESES PREVIOS

PNME en US\$	TC	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR Z A 99% DE CONFIANZA	MÁXIMA VARIACION DEL TC	RAIZ CUADRADA DE DIAS DE EXPOSICIÓN	VaR en Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)x(3)x(4)	(6)	(7)=(1)x(5)x(6)
4,000,000.00	7.81083	0.17916%	2.33	0.032606	1.00	130,423.13

A continuación, en forma dinámica, se presenta el comportamiento del VaR a lo largo del período en estudio. En dicho período el mayor VaR calculado es el que corresponde al 18 de abril de 2010 (Q147,447.53) y el menor, al 13 de mayo de 2011 (Q110,833.68).

GRÁFICA 11



FUENTE: Cálculos propios

iii. MÉTODO UTILIZANDO EL PONDERADOR EWMA

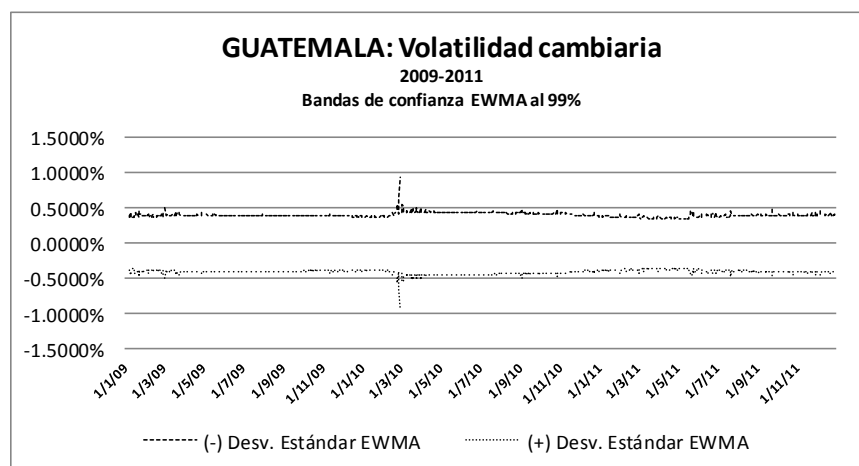
Como se señaló con anterioridad, el ponderador EWMA está basado en la utilización de un valor lambda (λ), que va de 0 a 1 y, a partir de éste, se construye un ponderador que ayuda a explicar cada una de las estimaciones en base a los eventos anteriores; el ponderador sirve para dar mayor valor a la información más cercana y evitar que, en la medida que se calculan volatilidades ocurridas tiempo atrás, que podrían responder a factores que ya no son válidos en la actualidad, tengan un mismo peso explicativo que las volatilidades más recientes.

Para el presente estudio se consideró un lambda igual a 0.94, valor que, tal como se explicó previamente, es el más utilizado. Lo anterior se debe a que, dentro del análisis EWMA, se estima que el mejor ponderador para las observaciones más recientes se obtiene cuando el valor de λ es cercano a este número. Luego de definido el valor de lambda se aplicó a cada una de las observaciones la fórmula reducida.

$$\sigma_n^2(ewma) = \lambda \sigma_{n-1}^2 + (1-\lambda) u_{n-1}^2$$

Como resultado, las desviaciones estándar ajustadas con dicho ponderador, para cada dato de la serie correspondiente a cada día hábil de 2009 a 2011 y a un 99% de confianza, se presentan en la siguiente gráfica.

GRÁFICA 12

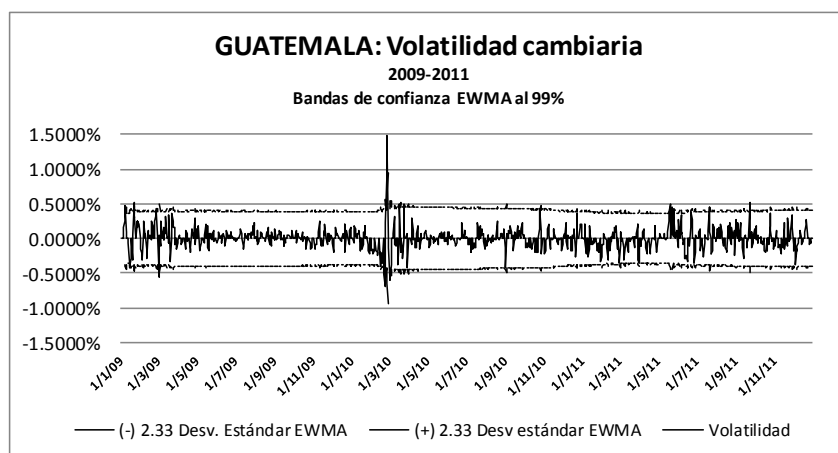


FUENTE: Cálculos propios

Un elemento adicional que llama la atención al utilizar el filtro indicado es que las bandas construidas a partir de las desviaciones estándar, en este caso multiplicadas por el valor $Z=2.33$, se adaptan de mejor manera al comportamiento de la volatilidad histórica. Nótese, que a diferencia de las bandas calculadas sólo con la desviación estándar, en el caso de las que se ha incorporado el

EWMA ya no es una línea recta, sino el comportamiento de la curva se ajusta más a detalle a los cambios de los valores de la volatilidad.

GRÁFICA 13



FUENTE: Cálculos propios

Se considera que la utilización del ponderador EWMA puede permitir resultados más ajustados para el cálculo de la volatilidad esperada en el tipo de cambio y, por tanto, en el cálculo del VaR, ya que, tal como se ha venido indicando, dicha volatilidad es insumo importante para la estimación de la máxima pérdida que puede esperarse en un balance, por razones cambiarias.

A manera de hacerlo comparativo con las metodologías mostradas anteriormente, se efectuó el cálculo correspondiente al 31 de diciembre de 2011.

El valor de las variables a ser consideradas para el cálculo son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 P_n &= Q\ 4,000,000.00 \\
 T &= 7.81083 \\
 \sigma_t &= 0.17376\% \\
 Z &= 2.33 \\
 t &= 1
 \end{aligned}$$

Cabe indicar que la desviación estándar de 0.17376% fue calculada utilizando el ponderador EWMA.

Como resultado de la aplicación de la fórmula del VaR, se obtuvo que la máxima pérdida esperada por razones cambiarias para un día sería de Q126,493.22, valor calculado con información al 31 de diciembre de 2011.

En otras palabras, Q126,493.22 es la máxima pérdida, por volatilidad cambiaria, que se podría esperar en un día ($t=1$), bajo el supuesto de que existe una posición neta en moneda extranjera de Q 4 millones y tomando en cuenta el tipo de cambio al momento de efectuarse el análisis (Q7.81083 por US\$ 1.00); la volatilidad calculada ajustada con EWMA (0.17376%); y, un nivel de confianza de 99% ($z=2.33$).

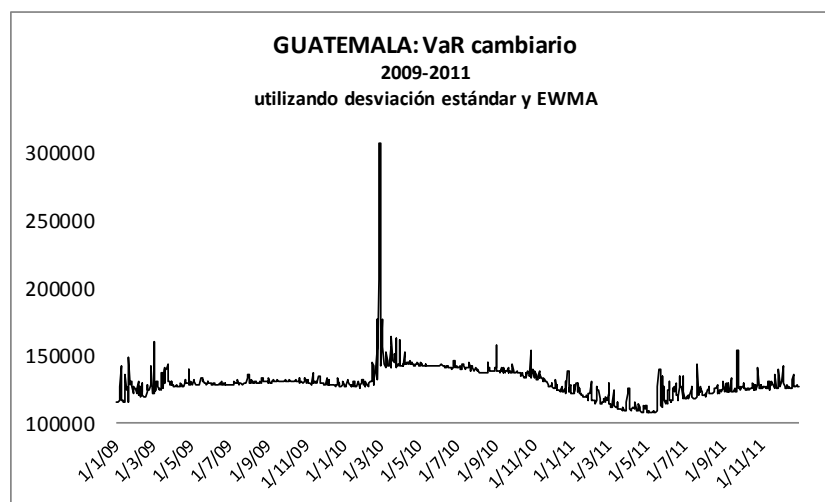
CUADRO 11

VaR ESTIMADO AL 31-12-11 CON BASE A DATOS DE 24 MESES PREVIOS, USANDO EWMA

PNME en US\$	TC	DESVIACIÓN ESTÁNDAR EWMA	VALOR Z A 99% DE CONFIANZA	MÁXIMA VARIACION DEL TC	RAIZ CUADRADA DE DIAS DE EXPOSICIÓN	VaR en Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)x(3)x(4)	(6)	(7)=(1)x(5)x(6)
4,000,000.00	7.81083	0.17376%	2.33	0.031623	1.00	126,493.22

A continuación, se presenta el comportamiento del VaR, calculado mediante la utilización del ponderador EWMA, a lo largo del período en estudio. En dicho período el mayor VaR calculado es el que corresponde al 26 de febrero de 2010 (Q306 819.89) y el menor, al 12 de mayo de 2011 (Q107,484.89). En ambos casos, el resultado se debe interpretar como la máxima pérdida que se puede registrar en un día, producto del mantenimiento de una posición neta en moneda extranjera de Q4 millones y tomando en cuenta, las variaciones relativas diarias del tipo de cambio durante los últimos dos años. En 2010 el VaR calculado es mayor, producto de la volatilidad cambiaria que se registró a principios de 2010 y que es recogida con mayor ponderación por el factor EWMA; mientras tanto, a mediados de 2011 el VaR calculado es el menor debido a la mayor estabilidad que tuvo el tipo de cambio.

GRÁFICA 14



FUENTE: Cálculos propios

iv. MÉTODO UTILIZANDO REGRESIÓN

Es importante señalar que cuando se definió el modelo, se planteó la definición de la recta

$$RTC_t = \alpha + \beta_t + \varepsilon_t$$

Además, se indicó que dada la definición de volatilidad, se esperaría que los coeficientes α y β tiendan a un valor cero. Por consiguiente la distribución de los errores de la regresión es igual a la distribución de las volatilidades cambiarias ($\varepsilon_t = RTC_t$), con una media igual a cero.

En razón de lo anterior y a efecto de corroborar las hipótesis planteadas, se efectuó una regresión de las volatilidades del período en estudio, llegándose a los resultados siguientes:

CUADRO 12

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.068066554
Coefficiente de determinación R ²	0.004633056
R ² ajustado	0.003356944
Error típico	0.1676582
Observaciones	782

ANÁLISIS DE VARIANZA				
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>
Regresión	1	0.102053644	0.102053644	3.630604325
Residuos	780	21.92523206	0.028109272	
Total	781	22.0272857		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>
Intercepción	0.020291543	0.012002399	1.690623909
Variable X 1	-5.06052E-05	2.65586E-05	-1.905414476

De acuerdo con los resultados anteriores, la función estimada es la siguiente:

$$RTC_t = 0.02029 - 0.000051t + \varepsilon_t$$

Donde

RTC_t = variación relativa del día t

t = tiempo en días

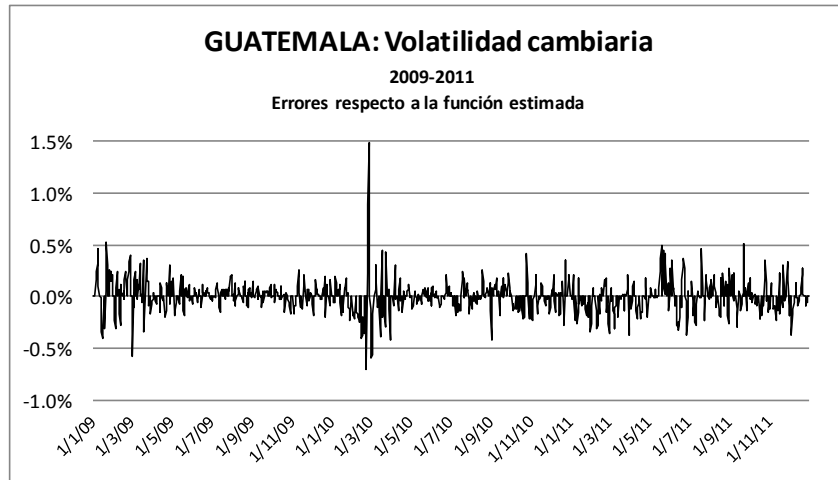
ε_t = desviaciones de las variaciones relativas respecto la función estimada

Nótese que la desviación estándar o error típico de la regresión muestra un valor de 0.16766%, valor relativamente cercano a los obtenidos con el método simple (0.17916%) y con el método EWMA (0.17376%). Otra característica de la función es que, tal como se anticipó, su pendiente y su intercepto son muy cercanos a cero.

El coeficiente de correlación no muestra valores robustos que señalen que la función se ajusta de buena manera al comportamiento de la variable observada, en este caso las variaciones cambiarias en términos relativos. De hecho estos son resultados esperados, ya que la función no se pretende que se ajuste al comportamiento de las variaciones relativas, sino que muestre su tendencia como valor central de la distribución, similar a la media aritmética de las variaciones o retornos, o sea, con valores esperados igual a cero. Esto confirma que la distribución de las variaciones relativas del tipo de cambio se comporta como un ruido blanco o *white noise*, con media cero y desviaciones independientes. Esto se evidencia en la siguiente gráfica que persigue mostrar, precisamente la

volatilidad, medida como la diferencia entre las variaciones relativas observadas y la función estimada, la cual es una línea horizontal paralela a un valor cercano a cero, tal como se esperaba.⁴⁴

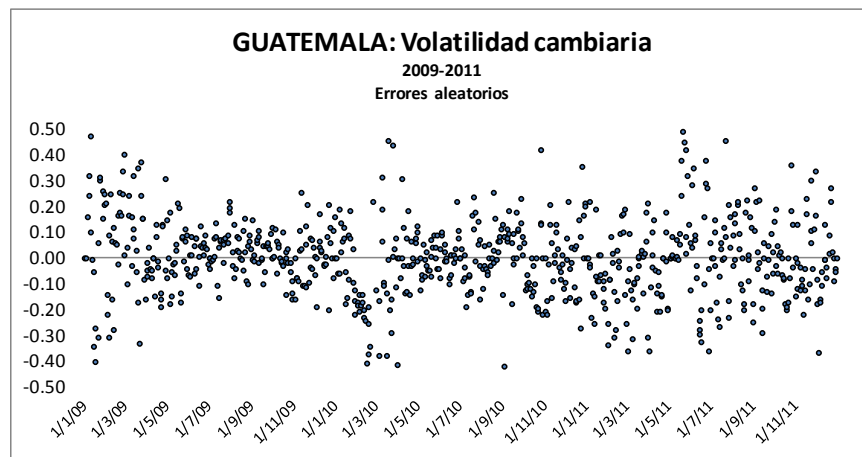
GRÁFICA 15



FUENTE: Cálculos propios

Se puede apreciar en la siguiente gráfica el comportamiento aleatorio de los errores de la función. Para efecto se muestran aquellos concentrados entre 0.5% y .0.5%. Se muestra en este diagrama de dispersión de los residuos generado una relativa independencia de las observaciones, ya que no hay un acusado ascenso o descenso del valor de los residuos a medida que avanza el tiempo u otro patrón que muestre alguna forma recursiva en su comportamiento.

GRÁFICA 16



FUENTE: Cálculos propios

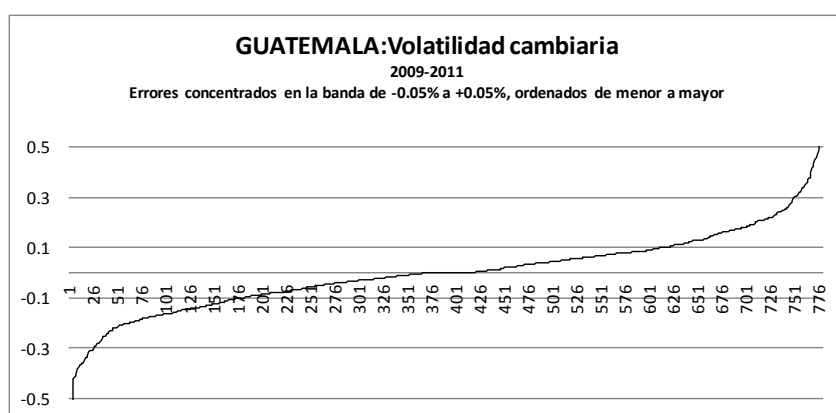
⁴⁴ Las desviaciones, estadísticamente, son iguales a las volatilidades observadas menos la función estimada:

$$\varepsilon_t = RTCt - (0.02029 - 0.000051t)$$

Desde el punto de vista estadístico también se puede corroborar lo aseverado, respecto a la independencia de los errores, utilizando los resultados del estadístico F, que relaciona las varianzas de una regresión y que, según la teoría, cuando su valor es mayor que 3 se considera que las varianzas son estadísticamente distintas⁴⁵. En este caso, la regresión arrojó un valor $F=3.6306$.

Otro aspecto que se puede deducir de la aplicación del este método, es que la distribución es simétrica. Lo cual se puede corroborar con el hecho de que las variaciones relativas negativas suman 397, mientras las mayores a cero son 387; prácticamente, el número de variaciones relativas negativas y positivas son similares. Adicionalmente, si se toma en consideración los errores concentrados en la banda entre 0.5% y .0.5%, al ordenarlos de menor a mayor, tal como puede verse en la gráfica siguiente, es más que evidente la existencia de simetría en la distribución.

GRÁFICA 17



FUENTE: Cálculos propios

De igual manera, como en los casos anteriores, al multiplicar la posición neta en moneda extranjera por el producto de la desviación estándar (ahora calculada vía regresión) y el valor Z correspondiente a un nivel de confianza de 99% (2.33), se obtiene un VaR de Q122,050.03, como se aprecia en el cuadro siguiente. El VaR obtenido refleja el efecto negativo máximo que puede darse en el patrimonio en un día, como resultado de mantener una exposición de Q4 millones, y tomando en cuenta la volatilidad máxima que podría experimentar el tipo de cambio, basada en el comportamiento de los dos últimos años de dicha variable.

⁴⁵ Chesniuk, Segio, "Elementos para la Validación de Métodos Analíticos", Parte B, Metroquímica e-learning, <http://www.metroquimica.com.ar/php/content/view/252/159/>.

CUADRO 13

VaR ESTIMADO AL 31-12-11 USANDO REGRESIÓN

PNME en US\$	TC	DESVIACIÓN ESTÁNDAR REGRESIÓN	VALOR Z A 99% DE CONFIANZA	MÁXIMA VARIACION DEL TC	RAIZ CUADRADA DE DIAS DE EXPOSICIÓN	VaR en Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)x(3)x(4)	(6)	(7)=(1)x(5)x(6)
4,000,000.00	7.81083	0.16766%	2.33	0.030513	1.00	122,050.03

b. RESUMEN DE LOS RESULTADOS

En la aplicación de la metodología de valor en riesgo cambiario se han visto tres distintos enfoques: El primero, basado en la determinación simple de la desviación estándar de las variaciones relativas diarias del tipo de cambio, para lo cual se utilizó el método clásico de determinación de dicho estadístico. Luego, se procedió a la incorporación del ponderador llamado EWMA, que son promedios móviles ponderados exponencialmente y que agregan un sesgo a favor de explicar la volatilidad a partir de los datos más recientes y dándole menos importancia a los más antiguos. Finalmente, con el objeto de corroborar algunas premisas que se habían planteado, se utilizó un método basado en el cálculo de regresiones.

En este último caso, con los resultados obtenidos, se puede corroborar el hecho de que su distribución sigue el comportamiento llamado *white noise* o ruido blanco, el cual se caracteriza por tener una media igual a cero y volatilidades independientes

Cabe indicar que los cálculos obtenidos, en todos los casos, corresponden a la estimación del valor en riesgo con un horizonte de un día. Para convertir el VaR diario uno correspondiente a otra fecha, debe multiplicarse este por la raíz cuadrada del número de días que se está estimando; así, para el VaR mensual se multiplica el diario por raíz cuadrada de 30 y para el anual, por raíz cuadrada de 365.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos, a manera de comparar los tres métodos de cálculo. Para el efecto se realizó la estimación del VaR que correspondería calcular al 31 de diciembre de 2011.

CUADRO 14

VaR ESTIMADO AL 31-12-11: RESUMEN DE RESULTADOS UTILIZANDO LOS TRES MÉTODOS

	SIMPLE	C/EWMA	REGRESIÓN
POSICIÓN NETA EN M/E (Pn) EN US\$	4,000,000.00	4,000,000.00	4,000,000.00
TIPO DE CAMBIO A LA FECHA DE ANÁLISIS	7.81083	7.81083	7.81083
EXPOSICIÓN CAMBIARIA (Pn) EN QUETZALES	31,243,320.00	31,243,320.00	31,243,320.00
DESVIACIÓN ESTANDAR	0.17916%	0.17376%	0.16766%
VOLATILIDAD CAMBIARIA ESPERADA AL 99% DE CONFIANZA	0.032606	0.031623	0.030513
VaR 1 DÍA, EN QUETALES	130,423.13	126,493.22	122,050.03
VaR 1 AÑO, EN QUETALES	2,491,730.30	2,416,649.54	2,331,762.58

FUENTE: Cálculos propios

De los resultados obtenidos, tomando en consideración el marco teórico del estudio, la estimación que tiene más sustento es aquella en la cual se ha utilizado el ponderador EWMA, ya que es la que más se ajusta a efecto de predecir las volatilidades cambiarias y el VaR; lo anterior se debe a que con este método se le da un valor explicativo mucho más importante a los eventos recientes. De cualquier manera, tal como se ven en los resultados, las estimaciones obtenidas para la máxima pérdida por razones cambiarias son valores relativamente similares, ya que oscilan entre Q2.3 y Q2.5 millones.

V. CONCLUSIONES

1. Se corrobora la validez de la hipótesis general, ya que se cuenta con información que permite aplicar la metodología de cálculo de volatilidades y la medición del Valor en Riesgo Cambiario en Guatemala.
2. Se corrobora la validez de la hipótesis específica, en el sentido de que las variaciones del tipo de cambio generan pérdidas inesperadas, si las mismas no se anticipan, ya que, de acuerdo a los cálculos realizados, con la información utilizada en los ejemplos de aplicación, la pérdida máxima por razones de riesgo cambiario podría ascender a montos entre Q122.1 mil y Q130.4, en términos diarios, y entre Q2.3 y Q2.5 millones, en términos anuales.
3. Los resultados de la desviación estándar, en los distintos métodos aplicados, indican la existencia de una volatilidad limitada o relativa estabilidad en el comportamiento del tipo de cambio. Lo anterior, se considera, responde a la política de participación del banco central en el mercado cambiario que está orientada, precisamente, a reducir su la volatilidad.
4. A la luz de los resultados, la distribución tiene un comportamiento del tipo *white noise* o ruido blanco, ya que su media aritmética, según se determinó en el método de regresión, es prácticamente cero y sus volatilidades son independientes.

5. Cuando las posiciones netas entre activos y pasivos están equilibradas, el efecto cambiario en dicha posición se anula. Por eso es tan importante que los balances, si no se quieren tomar riesgos cambiarios, tiendan a calzarse, ya que, tal como se indicó, cualquier posición, sea esta positiva o negativa, estará sujeta a riesgos debido a la volatilidad cambiaria.
6. La estimación que tiene más sustento es aquella en la cual se ha utilizado el ponderador EWMA, ya que es la que más se ajusta a efecto de predecir las volatilidades cambiarias y el VaR; lo anterior se debe a que con este método se le da un valor explicativo mucho más importante a los eventos recientes.
7. El Valor en Riesgo estimado, en términos diarios y con los supuestos planteados, osciló entre Q122.1 y 130.4 miles. Este valor es la probabilidad de máxima pérdida por razones de volatilidad cambiaria en un solo día. Dicha estimación está determinada a un nivel de confianza de 99%.
8. Las estimaciones obtenidas para la máxima pérdida por razones cambiarias, en el término de un año, son valores que oscilan entre Q2.3 y Q2.5 millones. Para su cálculo se partió de los valores en términos diarios, los cuales se multiplicaron por la raíz cuadrada de 365 días.

VI. RECOMENDACIONES

1. Utilizar las herramientas presentadas en este trabajo, para el cálculo del valor en riesgo (VaR) cambiario, con la finalidad de medir el riesgo de mantenimiento de posiciones en moneda extranjera, tanto para instituciones financieras y operadoras de cambios, como para empresas que mantienen posiciones en moneda extranjera. Especialmente, se recomienda la utilización de la metodología que incorpora el uso del ponderador EWMA.
 2. Utilizar las bases de esta metodología para calcular las máximas pérdidas potenciales por movimientos en la tasa de interés o en precios de otros activos, la cual podría ser utilizada por las instituciones financieras.
 3. Incorporar dentro del contenido de alguna de las materias del pensum de las carreras de Ciencias Económicas, el estudio de la presente metodología.
-

VII. BIBLIOGRAFÍA

Alonso C., Julio César, "Introducción al cálculo del valor en riesgo". Apuntes de Economía No. 7, Departamento de Economía, Universidad de ICESI, Colombia 2005.

Bank of International Settlements, Basel II: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework, Basel, June 2004.

Blaiotta, Jimena, Guido Spano y. Pablo Delieutraz. Teorema Central del Límite, Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires 2004.

Calvo, G. y C. Reinhart , "Fear of Floating". Quarterly Journal of Economics, Vol. 117, No. 2. 2002. Páginas 379-408.

Castelao, Silvina; Palmigiani, Sofía y Lampes, Patricia; "Riesgo Sistémico: Una aproximación para el sistema bancario uruguayo", Jornadas de Economía, Banco Central de Uruguay, Montevideo, 2012.

Chesniuk, Segio, "Elementos para la Validación de Métodos Analíticos", Parte B, Metroquímica e-learning, <http://www.metroquimica.com.ar/php/content/view/252/159/>.

Comboni, Javier, Volatilidad Cambiaria y Crecimiento Económico en la Subregión Andina, Lima, Perú, abril 2004.

De Arce, Rafael y Ramón Mahía. "Modelos ARIMA". Dpto. Economía Aplicada, U.D.I. Econometría e Informática. Programa Citius.- Técnicas de Previsión de variables financieras. España 2001.

Díaz Castellanos, Guillermo, "Cobertura del Riesgo cambiario en Guatemala". Revista Electrónica Ingeniería Primero, No. 18 – Agosto, 2010, Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

Federal Reserve Bank of New York, "All About.The Foreign Exchange Market in the United States", New York, 1998.

Galindo Girón, Juan Carlos. "Análisis de la Exposición Cambiaria en el Sistema Bancario Guatemalteco a través del Método del valor en riesgo por Simulación Histórica", Tesis, Escuela de Estudios de Postgrado, Maestría de Administración Financiera. USAC, 2009.

García Villalón, Julio y Josefina Martínez Barbeito. "Enfoques Diferentes para Medir el valor en riesgo (VAR) y su Comparación. Aplicaciones". Asociación Española de Profesores Universitarios de Matemáticas para la Economía y la Empresa. La Coruña, España, 2005.

Harper, David. "Exploring The Exponentially Weighted Moving Average ". Investopedia, Financial Theory, 2007. Internet.

Jaque García, Rodrigo. "La Dolarización y el Riesgo cambiario en la Banca Múltiple". Unidad de Análisis Económico, Secretaría de Estado de Economía, Planificación y Desarrollo. Texto de Discusión No. 9. República Dominicana, 2007.

Jorion, Philipp. "Value at Risk, the new benchmark for managing financial risk", third edition, Mc Graw Hill, USA, 2007.

Lejarza, Juan. & Ignacio Lejarza. Distribución Normal, www.uv.es/ceaces/pdf/normal.pdf

Madura, Jeff. "Mercados e instituciones financieras", octava edición, Cengage Learning Editores, S.A., México, 2010.

Moral Iadarola, Federico y Lilian Mora. "Trading Center, Formación & información para el Inversor", Medidas de Riesgo: VaR – Value at risk / Valor en riesgo #1 y #2. World Press. Internet.

Morales Vallejo, Pedro. "Estadística aplicada a las Ciencias Sociales". Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 2008.

Pedauga, Luis E., "Modelo de intervención cambiaria para el caso venezolano", Serie Documentos de Trabajo Oficina de Investigaciones Económicas, Banco Central de Venezuela, Colección Banca Central y Sociedad, 2003

Rapán, Rodolfo. Mark to market. Blog de Finanzas Globales, Zona Bancos.

Sánchez, Ismael "Métodos Estadísticos para la Mejora de la Calidad". Departamento de Estadística y Econometría Universidad Carlos III de Madrid.

Soto Q., Christian Y. "Riesgo de Liquidez en el Sistema Financiero Venezolano. Una aplicación del VaR ajustado por liquidez". Escuela de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Andres Bello. Caracas, 2008.

Weisstein, Eric W. "Normal Distribution." From MathWorld--A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/NormalDistribution.html>

Zambrano, Mario Antonio. "Gestión del Riesgo cambiario: Una Aplicación del valor en riesgo para el Mercado Financiero Peruano". Revista Estudios Económicos, Banco Central de Reserva del Perú, Perú, 2003.

VIII. ANEXOS

ANEXO I

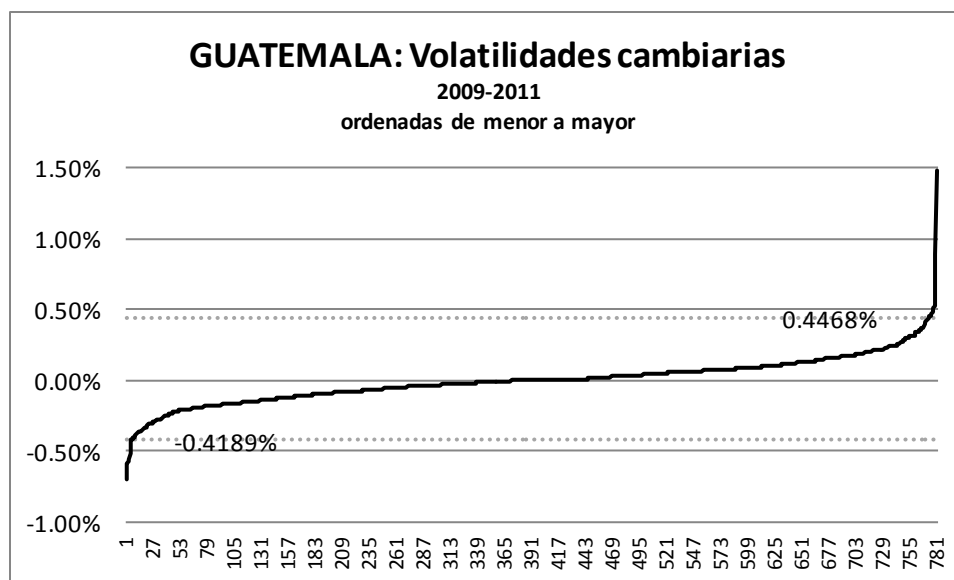
UN MÉTODO DE CÁLCULO DEL VaR POR APROXIMACIÓN

Una manera práctica de hacer una aproximación al cálculo de la máxima pérdida, consiste en ordenar los datos, en este caso las variaciones relativas diarias del tipo de cambio, de mayor a menor, o viceversa. Luego de ordenados se estima, dándole un valor de 100% a la totalidad de los datos, cuál es el dato que representa el 99% del total. Este valor puede ser un indicativo que, si todo se comporta como en el pasado, existiría un 99% de probabilidad que la volatilidad del siguiente día no sea mayor al valor estimado. Como se asume que los datos se distribuyan simétricamente, también el cálculo se puede hacer para el dato que corresponde al 1%. Tomando en cuenta que no se está actuando sobre una curva normal sino sobre el histograma original, lo más seguro es que ambos datos no coincidan; sin embargo, cualquiera de los dos puede dar una idea *a priori* del valor de la volatilidad máxima esperada y, a partir de esta, poder estimar también el valor en riesgo.

Siguiendo lo señalado anteriormente, se procedió a ordenar las variaciones relativas o retornos diarios del tipo de cambio correspondientes a los tres años de análisis en su conjunto. Luego se estimaron cuáles eran los valores que marcaban el límite entre aquellos que representan el 99%, tanto en forma ascendente, como en forma descendente, obteniéndose los resultados siguientes:

En forma ascendente	0.4468%
En forma descendente	-0.4189%

Lo anterior se puede ver de una manera más clara en la gráfica siguiente, donde se presenta la curva formada por las variaciones ordenadas.



FUENTE: Cálculos propios

En la gráfica, las dos líneas horizontales punteadas representan los valores obtenidos utilizando este método. Los valores mayores a -0.4189% representan el 99% de las volatilidades observadas en el período analizado o bien, visto en sentido contrario, los valores menores a 0.4468% representan el 99% de las volatilidades observadas. Cualquiera de los dos puede tomarse como una aproximación de la máxima volatilidad esperada.

A partir de este punto, manteniendo el supuesto de una posición neta en moneda extranjera de US\$ 4 millones, se puede entrar a estimar el VaR, en términos diarios, basado en las dos volatilidades máximas esperadas, dando los resultados siguientes:

PNME	TC	MÁXIMA VOLATILIDAD	MÁXIMA VARIACION DEL TC	RAIZ CUADRADA DE DIAS DE EXPOSICIÓN	VaR
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)	(6)=(1)x(4)x(5)
4,000,000.00	7.81083	0.44677%	0.034897	1.00	139,586.40

PNME	TC	MÁXIMA VOLATILIDAD	MÁXIMA VARIACION DEL TC	RAIZ CUADRADA DE DIAS DE EXPOSICIÓN	VaR
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)	(6)=(1)x(4)x(5)
4,000,000.00	7.81083	0.41885%	0.032716	1.00	130,863.74

Como se señaló, esta es una metodología que no se basa en una distribución normal, como el método de varianzas y covarianzas utilizado en el trabajo; sin embargo, por las características de la distribución, relativamente simétrica y con media aritmética igual a cero, puede servir de una aproximación a las presentadas en el documento.

ANEXO II

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS VARIACIONES RELATIVAS DEL TIPO DE CAMBIO

Debido a que el mercado cambiario opera únicamente los días hábiles de cada semana, en la información que publica el Banco de Guatemala correspondiente a fines de semana y feriados se repite la del día hábil anterior; por consiguiente, de no depurarse la información indicada, los resultados obtenidos tendrían un sesgo y, por tanto, también su interpretación. Para evitar esa situación, se hace necesario eliminar del cálculo toda aquella información relativa a los fines de semana.⁴⁶

Luego del ajuste indicado, se obtuvieron los siguientes resultados:

Media aritmética	0.0005%
Desviación estándar	0.1679%
Mínimo	-0.6988%
Máximo	1.4903%
Datos	782

Como se puede observar, la media aritmética tiende a ser cero. Esto es resultado de que, tal como se indicó, el valor esperado de los retornos de la tasa de cambio gira alrededor de un valor cero, que es su punto medio y sugiere la máxima estabilidad de la variable.

En el caso de la desviación estándar, esta muestra un resultado de 0.1679%, valor que en términos anuales significaría una variación máxima de 3.2%

A continuación se presenta una gráfica que contiene los resultados con la información ya ajustada (sin fines de semana). En ella se presentan las desviaciones de las volatilidades calculadas respecto de la media estimada. Como puede observarse, la distribución de las variaciones gira alrededor de cero, con una desviación promedio equivalente a 0.1679%, que es la volatilidad promedio de las variaciones.

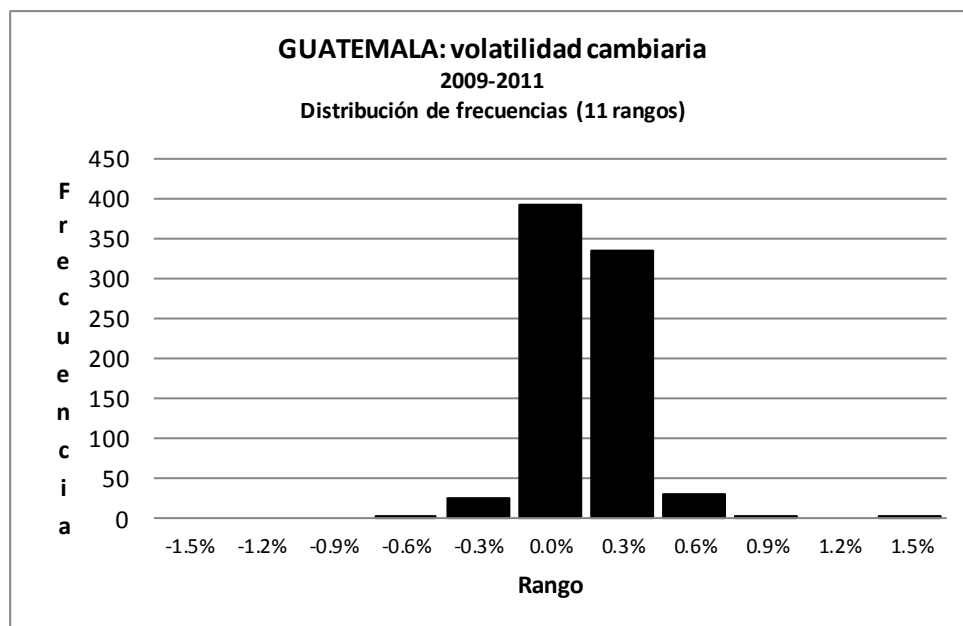
Con el propósito de medir la concentración de las variaciones, se procedió a la construcción de la tabla de frecuencias siguiente:⁴⁷

⁴⁶ Ver en Anexo IV, Eliminación de ceros de días no hábiles, donde se incorpora un condicional para evaluar este extremo y realizar la eliminación correspondiente. En este caso, por facilidad, con el algoritmo utilizado se están eliminando únicamente los fines de semana. Se puede construir un algoritmo para eliminar los días de feriado.

⁴⁷ Se tomó, entre las volatilidades, el máximo y el mínimo valor observado y se distribuyeron en 10 rangos. La amplitud de cada rango se determinó mediante la siguiente fórmula: $a = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{R - 1}$; en donde a es la amplitud del rango; X_{\max} , el valor máximo de la serie; X_{\min} , el valor mínimo; y, R, el número de rangos.

Rangos	Frecuencia
-1.5%	0
-1.2%	0
-0.9%	0
-0.6%	1
-0.3%	25
0.0%	391
0.3%	334
0.6%	29
0.9%	1
1.2%	0
1.5%	1

Para visualizar mejor los resultados, la referida distribución se presenta en el histograma siguiente⁴⁸



FUENTE: Cálculos propios

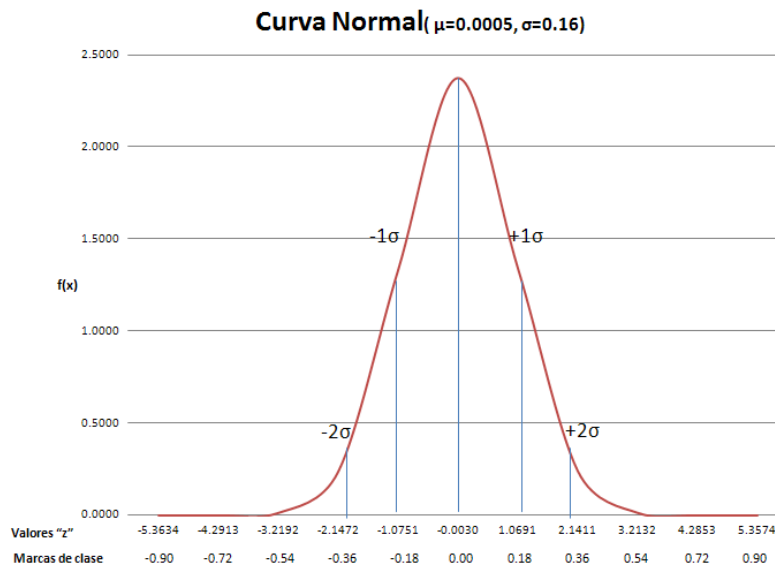
Como se puede apreciar, la mayor parte de las variaciones se sitúa en la marca de clase que corresponde a cero y un porcentaje importante está contenido en el rango que va de -0.3% a 0.3%, lo que indica que el tipo de cambio ha tenido una volatilidad limitada o relativa estabilidad en su comportamiento, lo que implica la existencia de un menor riesgo cambiario implícito, lo que

⁴⁸ Histograma de Pearson, que representa los datos contenidos en la tabla de frecuencias. En el eje de las ordenadas se muestra el número de veces (frecuencia) que las observaciones (variaciones) caen en cada clase o rango predeterminado.

permite a las empresas poder mantener posiciones en moneda extranjera más altas sin que esto implique mucho riesgo

Otra consideración importante es que, dado que el análisis estadístico de la volatilidad cambiaria parte de los errores de la estimación respecto de su valor esperado, teóricamente existe una simetría en la distribución de esa volatilidad. Por consiguiente, deviene relevante normalizar la distribución a partir del valor promedio (0.0005%) de las volatilidades cambiarias y de su respectiva desviación estándar (0.1679%), con el propósito de evaluar si las variaciones del tipo de cambio respecto del día anterior han sido significativas en términos de riesgo. Para el efecto se ha utilizado una función de densidad ⁴⁹ cuya aplicación ha generado los resultados siguientes:

Rangos	Frecuencia	curva normal
-1.5%	0	0
-1.2%	0	0
-0.9%	0	0
-0.6%	1	0
-0.3%	25	48
0.0%	391	238
0.3%	334	48
0.6%	29	0
0.9%	1	0
1.2%	0	0
1.5%	1	0



FUENTE: Cálculos propios

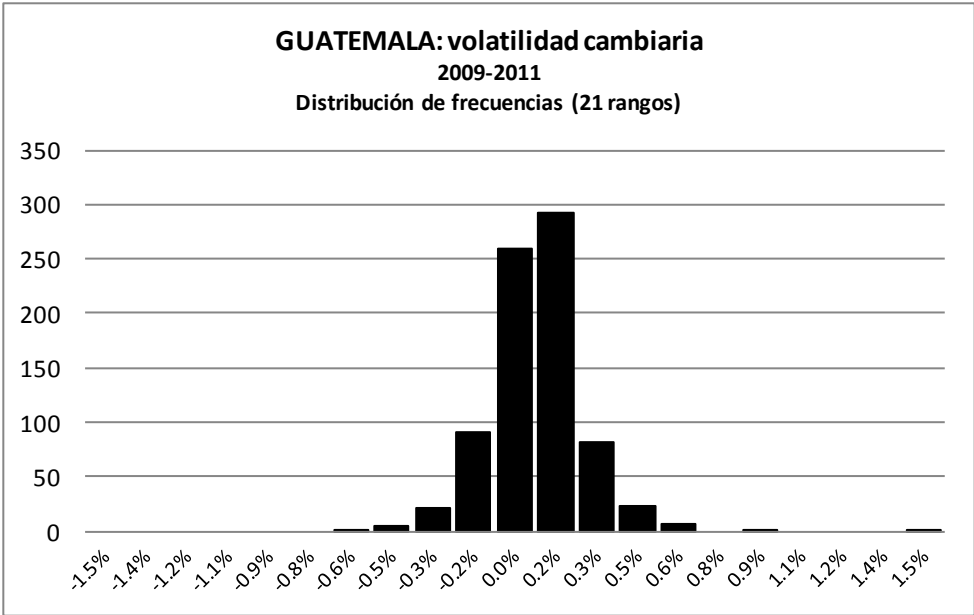
⁴⁹ La forma de la curva normal está dada por la siguiente función densidad: $f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$, $x \in \mathbf{R}$ y su aplicación en Excel puede verse en Anexo IV, Cálculo de la Distribución Normal.

Como puede observarse, en el rango que va desde el valor de -1σ a $+1\sigma$, que equivale a una volatilidad cambiaria del 0.18%, se encuentran concentrados el 68.26% de los valores observados. Entre el rango que va de -2σ a $+2\sigma$, equivalente a una volatilidad de 0.36%, se concentra el 95.44%.

Lo anterior quiere decir que existe una probabilidad de 95.44% que la variación diaria que tenga el tipo de cambio de referencia para el siguiente día del cálculo, sea de $\pm 0.36\%$; es decir, el 95.44% de las variaciones del tipo de cambio respecto al día anterior fueron menores o iguales a 0.36%.

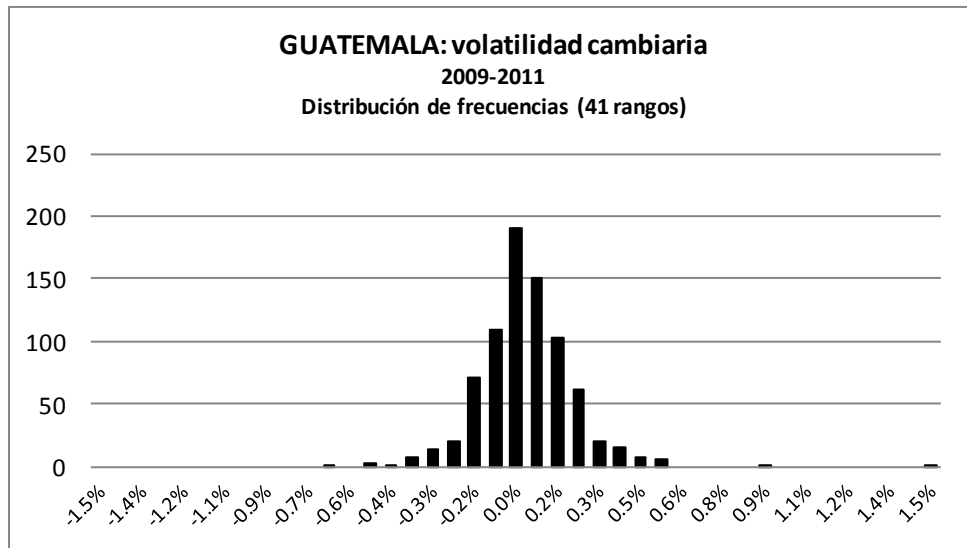
Si la evaluación se lleva a cabo con tres desviaciones estándar, el nivel de confianza aumenta hasta un 99.74%.⁵⁰

Como se puede apreciar en las gráficas siguientes, en la medida que aumenta en número de clases o rangos, la distribución va asemejándose más al comportamiento de una curva normal, con datos concentrados alrededor de la media y con una figura que asemeja una campana.



FUENTE: Cálculos propios

⁵⁰ Para niveles de confianza de 99%, en un análisis a una sola cola, el valor Z es igual a 2.33. Esto quiere decir que en una curva normal, cuando la relación entre las variaciones observadas y el valor esperado de estas (desviación estándar) es igual a 2.33 ($Z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$), se está en un punto en el cual se asegura que la densidad de la distribución de un lado de la curva es de 99%. La utilización de 2.33 desviaciones estándar, o sea efectuar el cálculo a un nivel de confianza del 99%, es el que más se utiliza para la estimación de la máxima volatilidad cambiaria.



FUENTE: Cálculos propios

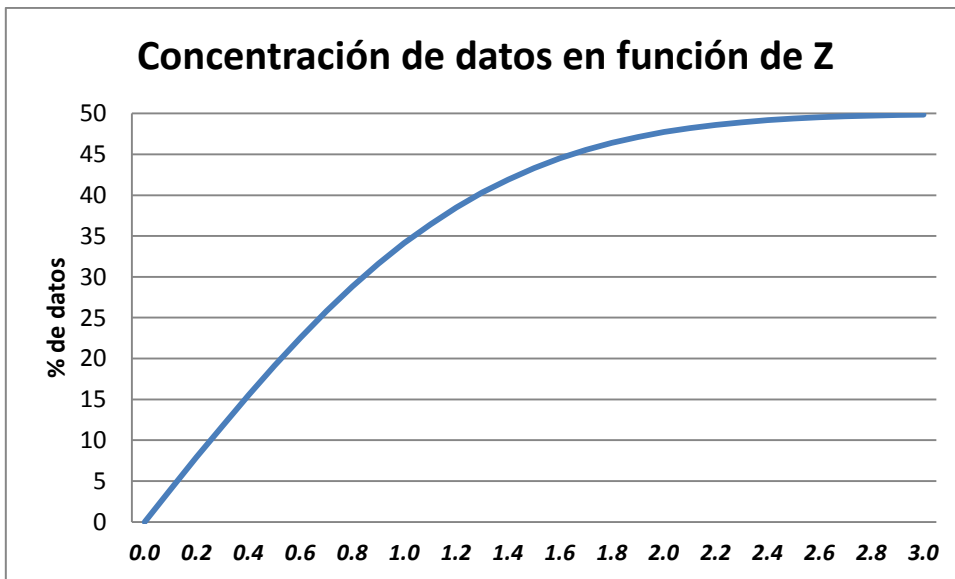
ANEXO III

EL VALOR Z EN LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

Un valor Z es una medida de posición relativa; describe la posición de una observación relativa a la media aritmética, en unidades de desviación estándar. Un valor Z negativo indica que la observación está por debajo de la media y uno positivo, que está por encima de ella. Y se mide de la siguiente manera:

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$$

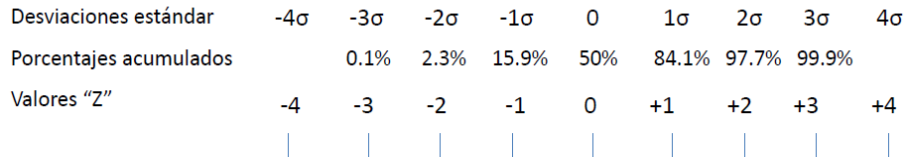
Los valores Z nos dan entonces una indicación de concentración de la distribución. Así, cuando $Z=0$ el único valor existente es la media aritmética. Si $Z=1$ el nivel de concentración es de 34.13% de datos alrededor de la media. Cuando $Z=2$.



La curva normal, tiene la virtud de contar con ciertas características: es simétrica a partir de la media aritmética y su valor acumulado dentro de la curva, o sea el área, suma 100%. Por tanto el valor de cada porción del área dividida por la media aritmética es de 50%. Una desviación estándar equivale a 31.13% del área total; entonces, el área que abarca una desviación estándar de lado y lado de la media aritmética es igual a 62.26%. Dos desviaciones estándar equivalen a 95.44%. Lo que quiere decir que en una distribución normal más del 95% de los elementos están concentrados en el área correspondiente al rango que va desde -2σ a $+2\sigma$.

Curva normal o Campana de Gauss

Porcentajes de casos en 8 porciones de la curva



Para determinar si una distribución es normal, se utiliza el concepto del Teorema del Límite Central o Teorema Central del Límite, el cual indica que, bajo condiciones muy generales, la distribución de la suma de variables aleatorias tiende a una distribución gaussiana, normal o estándar, cuando la cantidad de variables es muy grande.

Esta relación entre la forma de la distribución de la población y la forma de la distribución de muestreo se denomina teorema del límite central, que es tal vez el más importante de toda la inferencia estadística. Asegura que la distribución de muestreo de la media se aproxima a la normal al incrementarse el tamaño de la muestra. En la práctica, se recomienda la utilización de la distribución normal como una aproximación a la distribución de muestreo siempre que el tamaño de la muestra sea al menos de 30, pero la distribución de muestreo de la media puede ser casi normal con muestras incluso de la mitad de ese tamaño. La importancia del teorema del límite central es que permite usar estadísticas de una muestra para hacer inferencias con respecto a los parámetros de población.

Tomando en consideración que la información para el análisis será la variación relativa diaria del tipo de cambio, lo que significa tener 365 datos para un año normal, los supuestos de la Teoría del Límite Central se cumplen, por lo que se infiere que dichas variaciones se comportarían como una distribución normal.

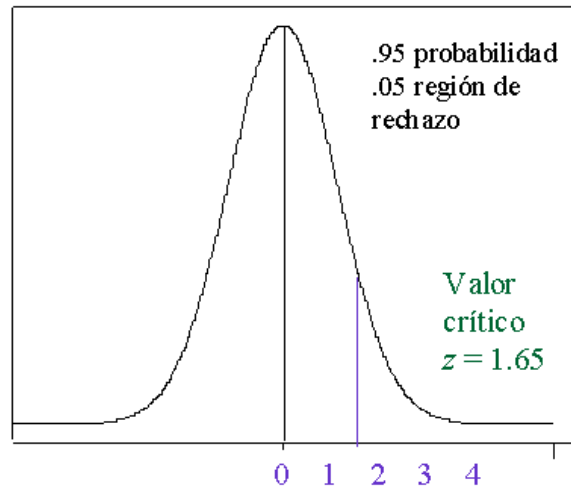
El área de la curva normal que se concentra entre la media aritmética y el valor la desviación estándar es equivalente al 34.13%. Tomando en cuenta que la desviación estándar debe tomarse hacia los dos lados de la media aritmética, la proporción de datos concentrados en el rango que va de una desviación estándar negativa a una positiva sería de 64.26%.

Para efectos de análisis, dependiendo de la hipótesis que se plantee, éste puede ser de una o de dos colas.

Se utilizan pruebas de una cola cuando la hipótesis alterna, H_1 , establece una dirección, como:

H0 : el ingreso medio de Guatemala es menor o igual al ingreso medio de Centroamérica.
H1 : el ingreso medio de Guatemala es mayor al ingreso medio de Centroamérica.

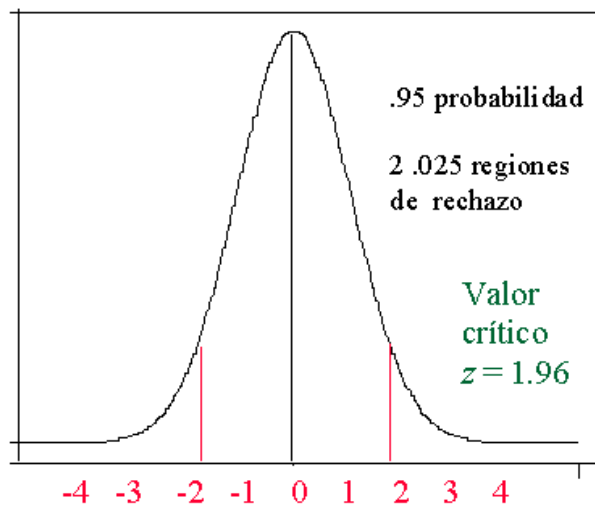
Distribución de muestreo para el valor estadístico z, prueba de una cola, nivel de significancia de .05



Se utilizan pruebas de dos colas cuando no se establece una dirección específica de la hipótesis alterna H1, como:

H0 : el ingreso medio de Guatemala es igual al ingreso medio de Centroamérica.
H1 : el ingreso medio de Guatemala no es igual al ingreso medio de Centroamérica.

Distribución de muestreo para el valor estadístico z, prueba de dos colas, nivel de significancia de 0.05



A continuación se presenta una tabla que incluye los valores Z correspondientes a probabilidades de que la hipótesis planteada sea correcta, tanto para análisis de una cola como para el de dos colas.

Valores Z: análisis de 1 cola			
	Lado a	Lado b	Total
0.66	50%	25%	75%
0.83	50%	30%	80%
1.03	50%	35%	85%
1.28	50%	40%	90%
1.65	50%	45%	95%
2.33	50%	49%	99%

Valores Z: análisis de 2 colas			
	Lado a	Lado b	Total
1.16	38%	38%	75%
1.28	40%	40%	80%
1.44	43%	43%	85%
1.65	45%	45%	90%
1.96	48%	48%	95%
2.58	50%	50%	99%

ANEXO IV

COMANDOS DE EXCEL UTILIZADOS

1. CÁLCULO DE VARIACIONES RELATIVAS

=+LN(D1020/D1019)*100

Para el cálculo de la media aritmética, el algoritmo se expresa de la siguiente manera:

=+PROMEDIO(E5:E1099)

Y para la desviación estándar

=+DESVEST(E5:E1099)

Luego es necesario tener el cálculo del valor mínimo y el máximo, ya que ellos servirán para poder construir una tabla de distribuciones.

=+MIN(E5:E1099)

=+MAX(E5:E1099)

Finalmente, para calcular el número de observaciones de la serie se utiliza el siguiente algoritmo.

=+CONTAR(E5:E1099)

2. ELIMINACIÓN DE CEROS DE DÍAS NO HÁBILES

=SI(PRUEBA_LÓGICA, [VALOR_SI_VERDADERO],[VALOR_SI_FALSO])

=+SI(D5=D4,FALSO,E5)

3. CONSTRUCCIÓN DE TABLA DE FRECUENCIAS

=+FRECUENCIA(F5:F1099,C1128:C1138)

4. CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

=+DISTR.NORM(\$C1128,E\$1101,E\$1102,FALSO)

La función de distribución de Excel únicamente solicita los datos de la marca de clase, de la media aritmética y de la desviación estándar. El último parámetro es un valor lógico que determina la forma de la función. Ésta, por default produce una función de distribución acumulada; en este caso si se escribe VERDADERO, la función DISTR.NORM devuelve la función de distribución acumulada; si es FALSO, devuelve la función de masa de probabilidad. En este caso, nos interesa la masa de probabilidad o Campana de Gauss, que es la típica forma de analizar la distribución normal.

5. CÁLCULO DEL VECTOR DE MEDIAS MÓVILES

Usando Excel, se puede construir el vector de medias móviles mediante el siguiente algoritmo:

```
=+PROMEDIO(F37:F767)  
=+PROMEDIO(F38:F768)  
=+PROMEDIO(F39:F769)....
```

A efecto de calcular la desviación estándar correspondiente al primer dato del período que analizará, 1 de enero de 2009, se tomarán en cuenta los datos correspondientes del 2 de enero de 2007 al 31 de diciembre de 2008. Para el siguiente día, el período a analizar es del 3 de enero de 2007 al 1 de enero de 2009. La idea es, entonces, que la volatilidad esperada para una fecha en particular será igual a la desviación estándar de las volatilidades de los días hábiles equivalentes a dos años previos. Esto se puede describir como:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - \mu)^2}$$

Donde:

σ_j = la desviación estándar para el período desde el día j-n hasta el día j.

n = cantidad de días que forman la observación

μ = media móvil de la observación

x_i = observación del día i ($i \in [j - n; j]$)

6. CÁLCULO DEL VECTOR DE DESVIACIONES ESTÁNDAR

De igual manera, usando Excel, se puede construir el vector de desviaciones estándar mediante el siguiente algoritmo:

```
=+DESVEST(F37:F767)  
=+DESVEST(F38:F768)  
=+DESVEST(F39:F769)....
```

USO DEL PONDERADOR EWMA

Para cada una de las desviaciones, utilizando un valor lambda=0.94.

```
=SI(F767="INVALIDO", "INVALIDO", RAIZ(U759(.94*M766^2)+((1-.94)*F767^2)))
```