

Estimación de capital económico para cubrir riesgo
de mercado con base en la estimación del VaR y
Back Testing

Memoria de Grado
Presentada a la Facultad de Economía

por

Diego Arroyo Baptiste

Trabajo asesorado por

Clara Bruckner

Economía
Universidad de los Andes
Mayo 2007

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	REGULACIÓN.....	2
3.	VAR	4
3.1.	RIESGO TASA DE INTERÉS.....	4
a.	<i>Cálculo Valor Presente</i>	5
b.	<i>Cálculo Duración Modificada</i>	5
c.	<i>Cálculo de la Volatilidad</i>	6
3.2.	RIESGO TASA DE CAMBIO.....	7
3.3.	RIESGO PRECIO.....	7
3.4.	AGREGACIÓN DEL VAR TASA DE INTERÉS.....	8
3.5.	AJUSTE VERTICAL	8
3.6.	AJUSTE HORIZONTAL EN LA MISMA ZONA.....	9
3.7.	AJUSTE HORIZONTAL ENTRE ZONAS	9
3.8.	CÁLCULO DEL VAR TASA DE INTERÉS CONSOLIDADO	10
3.9.	VAR TOTAL DE LA ENTIDAD.....	10
4.	BACK TESTING.....	10
4.1.	ESTIMACIÓN FACTOR MULTIPLICATIVO	11
4.2.	CONSTRUCCIÓN DE LA TABLA DE PERMANENCIA.....	12
a.	<i>Consideraciones estadísticas para definir las zonas</i>	12
b.	<i>Delimitación de las zonas</i>	15
4.3.	IMPLEMENTACIÓN DEL BACK TESTING.....	15
a.	<i>Procedimiento</i>	16
5.	STRESS TESTING.....	16
5.1.	STRESS TESTING POR SIMULACIÓN NO PARAMÉTRICA.....	17
5.2.	STRESS TESTING POR SIMULACIÓN DE MONTECARLO.....	17
a.	<i>Test Anderson Darling</i>	17
6.	ESTIMACIÓN DEL MODELO DE BACK TESTING PARA EL CALCULO DEL CAPITAL ECONÓMICO.....	18
6.1.	PORTAFOLIO.....	19
6.2.	VAR.....	19
6.3.	PRUEBAS DE BACK TESTING.....	20
6.4.	FACTOR MULTIPLICATIVO.....	21
7.	PRUEBAS DE STRESS TESTING.....	22
7.1.	SIMULACIÓN HISTÓRICA NO PARAMÉTRICA.....	22
7.2.	SIMULACIÓN MONTECARLO.....	23
8.	CONCLUSIONES.....	26

1. Introducción

El mercado bursátil tanto internacional como nacional está en una constante evolución que ha llevado a un incremento significativo en los volúmenes de negociación de los mercados de capitales, y por ende a una rápida innovación financiera. Esta condición del mercado altera constantemente las volatilidades de los activos financieros, generando un riesgo para las entidades que cuenten con portafolios de inversión y llevando consigo una necesidad de monitorear ese riesgo al que están expuestos.

El riesgo de mercado se define como la probabilidad de incurrir en pérdidas financieras como consecuencia de cambios en tasas de interés, tasas de cambio o precios (acciones) y demás factores de mercado que afectan la posición financiera de las empresas. Para incurrir en estas pérdidas deben ocurrir movimientos adversos, los cuales dependiendo de la posición que se tenga (activa o pasiva), y de los factores pertinentes en la valoración contable de los activos financieros que constituyen el portafolio de inversión de las entidades pueden generar pérdidas financieras significativas.

El objetivo de la presente tesis es aplicar la metodología de estimación de Capital Económico propuesta por La Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras de Chile al mercado financiero colombiano para cubrir riesgo de mercado basado en la estimación del VaR y Back Testing. Esta metodología es de vital importancia para la Superintendencia Financiera por cuanto le permite estimar el capital económico o capital regulatorio el cual se define como el patrimonio mínimo requerido por entidad dada la exposición al riesgo de mercado. Adicionalmente, en la tesis se proponen dos metodologías de Stress Testing que permiten estimar pérdidas en escenarios extremos y sensibilizar la gestión del capital económico en escenarios extremos por encima del VaR.

2. Regulación

Debido a la exposición significativa de riesgo de mercado, crédito y operacional a que están expuestas las entidades del sector financiero de cualquier país del mundo, el G-9 (Los nueve países más industrializados), crearon el Comité de Basilea, el cual busca proponer estándares de administración de riesgo a los entes reguladores del sector financiero tanto de países industrializados como en vías de desarrollo.

Con el fin de cubrir las posibles pérdidas que se pueden generar por riesgo de mercado, el Comité de Basilea en Enero de 1996, estableció un requerimiento de capital obligatorio para las entidades financieras expuestas a riesgo de mercado y crédito, esto con el fin de que estas pudieran enfrentar los riesgos que estaban asumiendo. Esta regulación, contenida en el Acuerdo de Basilea II, debe ser adoptada por todos los países que rigen sus actividades financieras bajo este acuerdo y por el ente de control encargado de supervisar las entidades financieras en su respectivo país. La Superintendencia Financiera de Colombia ha venido adoptando los estándares de administración de riesgo propuestos por el Comité de Basilea. En el año 2000 la Superintendencia Financiera emitió su primera circular externa de riesgo (Circular 088), la cual corresponde a los ““Parámetros mínimos de gestión de riesgos” que deben seguir las entidades. Posteriormente, en el año 2001 emitió la circular externa 042, la cual contemplaba la metodología de medición del riesgo de mercado. Dicha norma fue modificada varias veces, hasta llegar a lo que hoy es el esquema de administración de riesgo de mercado SARM, el cual aplica para todas las entidades vigiladas por la Superintendencia Financiera, que por mantener posiciones importantes en portafolios de inversión están expuestas a dicho riesgo.

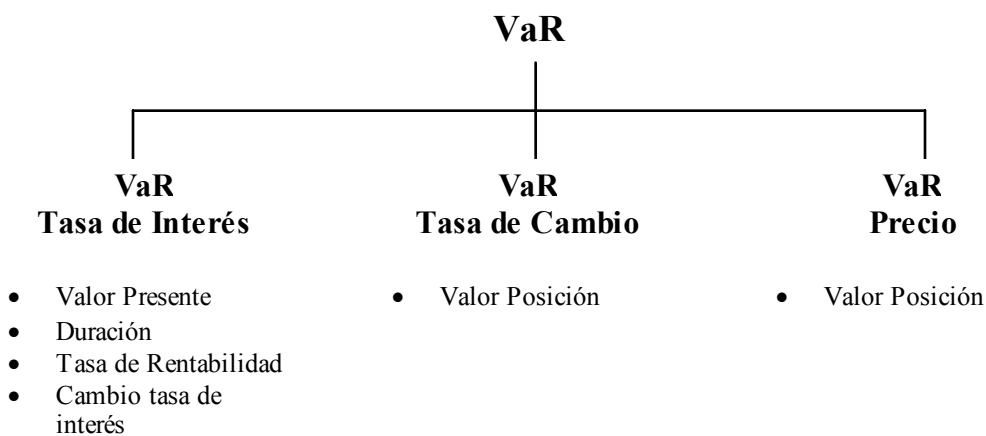
En la Circular 088 del 2000, se estipula claramente que “independientemente del volumen de operaciones, del tipo de negocios que maneje y del tipo de mercado que atienda, en la entidad debe existir un área encargada de la identificación, estimación, administración y control de los riesgos inherentes al negocio de tesorería”¹. Esto significa que cada entidad debe contar con una estrategia, política y mecanismo de medición y control para los riesgos de mercado, crédito y/o contraparte, operacional, legal y de liquidez, tanto a nivel individual por instrumento financiero como para el portafolio consolidado de las posiciones que tenga el banco.

En el capítulo XXI (Circular externa 009 de Enero de 2007) se profundiza más en el riesgo de mercado y **en el** como se debe medir, **monitorear** y controlar. En este capítulo la Superintendencia Financiera sugiere una metodología estándar de medición del riesgo **de mercado**, que a la vez fue sugerido por el Comité de Basilea en la enmienda relativa a la incorporación del riesgo de mercado al acuerdo de capital regulatorio. Sin embargo, **“los establecimientos de crédito, las instituciones oficiales especiales y los**

¹ Capítulo XX, página 2

organismos cooperativos de grado superior pueden diseñar y aplicar modelos internos para la medición de los riesgos de mercado, siempre que los mismos cumplan con los requisitos mínimos establecidos en el numeral 4.2. del presente capítulo y no hayan sido objetados por la SFC². Estos modelos son conocidos como Valor en Riesgo (Value at Risk) VaR y debe ser calculado diariamente para así cuadrar el Requisito Mínimo de Capital (RMC).

3. VaR



Esta es la estructura del VaR de la Superintendencia Financiera y cada uno de los instrumentos del portafolio de inversiones puede estar expuesto como mínimo a uno de estos tres riesgos y por ende al riesgo de mercado. Por ejemplo los Yankees, o TES denominados en dólares, están expuestos a riesgo de tasa de interés y tasa de cambio, y así es para los distintos instrumentos.

3.1. Riesgo Tasa de interés

Al calcular el riesgo tasa de interés y cuantificarlos a través del VaR se incluyen los títulos valores renta fija, tasa fija y tasa variable más margen, denominados en moneda legal, en moneda extranjera y en UVR. La fórmula es la siguiente:

$$VaR_{ti} = Valor\ Presente \times Duración\ Modificada \times Volatilidad$$

² Capítulo XXI, página 4

a. Cálculo Valor Presente

El valor presente es el valor de cada título del portafolio de inversiones registrado en la valoración a la fecha de cálculo del VaR. La metodología que seguiré será la estipulada en el capítulo I de la Circular 100 de la Superintendencia Financiera el cual habla del método que se debe seguir al evaluar las inversiones.

$$VPN = \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^{t_j}}$$

Donde:

F_j : Flujo futuro.

i : Tasa de descuento del título valor. Esta es la tasa utilizada para valorar el instrumento en el momento del cálculo del VaR.

t_j : Madurez del flujo del título valor.

b. Cálculo Duración Modificada

Este cálculo es muy importante porque es el factor que permite estimar la sensibilidad del precio de un título valor renta fija, frente a variaciones en la tasa de interés en un periodo de tiempo determinado. Su cálculo es:

$$Duración\ Modificada = \frac{Duración}{1 + TIR}$$

Donde la duración modificada es el promedio ponderado de los flujos de un título valor, es decir,

$$Duración = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i_j)^{t_j}} * t_j}{VPN}$$

Donde:

F_j : Flujo de fondos al final del periodo.

i: tasa de descuento.

t_j: número de periodos entre el momento del cálculo y el vencimiento del flujo **j**.

En el caso de un título valor renta fija tasa variable más margen,

$$Duración = \frac{\sum_{j=1}^m \frac{F_j}{FD^{t_j}} * t_j}{\sum_{j=1}^m \frac{F_j}{FD^{t_j}}}$$

Donde:

F_j: j-ésimo flujo de fondos del instrumento, **j=1, ..., m**.

t_j: tiempo restante hasta el j-ésimo flujo medido en número de años (número de días/365).

FD: Último factor de descuento disponible en la fecha de cálculo.

m: Número de flujo futuros de efectivo asociados al instrumento.

c. Cálculo de la Volatilidad

La volatilidad es la variación máxima posible probable que puede obtener una determinada variable en el tiempo. Para el cálculo del VaR tasa de interés, la Superintendencia Financiera emitió en la Circular Externa 026 de 2006 una tabla dividida por zonas con base en la sensibilidad del precio de un título valor renta fija, frente a variaciones en la tasa de interés en un periodo de tiempo determinado, es decir, la duración modificada. La volatilidad (cambios en tasa de interés) a tomar de la tabla depende de la moneda de denominación del valor nominal del título y se presentan a continuación:

Zona	Banda	Duración Modificada		Cambios en tasas de interés (pbs)		
		Límite Inferior	Límite Superior	Moneda Legal	UVR	Moneda Extranjera
Zona 1	1	0	0.08	221	221	100
	2	0.08	0.25	221	221	100
	3	0.25	0.5	221	221	100
	4	0.5	1	221	221	100
Zona 2	5	1	1.9	206	208	90
	6	1.9	2.8	190	195	80
	7	2.8	3.6	175	182	75
Zona 3	8	3.6	4.3	159	168	75
	9	4.3	5.7	144	155	70
	10	5.7	7.3	128	142	65
	11	7.3	9.3	118	142	60
	12	9.3	10.6	118	142	60
	13	10.6	12	118	142	60
	14	12	20	118	142	60
	15	20		118	142	60

3.2. Riesgo Tasa de Cambio

Este VaR se debe aplicar a todas las posiciones (activas y pasivas) denominadas en una moneda diferente a la legal, incluyendo UVR. Se calcula de la siguiente forma:

$$VaR_{Tasa\ de\ Cambio} = Posición \times Factor\ de\ Sensibilidad$$

Donde **posición** hace referencia al valor del instrumento expresado en pesos colombianos (COP) y el **factor de sensibilidad** es la volatilidad que se debe aplicar en el momento del cálculo del VaR y son definidos por la Circular Externa 009 de Enero de 2007 de la Superintendencia Financiera por moneda.

Moneda	Factor de Sensibilidad
Dólar de Estados Unidos de América	4.4%
Euro	6.0%
Otras monedas y oro	8.0%
Riesgo general precio de acciones	14.7%

3.3. Riesgo Precio

El VaR calculado para las variaciones en precios se calcula para instrumentos de renta variable como lo son las acciones. El cálculo es muy parecido al VaR tasa de cambio sino

que se utiliza el factor de sensibilidad dado por la Circular Externa 009 de Enero de 2007 de la Superintendencia Financiera correspondiente al “riesgo general precio de acciones” de la tabla superior.

$$VaR_{Precio} = Posición \times Factor \ de \ Sensibilidad \ de \ Acciones$$

3.4. Agregación del VaR Tasa de Interés

Una vez se ha calculado el VaR tasa de interés para cada instrumento financiero individualmente, se debe agregar para las posiciones largas (activas) y cortas (pasivas). Para hacerlo se deben clasificar todos los instrumentos según su duración modificada en las bandas y zonas respectivamente. Una vez clasificados los instrumentos se debe hacer una sumatoria de sus VaR por banda (recordar que se debe hacer tanto para las posiciones largas como cortas) y consecuentemente por zona (15 bandas, 3 zonas).

3.5. Ajuste Vertical

Estos ajustes (vertical y horizontal) no son para todas las entidades ya que se deben hacer en el caso que la entidad posea posiciones largas y cortas. Con cortas se incluyen los instrumentos derivados y otros en que la institución genere ganancia en el momento en que el precio del activo subyacente disminuya.

Ahora, asumiendo que la entidad tiene ambas posiciones en distintos activos financieros, se debe realizar un ajuste vertical para cada banda. El monto compensado por banda va a ser igual al menor valor entre el valor neto de las sensibilidades de las posiciones largas (VaR posiciones largas) y el valor neto de las sensibilidades de las posiciones cortas (VaR posiciones cortas), multiplicado cada uno por un factor de ajuste vertical denominado por la letra β (5% según la Superintendencia Financiera).

3.6. Ajuste Horizontal en la misma zona

Zona	Banda	Factor de Ajuste Horizontal		
		Dentro de la Zona	Entre Zonas Adyacentes	Entre Zonas 1 y 3
1	1	40%	40%	100%
	2			
	3			
	4			
2	5	30%	40%	
	6			
	7			
3	8	30%	40%	
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
15				

- **Zona 1** – menor valor entre: neto de las sensibilidades (VaR) de las posiciones largas y las sensibilidades de las posiciones cortas. Multiplicado por el factor de ajuste.
- **Zona 2** - menor valor entre: neto de las sensibilidades (VaR) de las posiciones largas y las sensibilidades de las posiciones cortas. Multiplicado por el factor de ajuste.
- **Zona 3** - menor valor entre: neto de las sensibilidades (VaR) de las posiciones largas y las sensibilidades de las posiciones cortas. Multiplicado por el factor de ajuste.

3.7. Ajuste Horizontal entre zonas

- **Zona 1 y 2** – menor valor (absoluto) entre: el ajuste horizontal por zona (sensibilidades compensadas de la zona 1 y 2). Multiplicado por el factor de ajuste.
- **Zona 2 y 3** - menor valor (absoluto) entre: el ajuste horizontal por zona (sensibilidades compensadas de la zona 2 y 3). Multiplicado por el factor de ajuste.
- **Zona 1 y 3** - menor valor (absoluto) entre: el ajuste horizontal por zona (sensibilidades compensadas de la zona 1 y 3). Multiplicado por el factor de ajuste.

3.8. Cálculo del VaR Tasa de Interés consolidado

Una vez se tienen todos los ajustes calculados se puede proceder a calcular el VaR de tasa de interés consolidado según lo especifica la norma (Capítulo XXI de la Circular 100 de 1995). El procedimiento es mediante la sumatoria de:

- Cargo por ajuste vertical de cada una de las bandas.
- Cargo por ajuste horizontal por la misma zona.
- Cargo por ajuste vertical entre zonas.
- Posiciones netas que no fueron compensadas, es decir, posiciones donde al interior de la banda solo se tiene posiciones largas o cortas, pero no ambas.

$$VaR_{ti} \text{ consolidado} = VaR_{ti} + \text{ajustes por bandas} + \text{ajuste por zonas}$$

3.9. VaR total de la entidad

$$VaR_{Total} = VaR_{ti} + VaR_{tc} + VaR_{precio}$$

Donde:

VaR_{ti} = VaR tasa de interés consolidado

VaR_{tc} = VaR tasa de cambio

VaR_{precio} = VaR precio

4. Back Testing

La enmienda del Comité de Basilea para incorporar riesgo de mercado del primer acuerdo de capital establece una metodología estándar para medir esos riesgos, pero además, permite que los bancos utilicen modelos internos de Valor en Riesgo (VaR), si éstos son aprobados por las autoridades de supervisión.

El Comité de Basilea prevé que el requisito mínimo de capital (RMC) sea calculado de la siguiente manera:

$$RMC_{t+1} = \text{Max} \left[VaR_t ; (3 + s_t) * \frac{1}{60} \sum_{t=1}^{60} VaR_{t-1} \right]$$

Esto quiere decir que el RMC es el máximo valor entre el VaR del día anterior y el promedio de los últimos 60 VaR diarios multiplicado por un factor que es igual a 3 más un coeficiente s_t (factor aditivo), el cual está relacionado con la calidad del modelo, este factor está entre 0 y 1. El Comité de Basilea argumenta la introducción del factor multiplicativo $(3 + s_t)$ de tales características como una herramienta para que la entidad supervisora premie las entidades bancarias en función de la evaluación del modelo interno de riesgo de mercado y así, los bancos buscarán perfeccionar constantemente sus metodologías de medición de riesgo. Para ello se utiliza el Back Testing como un procedimiento estadístico que mide la calidad de la prueba.

El Back Testing es un procedimiento estadístico utilizado para validar la calidad y la precisión de un modelo VaR. El resultado de los Back Testing es uno de los factores críticos que la Superintendencia considera para autorizar el uso de modelos VaR para fines de medir riesgo afecto a límite normativo para las exposiciones en riesgo de mercado. Donde una **excepción** es cuando el valor del VaR sea menor que la pérdida real en el lapso de un día y la **Tabla de Permanencia** define los factores multiplicativos que deben ser aplicados al VaR, para el requerimiento de capital (para cualquier tamaño de muestra en días).

El Comité de Basilea, al igual que los reguladores, exige el uso del Back Testing en forma rutinaria a los bancos que usan metodologías VaR para determinar capitales mínimos regulatorios o para determinar el límite a las exposiciones de riesgos de mercado.

4.1. Estimación Factor Multiplicativo

Stahl (1997) propuso una justificación teórica al factor multiplicativo del VaR debido a; falta de especificación de las colas de distribución (“fat tails”) y otro relacionado con la variación potencial de la distribución según la ventana temporal de datos que se elija. Ambos problemas son abordados mediante la desigualdad de Chebychev, es decir, la

probabilidad de estar a más de k desviaciones estándares de la media es a lo más $1/k^2$, la que es válida para toda distribución de probabilidades que tenga varianza finita:

$$P[|X - \mu_x| > k\sigma_x] \leq \frac{1}{k^2}$$

Donde k es una constante positiva. A partir de esta desigualdad se construye el argumento básico de Stahl y asumiendo normalidad determina que el factor multiplicativo está dado por:

$$\frac{k}{z_{1-\alpha}}$$

Es así como el multiplicador definido por Basilea, para modelos VaR que son estadísticamente precisos, es de 3, lo que es válido para cualquier tamaño de muestra con un número de observaciones mayor o igual a 255 días.

4.2. Construcción de la Tabla de Permanencia

Teniendo en consideración las limitaciones estadísticas de los métodos de Back Testing, el Comité de Basilea introdujo una estructura simple para interpretar sus resultados, la que contempla un rango de posibles situaciones que dependen de la intensidad de la señal generada por el Back Testing. Se divide en tres zonas: **Verde** donde los resultados del Back Testing no hacen pensar en un problema con la calidad o exactitud del modelo de medición de riesgos, **Amarilla** donde los resultados plantean preguntas en ese sentido, para las cuales no existen respuestas concluyentes y **Roja** donde los resultados casi ciertamente indican un problema en el modelo de medición de riesgos.

a. Consideraciones estadísticas para definir las zonas

Al aplicar el Back Testing al VaR dentro de un periodo determinado, debe tenerse en cuenta que el periodo analizado puede estar influido por eventos aleatorios que hacen que las excepciones sumen un número superior al que se esperaría aun cuando el modelo sea preciso, o bien, que sumen un número dentro de lo esperado aun cuando el modelo sea

impreciso. Considerando esto, el desempeño de un modelo VaR debe analizarse como una variable aleatoria, que correspondería al número de excepciones en n días. La metodología propuesta por Basilea se basa en la consideración de que la ocurrencia de una excepción en determinado día es independiente del resultado de cualquier otro día. Donde H_0 es que el VaR es mayor o igual a la pérdida real y H_a es que el VaR es menor que la pérdida real.

Por ejemplo, si se trabaja con una muestra de un año (255 días), y con un nivel de significancia de 99%. La probabilidad de tener “x” excepciones en 255 días, con una probabilidad de éxito de $p=1\%$ sigue una distribución Binomial (255, 0.01).

$$P(X = x) = \binom{255}{x} * 0.01 * (1 - 0.01)^{255-x}$$

Los límites de las tres zonas son definidos de manera que se balanceen dos tipos de errores estadísticos: error **Tipo I (α)**, dado por la probabilidad de rechazar, con base en el resultado de Back Testing, la hipótesis de que un modelo es preciso cuando en realidad lo es, error **Tipo II (β)**, dado por la probabilidad de no rechazar, con base al resultado del Back Testing, la hipótesis de que un modelo es preciso cuando en realidad no lo es. Todo esto bajo la hipótesis nula de que el modelo es preciso.

Tabla de Permanencia para una muestra de 250 días

Zona	Numero de Excepciones Registradas (x)	Factor Aditivo (st)	Factor Multiplicativo	P(X≤x)
Verde	0	0	3	0.07709
	1			0.27564
	2			0.53035
	3			0.74733
	4			0.88540
Amarillo	5	0.40	3.40	0.95542
	6	0.50	3.50	0.98489
	7	0.65	3.65	0.99547
	8	0.75	3.75	0.99879
	9	0.85	3.85	0.99971
Rojo	10 o más	1.00	4.00	0.99994

La siguiente Tabla muestra las probabilidades exactas de obtener un número particular de excepciones en una muestra de 255 observaciones independientes bajo varios supuestos sobre el porcentaje real de resultados que captura el modelo (entre otros, que

las excepciones siguen una distribución Binomial). El lado izquierdo de la tabla muestra un modelo preciso (cobertura del 99%) donde la columna “exacta” revela que con una cobertura de 99% pueden esperarse exactamente cinco excepciones en 7% de las muestras. La columna a la derecha entrega la probabilidad de que, seleccionando un número dado de excepciones como un umbral para rechazar la precisión del modelo VaR, haya un rechazo erróneo de un modelo preciso (Error Tipo I). A medida que el umbral de excepciones va aumentando, la probabilidad de este error específico va cayendo.

Ahora, si se escogiera un nivel de cobertura inferior al 99%, el lado derecho de la tabla no va a mostrar como antes el error Tipo I sino el error Tipo II, es decir, la aceptación errónea de un modelo impreciso.

Modelo Preciso			Modelo impreciso: Alternativas posibles de niveles de cobertura					
Excepciones	Cobertura = 99%		Cobertura = 98%		Cobertura = 97%		Cobertura = 96%	
	Exacta	Tipo I	Exacta	Tipo II	Exacta	Tipo II	Exacta	Tipo II
0	7.71%	100%	0.58%	0.00%	0.04%	0%	0.00%	0%
1	19.86%	92.29%	3.01%	0.58%	0.33%	0.04%	0.03%	0.00%
2	25.47%	72.44%	7.81%	3.59%	1.31%	0.38%	0.17%	0.04%
3	21.70%	46.96%	13.44%	11.40%	3.42%	1.69%	0.60%	0.20%
4	13.81%	25.27%	17.28%	24.84%	6.67%	5.11%	1.56%	0.80%
5	7.00%	11.46%	17.70%	42.12%	10.35%	11.78%	3.27%	2.36%
6	2.95%	4.46%	15.05%	59.82%	13.34%	22.13%	5.68%	5.63%
7	1.06%	1.51%	10.93%	74.88%	14.67%	35.46%	8.41%	11.31%
8	0.33%	0.45%	6.91%	85.81%	14.07%	50.14%	10.87%	19.72%
9	0.09%	0.12%	3.87%	92.72%	11.94%	64.20%	12.43%	30.59%
10	0.02%	0.03%	1.94%	96.59%	9.08%	76.14%	12.74%	43.02%
11	0.01%	0.01%	0.88%	98.54%	6.26%	85.23%	11.82%	55.75%
12	0.00%	0.00%	0.37%	99.42%	3.94%	91.49%	10.01%	67.57%
13	0.00%	0.00%	0.14%	99.79%	2.28%	95.42%	7.80%	77.59%
14	0.00%	0.00%	0.05%	99.93%	1.22%	97.70%	5.62%	85.39%
15	0.00%	0.00%	0.02%	99.98%	0.60%	98.91%	3.76%	91.01%

Es importante tener en cuenta que esta metodología solo se centra alrededor del número de excepciones, pero además de esto, es importante considerar dos aspectos como la ocurrencia sistemática de excepciones consecutivas (lo que cuestionaría el Back Testing ya que cuestionaría el supuesto de independencia de las excepciones) y la magnitud de las mismas (por ejemplo, puede ser de mayor importancia que ocurran pocas excepciones pero grandes en magnitud a que ocurran muchas excepciones pero pequeñas en magnitud).

b. Delimitación de las zonas

Los resultados obtenidos en la tabla anterior muestra que no existe ningún umbral de excepciones que entregue tanto una probabilidad baja de rechazar erróneamente un modelo preciso como una probabilidad baja de aceptar erróneamente todos los modelos imprecisos. Es por ello que el método propuesto por el Comité de Basilea no se apoya en un único umbral y clasifica los resultados en tres categorías.

La zona verde se escoge con base en la Tabla donde se ve una probabilidad baja de aceptar erróneamente un modelo impreciso además con un 99% de cobertura sería bastante probable que se produzcan a lo más 4 excepciones, por lo que hay poca razón para preocuparse por los resultados del Back Testing que caigan en ese rango. El Comité propone que, dentro de la zona amarilla, el número de excepciones debe ser usado como criterio para aumentar los requisitos de capital. La Tabla de Permanencia para una muestra de 255 días muestra la pauta propuesta por el Comité para los aumentos del factor multiplicativo aplicable a los modelos VaR para fines de requisitos de capital, los que son reflejo de los resultados del Back Testing en una muestra de 255 observaciones. Se visualiza una estructura de incentivos que propiciaría el desarrollo de modelos internos que tengan mayor precisión. Como se observa, los requisitos de capital aumentan con el número de excepciones, entre más excepciones se verifiquen hay más dudas acerca de la cobertura del modelo y que, en consecuencia, los cargos de capital deben ser coherentes con esa constatación.

4.3. Implementación del Back Testing

Como se pudo ver en los numerales anteriores, el Back Testing es una prueba de medición del nivel de desempeño del modelo donde se evalúa la consistencia de los datos arrojados o estimados por el modelo, frente a los datos observados en el mercado. La Superintendencia Financiera no obliga a las entidades que adopten el modelo estándar a realizar dichas pruebas, sin embargo se considera que deben ser igualmente aplicadas, debido a que dentro de las exigencias del ente regulador, existe la obligación de definir una clara política de capital económico, la cual debe ser consistente con los resultados de las pruebas de Back Testing, como lo define el Comité de Basilea. El Capital Económico

se define como el patrimonio mínimo requerido dada la exposición a los diferentes riesgos, por ende se construye con base en el VaR, ya que este permite estimar las pérdidas máximas posible por tipo de riesgo.

a. Procedimiento

El horizonte de tiempo es 1 año, es decir, la prueba se debe aplicar sobre 255 observaciones, lo que equivale al número de negociaciones en un año.

- Inicialmente se debe tener el histórico del VaR diario del portafolio de inversiones.
- Estimar la variación (utilidad o pérdida) diaria obtenida de la valoración diaria del portafolio de inversiones.
- Comparar diariamente el VaR, calculado cada día, con la variación real de su respectivo día del portafolio.
- Se registra en la base de datos el número de excepciones (N), es decir, se debe contar el número de veces que las pérdidas y/o ganancias reales superen el valor del VaR estimado.
- Calcular el nivel de confianza del modelo.

$$\text{Nivel de Confianza} = 1 - \frac{\text{Número de excepciones}}{\text{Número de Observaciones}}$$

5. Stress Testing

La Superintendencia Financiera define como obligatorio la aplicación de pruebas de Stress Testing para los portafolios con periodicidad mensual. Estas pruebas consisten en crear escenarios extremos que permitan definir las pérdidas que se podrían obtener en situaciones de crisis financieras provocadas por desequilibrios o variaciones significativas en los factores de riesgo de mercado. En el presente trabajo se exponen dos métodos de valoración.

5.1. Stress Testing por Simulación no paramétrica

Este método consiste en tomar el mínimo valor histórico del portafolio para una muestra de mínimo tres años. Los pasos para su estimación son los siguientes:

- Se toman los valores históricos de los factores de riesgo de los últimos 5 años y se determina cual ha sido la máxima variación que se ha obtenido para ese factor.
- Se calcula el valor del portafolio con base en esas variaciones, determinando así el precio mínimo al que puede llegar dicho portafolio.
- Los factores de riesgo a tomar corresponden a las variables o indicadores macro, cuyas variaciones afectan el valor del portafolio de inversiones (establecido directamente por la Superintendencia Financiera): tasas de interés, tasa de cambio y precio.

5.2. Stress Testing por Simulación de Montecarlo

Este método consiste en la generación de posibles valores que puede tomar el portafolio, dadas las variaciones aleatorias de los factores de riesgo de mercado, registrando el peor escenario que se obtenga. Los pasos para su estimación son los siguientes:

- Estimar la distribución de probabilidad de cada uno de los factores de mercado con base en los datos históricos, que tengan como mínimo 1 año a través del modelo Anderson Darling (AD). (Software utilizado: Crystal Ball)
- Estimar como mínimo 10,000 escenarios.
- Estimar el valor del portafolio para los 10,000 escenarios.
- Basándose en los resultados obtenidos de la simulación, se debe tomar el **menor valor registrado**.

a. Test Anderson Darling

Este test es utilizado para encontrar la distribución de probabilidad que mejor describa una muestra finita. Es derivado del Kolmogorov-Smirnov Test y se diferencia de él dándole una mayor importancia a las colas. El AD test utiliza la distribución específica

para calcular los valores críticos, a diferencia del KS, lo cual permite un test más sensible pero la desventaja es que los valores críticos deben ser calculados para cada distribución.

El test se define de la siguiente manera:

H₀: Los datos siguen una distribución específica

H_a: Los datos no siguen la distribución específica

El estadístico del test se define

$$A^2 = -N - S$$

Donde,

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{(2i-1)}{N} [\ln F(Y_i) + \ln(1 - F(Y_{N+1-i}))]$$

F: es la función de la distribución acumulada de la distribución específica.

Y_i: observaciones.

Los valores críticos del AD test dependen de la distribución específica que se está evaluando. Para efectos de la tesis se utilizará la herramienta de simulación estadística Crystal Ball la cual permite estimar los valores críticos y seleccionar la mejor distribución.

6. Estimación del Modelo de Back Testing para el calculo del Capital Económico

Con base en la información suministrada por la Bolsa de Valores de Colombia referente a los precios de los activos financieros; específicamente renta fija (YANKEE, TES TASA FIJA; TES UVR), divisas (DÓLAR AMERICANO; EURO) y renta variable (IGBC – Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia para el mercado de acciones), se estimó un posible portafolio de inversiones, para el cual se calculó su valor de mercado y el riesgo de mercado al que está expuesto (VaR). Posteriormente se aplicó la metodología de Back Testing propuesta en la tesis para evaluar el nivel de confianza del modelo de referencia propuesto por la Superintendencia Financiera y se estimó el factor multiplicativo requerido para la estimación de Capital Económico.

6.1. Portafolio

Activo	Fecha de Vencimiento	Tasa Facial	Valor Nominal	Moneda
YANKEE 2020	28-Feb-20	11.75%	550.000	USD
TES TASA FIJA 2007	9-Nov-07	12.00%	1.000.000.000	COP
TES TASA FIJA 2020	24-Jul-20	11.00%	1.000.000.000	COP
TES UVR 2010	22-Sep-10	7.00%	1.000.000.000	COP
DÓLAR AMERICANO			500.000	USD
EURO			100.000	EUR
IGBC			10.000	ACCIONES

A continuación se presenta la composición del portafolio propuesto para la aplicación de los modelos propuestos por la presente tesis.

6.2. VaR

A continuación se calculó el VaR Tasa de Interés, VaR Tasa de Cambio y VaR Precio para cada activo que compone el portafolio seguido del VaR Total del portafolio de inversiones. (El VaR fue calculado para un año pero se mostrarán únicamente los primeros días de Abril)

TES TASAFIJA 2007

FECHA	TIR	PRECIO LIMPIO (BASE 100)	FECHA DE ULTIMO PAGO DE INTERESES	FECHA PROX. PAGO CUPÓN	INTERES ACUMULADO	PRECIO SUCIO	POSICION EN TES (COP)	DURACION MODIFICADA	VOLATILIDAD	VaR ti
2-Apr-07	8.47%	102.0	11/9/2006	5/9/2007	4.734	106.755	1,067,550,721	0.53	2.2100%	12,504,871.70
3-Apr-07	8.50%	102.0	11/9/2006	5/9/2007	4.767	106.762	1,067,616,730	0.53	2.2100%	12,441,699.45
4-Apr-07	8.55%	102.0	11/9/2006	5/9/2007	4.800	106.757	1,067,567,291	0.52	2.2100%	12,374,880.86
9-Apr-07	8.65%	101.9	11/9/2006	5/9/2007	4.964	106.822	1,068,220,291	0.51	2.2100%	12,068,999.13
10-Apr-07	8.67%	101.8	11/9/2006	5/9/2007	4.997	106.835	1,068,354,340	0.51	2.2100%	12,007,884.81
11-Apr-07	8.61%	101.9	11/9/2006	5/9/2007	5.030	106.894	1,068,942,693	0.51	2.2100%	11,960,880.43
12-Apr-07	6.28%	103.2	11/9/2006	5/9/2007	5.063	108.249	1,082,490,237	0.52	2.2100%	12,322,109.56
13-Apr-07	6.29%	103.2	11/9/2006	5/9/2007	5.096	108.262	1,082,616,140	0.51	2.2100%	12,259,827.24
16-Apr-07	6.22%	103.2	11/9/2006	5/9/2007	5.195	108.356	1,083,564,116	0.50	2.2100%	12,090,977.33
17-Apr-07	6.16%	103.2	11/9/2006	5/9/2007	5.227	108.408	1,084,084,606	0.50	2.2100%	12,041,104.11
18-Apr-07	6.20%	103.1	11/9/2006	5/9/2007	5.260	108.404	1,084,040,152	0.50	2.2100%	11,973,298.36
19-Apr-07	6.03%	103.2	11/9/2006	5/9/2007	5.293	108.517	1,085,172,231	0.50	2.2100%	11,942,676.20
20-Apr-07	5.98%	103.2	11/9/2006	5/9/2007	5.326	108.563	1,085,627,414	0.50	2.2100%	11,890,580.47

DÓLAR AMERICANO

FECHA	TRM	VALOR POSICION	VOLATILIDAD	VaR ti
2-Apr-07	2190.30	1,095,150,000.00	4.4%	48,186,600.00
3-Apr-07	2189.18	1,094,590,000.00	4.4%	48,161,960.00
4-Apr-07	2171.47	1,085,735,000.00	4.4%	47,772,340.00
9-Apr-07	2166.93	1,083,465,000.00	4.4%	47,672,460.00
10-Apr-07	2164.55	1,082,275,000.00	4.4%	47,620,100.00
11-Apr-07	2157.82	1,078,910,000.00	4.4%	47,472,040.00
12-Apr-07	2154.61	1,077,305,000.00	4.4%	47,401,420.00
13-Apr-07	2152.65	1,076,325,000.00	4.4%	47,358,300.00
16-Apr-07	2138.74	1,069,370,000.00	4.4%	47,052,280.00
17-Apr-07	2136.82	1,068,410,000.00	4.4%	47,010,040.00
18-Apr-07	2141.35	1,070,675,000.00	4.4%	47,109,700.00
19-Apr-07	2148.46	1,074,230,000.00	4.4%	47,266,120.00
20-Apr-07	2143.31	1,071,655,000.00	4.4%	47,152,820.00

IGBC

FECHA	IGBC	VALOR POSICION	VOLATILIDAD	VaR ti
2-Apr-07	10,548.17	105,481,700.00	14.7%	15,505,809.90
3-Apr-07	10,728.04	107,280,400.00	14.7%	15,770,218.80
4-Apr-07	10,900.20	109,002,000.00	14.7%	16,023,294.00
9-Apr-07	10,917.26	109,172,600.00	14.7%	16,048,372.20
10-Apr-07	10,829.25	108,292,500.00	14.7%	15,918,997.50
11-Apr-07	10,774.11	107,741,100.00	14.7%	15,837,941.70
12-Apr-07	10,827.72	108,277,200.00	14.7%	15,916,748.40
13-Apr-07	10,890.48	108,904,800.00	14.7%	16,009,005.60
16-Apr-07	10,839.22	108,392,200.00	14.7%	15,933,653.40
17-Apr-07	10,729.76	107,297,600.00	14.7%	15,772,747.20
18-Apr-07	10,747.51	107,475,100.00	14.7%	15,798,839.70
19-Apr-07	10,746.36	107,463,600.00	14.7%	15,797,149.20
20-Apr-07	10,832.85	108,328,500.00	14.7%	15,924,289.50

PORTAFOLIO

FECHA	VaRYANKEE 2020	VaRTES TF 2007	VaR TES TF 2020	VaR TES UVR 2010	VaR TRM	VaR EUR	VaR IGBC	VaR PORTAFOLIO
2-Apr-07	80,428,744.26	12,504,871.70	94,637,830.92	58,864,319.83	47,785,980.00	17,351,523.76	15,505,809.90	327,079,080.37
3-Apr-07	80,462,651.65	12,441,699.45	94,320,745.70	58,597,256.62	47,732,740.00	17,355,624.26	15,770,218.80	326,680,936.49
4-Apr-07	79,620,539.34	12,374,880.86	93,700,829.46	58,184,703.55	47,411,320.00	17,267,202.74	16,023,294.00	324,582,769.95
9-Apr-07	79,207,571.25	12,068,999.13	93,346,076.12	57,675,495.56	48,186,600.00	17,565,329.88	16,048,372.20	324,098,444.14
10-Apr-07	79,723,127.26	12,007,884.81	93,840,522.69	57,656,318.62	48,161,960.00	17,514,315.67	15,918,997.50	324,823,126.55
11-Apr-07	78,933,968.66	11,960,880.43	108,719,374.72	49,720,769.23	47,772,340.00	17,418,229.46	15,837,941.70	330,363,504.20
12-Apr-07	79,065,037.64	12,322,109.56	130,176,342.92	54,693,555.72	47,672,460.00	17,370,110.88	15,916,748.40	357,216,365.12
13-Apr-07	78,891,465.26	12,259,827.24	130,005,242.10	54,631,347.44	47,620,100.00	17,448,437.55	16,009,005.60	356,865,425.20
16-Apr-07	78,949,906.53	12,090,977.33	130,981,051.88	54,670,955.26	47,472,040.00	17,391,597.64	15,933,653.40	357,490,182.03
17-Apr-07	79,391,536.25	12,041,104.11	131,859,645.82	54,767,048.15	47,401,420.00	17,434,242.28	15,772,747.20	358,667,743.81
18-Apr-07	79,193,157.94	11,973,298.36	131,234,968.45	54,636,560.25	47,358,300.00	17,475,212.70	15,798,839.70	357,670,337.40
19-Apr-07	80,955,448.38	11,942,676.20	133,789,265.88	54,982,027.43	47,052,280.00	17,368,707.54	15,797,149.20	361,887,554.63
20-Apr-07	81,196,661.83	11,890,580.47	134,534,038.89	55,055,404.84	47,010,040.00	17,395,424.26	15,924,289.50	363,006,439.79

6.3. Pruebas de Back Testing

Una vez se calculó el VaR por instrumento y para el portafolio consolidado se aplicó la metodología expuesta en la presente tesis de Back Testing. A continuación se presentan los resultados incluyendo el número de excepciones (caso en el que la pérdida real es mayor al VaR calculado) por instrumento y número de excepciones para el portafolio consolidado.

YANKEE 2020

Excepciones	7
Nivel de Confianza	97.23%

TES TASA FIJA 2007

Excepciones	25
Nivel de Confianza	90.12%

TES TASA FIJA 2020

Excepciones	11
Nivel de Confianza	95.65%

TES UVR 2010

Excepciones	1
Nivel de Confianza	99.60%

DÓLAR AMERICANO

Excepciones	10
Nivel de Confianza	96.09%

EURO

Excepciones	1
Nivel de Confianza	99.61%

IGBC

Excepciones	17
Nivel de Confianza	93.36%

PORTAFOLIO

Excepciones	7
Nivel de Confianza	97.13%

6.4. Factor Multiplicativo

Aplicando la metodología del Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras de Chile y con base en la información del mercado se estimó el factor multiplicativo que se debe adoptar para la estimación del Requerimiento Mínimo de Capital (RMC). El resultado fue de 3.65 y este se debe incorporar a la fórmula propuesta para el cálculo del RMC.

Tabla de Permanencia para una muestra de 250 días

Zona	Numero de Excepciones Registradas (x)	Factor Aditivo (st)	Factor Multiplicativo	P(X≤x)
Verde	0	0	3	0.07709
	1			0.27564
	2			0.53035
	3			0.74733
	4			0.88540
Amarillo	5	0.40	3.40	0.95542
	6	0.50	3.50	0.98489
	7	0.65	3.65	0.99547
	8	0.75	3.75	0.99879
	9	0.85	3.85	0.99971
Rojo	10 o más	1.00	4.00	0.99994

PORTAFOLIO

Excepciones	7
Nivel de Confianza	97.13%
Factor Multiplicativo	3.65

$$RMC_{t+1} = \text{Max} \left[VaR_t; (3.65) * \frac{1}{60} \sum_{t=1}^{60} VaR_{t-1} \right]$$

7. Pruebas de Stress Testing

El Stress Testing fue calculado para el mismo portafolio y se calculó por los dos métodos explicados.

7.1. Simulación Histórica no Paramétrica

A continuación se mostrará el valor mínimo por activo incluyendo su fecha y variable de valoración, seguido del portafolio consolidado. Una vez se obtuvo el valor mínimo del portafolio, se estimó la media del valor del portafolio histórico para calcular mediante su diferencia con el valor mínimo del portafolio el VaR para el escenario extremo.

Finalmente, ya con el VaR para el escenario extremo calculado se estima el RMC necesario para es escenario.

YANKEE 2020

VALOR MÍNIMO DEL ACTIVO	TIR	FECHA
1,180,352,399	15.79%	20-Sep-02

TES TASA FIJA 2007

VALOR MÍNIMO DEL ACTIVO	TIR	FECHA
963,015,872	13.37%	10-May-04

TES TASA FIJA 2020

VALOR MÍNIMO DEL ACTIVO	TIR	FECHA
998,755,760	11.70%	28-Jun-06

TES UVR 2010

VALOR MÍNIMO DEL ACTIVO	TIR	FECHA
942,443,129	8.38%	11-May-04

DÓLAR AMERICANO

VALOR MÍNIMO DEL ACTIVO	TRM	FECHA
1,060,710,000.00	2,121.42	21-Apr-07

EURO

VALOR MÍNIMO DEL ACTIVO	EUR	FECHA
201,016,326.00	2010.163	23-Apr-02

IGBC

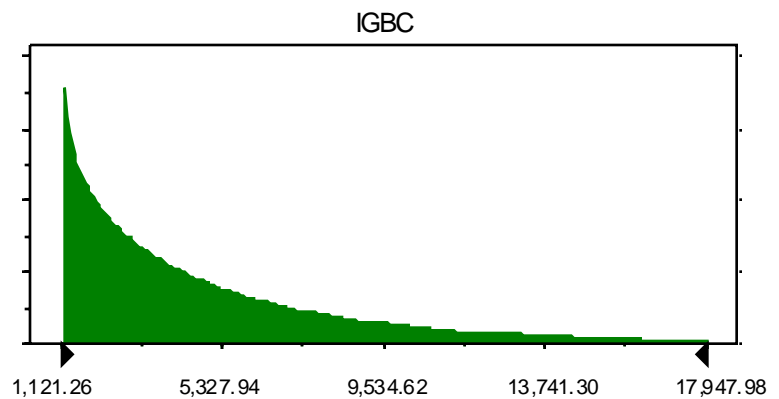
VALOR MÍNIMO DEL ACTIVO	TRM	FECHA
11,244,800.00	1,124.48	26-Apr-02

Media	6,706,700,793.19
Valor Mínimo Portafolio	6,400,553,987.05
VaR Portafolio Escenario extremo	306,146,806.15
Factor Multiplicativo	3.65
Requerimiento Mínimo de Capital (RMC)	1,117,435,842.43

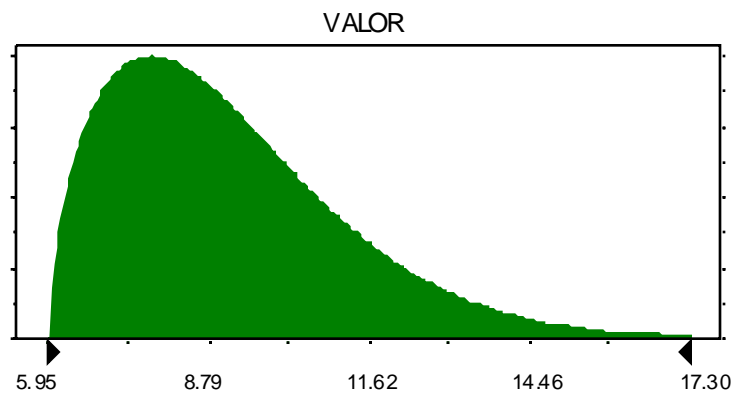
7.2. Simulación Montecarlo

Para la estimación de los posibles valores que puede tomar el portafolio, se estimó por medio del test de Anderson Darling la distribución que más replique las variables de mercado que influyen en la determinación del precio de mercado de los activos.

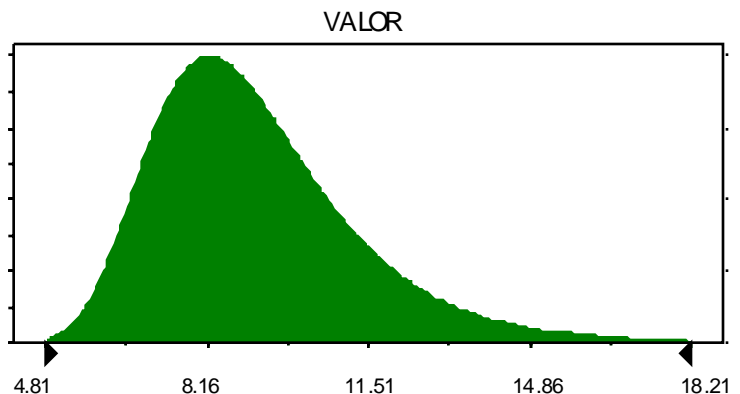
IGBC	
Distribución	Gamma
Location	1,121.26
Scale	4,634.86
Shape	0.84734
Rango	1,121.26 to +Infinity



TIR YANKEE 2020	
Distribución	Weibull
Location	5.95
Scale	3.52
Shape	1.53
Rango	5.95 to +Infinity

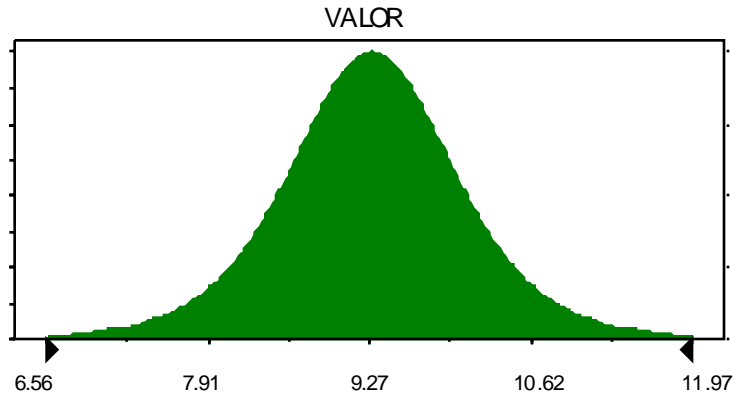


TIR TES TF 2007	
Distribución	Extreme Value
Mode	8.16
Scale	1.68
Rango	(-) Infinity to +Infinity



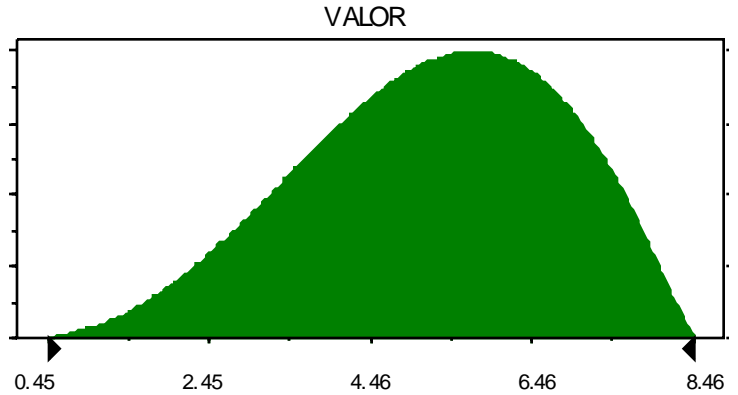
TIR TES TF 2020

Distribución	Logistic
Mode	9.27
Scale	0.45
Rango	(-) Infinity to +Infinity



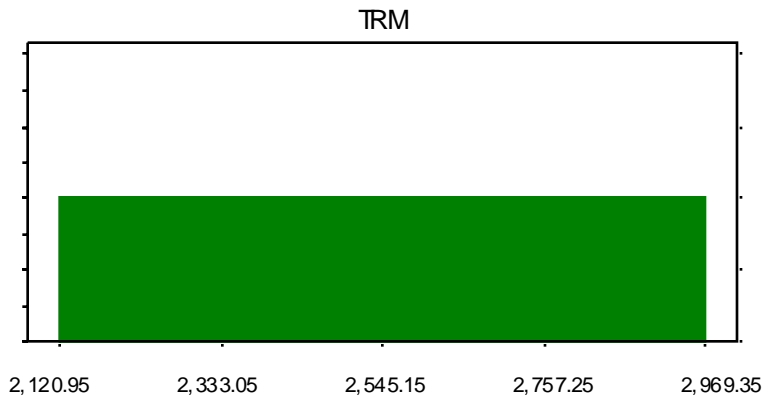
TIR TES UVR 2010

Distribución	Beta
Alpha	3.57
Beta	2.25
Scale	8.46
Rango	0.00 to +Infinity



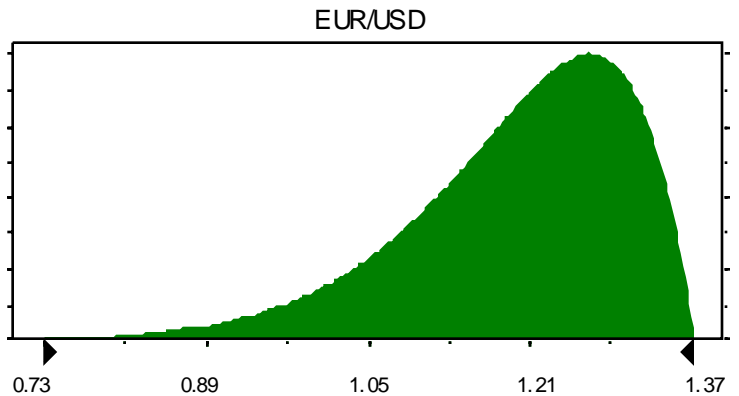
TRM

Distribución	Uniform
Mínimo	2,120.95
Máximo	2,969.35



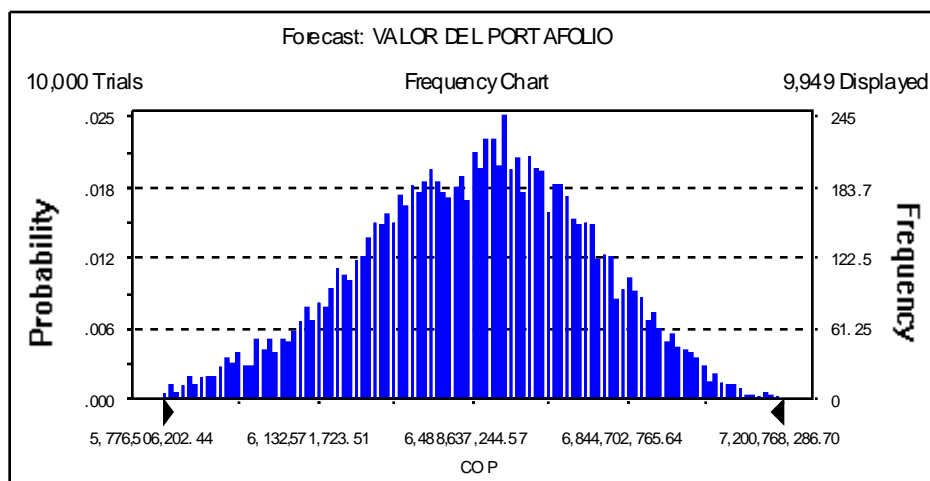
EURO

Distribución	Beta
Alpha	14.22
Beta	2.08
Scale	1.37
Rango	0.00 to +Infinity



Una vez cada variable del mercado tenía una distribución asignada, se simularon 10,000 valores de portafolio posibles y se obtuvieron los siguientes resultados.

Statistics:	Value
Trials	10000
Mean	6,494,028,651.13
Median	6,508,271,657.26
Mode	---
Standard Deviation	265,436,076.59
Variance	7.05E+16
Skewness	-0.22
Kurtosis	2.84
Coeff. of Variability	0.04
Range Minimum	5,538,050,954.34
Range Maximum	7,305,253,799.41
Range Width	1,767,202,845.07
Mean Std. Error	2,654,360.77



Percentile	COP
0%	5,538,050,954.34
10%	6,143,329,822.21
20%	6,270,575,943.41
30%	6,356,898,031.77
40%	6,432,992,761.57
50%	6,508,271,657.26
60%	6,573,086,769.91
70%	6,643,693,111.53
80%	6,722,109,207.55
90%	6,832,484,442.17
100%	7,305,253,799.41

De los resultados obtenidos de la simulación se puede obtener el Requerimiento Mínimo de Capital en situaciones extremas. Primero se debe obtener el VaR de esta situación

extrema que resulta de la diferencia entre la media del valor del portafolio y el valor mínimo obtenido en la generación de los escenarios. Este VaR como se explicó anteriormente es de vital importancia para estimar el Requerimiento de Capital (RMC) en el escenario extremo. En este caso se obtiene de la multiplicación del factor multiplicativo estimado (3.65) y el VaR.

Media	6,494,028,651.13
Valor Mínimo	5,538,050,954.34
VaR Portafolio Escenario Extremo	955,977,696.78
Factor Multiplicativo	3.65
Requerimiento Mínimo de Capital	3,489,318,593.26

8. Conclusiones

Dada la rápida evolución del mercado bursátil y la constante necesidad de las entidades financieras de no perder el costo de oportunidad de los recursos captados y no colocados en créditos sino en portafolios de inversión, el riesgo de mercado y la estimación de Capital Económico asociado a este han tomado una gran importancia para los sectores financieros de todos los países en especial los que se rigen bajo por el acuerdo de Basilea.

En la presente tesis se aplicó la metodología de estimación de Capital Económico propuesta por el Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras de Chile al mercado financiero colombiano, la cual consistía en estimar un factor multiplicativo al Requerimiento Mínimo de Capital (RMC) con base en las estimaciones del modelo VaR para riesgo de mercado sugerido por la Superintendencia Financiera y en las pruebas de Back Testing que permiten calcular el nivel de confianza del modelo de VaR para estimación de pérdidas inesperadas del riesgo de mercado.

Se concluyó que el factor multiplicativo para estimar el Capital Económico para el mercado colombiano es de 3.65, tomando como base la metodología de la Superintendencia Financiera para calcular el VaR de riesgo de mercado. Como se puede ver esta metodología es bastante estricta y conservadora, generando un incentivo a las entidades financieras a que estimen sus propios modelos internos y sean sometidos a la prueba de Back Testing, para que con base en los resultados obtenidos de este test, se

puedan comparar **con** sus modelos propios de VaR y de estimación de Capital Económico con los modelos de referencia de la Superintendencia Financiera.

Además de los beneficios para las entidades financieras, este método de estimación de Capital Económico **les significa, también,** le permite a la Superintendencia Financiera hacerle un seguimiento continuo al Capital **Económico regulatorio** de las entidades financieras frente al patrimonio real, pudiendo detectar que entidades no cuentan con respaldo patrimonial suficiente para respaldar los riesgos **a que están expuestas.**

Bibliografía

- [1] Basle Committee on Banking Supervisión (1996). “*Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks*”, Basilea.
- [2] Basle Committee on Banking Supervision (1996). “*Supervisory Framework for the use of Backtesting in Conjunction with the Internal Models Approach to Market Risk Capital Requirements*”, Basilea.
- [3] Stahl G., 1997, Three Cheers, Risk Magazine, Vol. 10, 67-69.
- [4] Banco Central de Chile, Compendio de Normas Financieras, Capítulo III. B.2.
- [5] Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras, Recopilación Actualizada de Normas, Capítulo 12-9.
- [6] Balzattori Verónica, Del Canto Angel, Delfines Miguel. “*Backtesting: Funcionamiento de los requisitos de capital por riesgo de mercado del BCRA*”. Nota Técnica Nro. 10. Septiembre de 2000.
- [7] Christoffersen Meter. “*Elements of Financial Risk Management*”. Academica Press/Elsevier Science, 2003.
- [8] Jorion Philippe, “*Value at Risk*”. 2nd Edition, McGraw-Hill, 2001.
- [9] Circular 100 de 1995. “*Capítulos I, XX, XXI*”. Superintendencia Financiera de Colombia. Enero de 2007.
- [10] Arroyo Santiago. “*Modeling Travel Time Distributions on a Road Network*”. A Thesis Presented to the Faculty of Princeton University. Goodness of Fit, pg. 39. June 2004.