



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**CÁLCULO DE LA RESERVA DE RIESGOS EN CURSO PARA
UNA CARTERA DEL RAMO DE AUTOMÓVILES CON 8
AÑOS DE EXPERIENCIA, UTILIZANDO EL VaR y TVaR
COMO MEDIDAS DE RIESGO PARA ESTIMAR EL
REQUERIMIENTO DE CAPITAL DE SOLVENCIA.**

Tesis

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

A C T U A R I O

P R E S E N T A

Rodolfo Mauricio Primero Díaz

Tutor:

ACT. Ángel Cuevas Romero

Ciudad Universitaria, CD. MX. 2018





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Datos del alumno

Primero
Díaz
Rodolfo Mauricio
26 50 23 51
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Actuaría
302134676

Datos del tutor

Act
Cuevas
Romero
Ángel

Datos del sinodal 1

Act
Torres
Ramírez
Miguel Ángel

Datos del sinodal 2

Act
Parrao
Guzmán
Alfonso

Datos del sinodal 3

M en F
Cárdenas
Salmerón
José Gabriel

Datos del sinodal 4

Act
Rueda
García
Castor Mauricio

Datos del trabajo escrito

Cálculo de la Reserva de Riesgos en Curso para una cartera del ramo de automóviles con 8 años de experiencia, utilizando el VaR y TVaR como medidas de riesgo para estimar el Requerimiento de Capital de Solvencia

84 p
2018

Agradezco plenamente a las instituciones de educación públicas en México, las cuales me han instruido académicamente desde mi adolescencia, ya que al pasar por la preparatoria hasta la licenciatura pude formarme y llevarme un sin número de conocimientos que hasta el día de hoy son el sostén de mi naturaleza. El haberme formado en estas instituciones me abrió una perspectiva: científica, social y humanitaria que tengo que aplicar en mi vida diaria para ser una persona productiva con mi familia, mi entorno y mi nación.

Al final, agradezco a la UNAM porque dentro de sus instalaciones he conocido a grandes amigos, personas, profesores y compañeros estudiantes que me han ayudado a sobresalir y entender que la vida se vive a través de los desafíos que se presentan para plantear soluciones, que sean factibles y para beneficio de las mayorías.

Adicionalmente, quiero agradecer al sistema educativo nacional, pues pienso que uno, es el que debe de hacer grande a las dependencias escolares, ya que estas serían nada sin el insumo principal, el cual es el estudiante.

Los agradecimientos personales son para mis padres, los cuales: sin su apoyo, sin sus consejos, sin su ayuda, sin su paciencia y hasta sin sus regaños difícilmente yo estaría escribiendo esto; finalmente gracias a ustedes estoy aquí.

Agradecimientos totales a mis seres queridos, amigos y familiares que forman parte de mi y están a mi lado en este sendero que se llama "vida".

"Sean capaces siempre de sentir, en lo más hondo, cualquier injusticia realizada contra cualquiera, en cualquier parte del mundo. Es la cualidad más linda del revolucionario"

— *Ernesto Che Guevara*

Índice general

1. Introducción	9
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Alcance	10
1.3. Objetivo general	11
1.4. Objetivos específicos	11
1.5. Justificación	11
1.6. Importancia del tema	12
1.7. Marco Teórico	12
1.7.1. Administración de riesgos	12
1.7.2. Riesgo de suscripción	15
1.7.3. Acercamiento a gobierno corporativo	16
2. Desarrollo	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Solvencia II	20
2.2.1. Bases y principios de Solvencia II	22
2.2.2. Los tres pilares de Solvencia II	23
2.2.3. Requerimientos cuantitativos	24
2.2.4. Requerimientos cualitativos	25
2.2.5. Requerimientos de revelación	28
2.3. Valor en Riesgo (VaR)	30
2.3.1. El nivel de confianza “ α ”	31
2.3.2. Horizonte temporal “N”	31
2.4. Teoría de Valor Extremo (TVaR)	31
2.5. Requerimiento de Capital de Solvencia	32
2.6. Reservas técnicas	33
2.6.1. Mejor Estimador (BEL)	35
2.6.2. Margen de Riesgo (MR)	36
3. Metodología	38
3.1. Desarrollo del VaR	38
3.2. Desarrollo del TVaR	40
3.3. Desarrollo del RCS	40
3.4. Riesgo de Reserva	45
3.4.1. Metodología Bootstrap para estimar el BEL	45

3.4.2. Desarrollo del MR	53
3.5. Reserva de Riesgos en Curso	56
3.5.1. RRC a corto plazo	56
3.5.2. BEL para la RRC	57
3.5.3. MR para la RRC	58
4. Aplicación práctica	60
4.1. Estadística utilizada en el ejemplo	60
4.1.1. Para el cálculo de la reserva	60
4.2. Uso de la metodología	62
4.3. Ejemplo teórico	63
4.4. Convergencia del modelo utilizado	74
5. Conclusiones	77
5.1. Objetivo alcanzado	77
5.2. Objetivos específicos alcanzados	77
5.2.1. Determinar las medidas de riesgo para cuantificar las pérdidas totales, además de hacer una comparación entre los resultados al utilizar el VaR y el TVaR.	77
5.2.2. Estimar del Requerimiento de Capital de Solvencia.	78
5.2.3. Calcular el Margen de Riesgo de la Reserva de Riesgos en curso.	78
5.2.4. Calcular la Reserva de Riesgos en Curso para una cartera de se- guros con un horizonte temporal menor igual a un año.	79
6. Glosario	82
7. Bibliografía	83

Índice de figuras

1.1. Proceso de administración de riesgos	13
1.2. Tipos de riesgos	15
1.3. Gobierno corporativo	17
2.1. Los tres pilares de Solvencia II	23
2.2. Pilar 1: Requerimientos cuantitativos	24
2.3. Pilar 2: Requerimientos cualitativos	26
2.4. Pilar 3: Requerimientos de revelación	29
2.5. El RCS	33
2.6. Las reservas	35
2.7. BEL	36
3.1. Comportamiento del TVaR y el VaR	40

Índice de cuadros

3.1. Arreglo matricial	46
3.2. Matriz 1, siniestralidad ocurrida $S_{i,j}$	47
3.3. Matriz 2, siniestralidad acumulada $Sacum_{i,j}$	48
3.4. Vector 1, factores de crecimiento en siniestralidad acumulada f_j^{crec}	48
3.5. Matriz 3, siniestralidad acumulada ajustada $Sacum_{i,j}^{ajust}$	49
3.6. Matriz 4, siniestralidad ajustada $S_{i,j}^{ajust}$	49
3.7. Matriz 5, Bootstrap de siniestralidad ajustada $R_{i,j}$	50
3.8. Matriz 6, Bootstrap de siniestralidad ajustada acumulada $Racum_{i,j}$	50
3.9. Vector 2, factores de crecimiento en la matriz Bootstrap de siniestralidad ajustada acumulada fR_j^{crec}	51
3.10. Matriz 8, siniestralidad última acumulada $SUacum_{i,j}$	52
3.11. Matriz 9, siniestralidad Última $SU_{i,j}$	52
3.12. Cálculo de ST y el FS	53
4.1. Matriz de Quálitas, compañía de Seguros, S.A. de C.V.	60
4.2. Matriz de AXA Seguros, S.A. de C.V.	61
4.3. Matriz de ABA Seguros, S.A. de C.V.	61
4.4. Distribución porcentual de las compañías	62
4.5. Paso 1 de la metodología	63
4.6. Paso 2 y 3 de la metodología	63
4.7. Paso 4 de la metodología	64
4.8. Paso 5 de la metodología	64
4.9. Paso 6 de la metodología	64
4.10. Paso 7 y 8 de la metodología	65
4.11. Paso 9 de la metodología	65
4.12. Paso 10 de la metodología	65
4.13. Paso 11 de la metodología	66
4.14. Resultados de la simulación	66
4.15. Distribuciones del FS_i	68
4.16. Distribuciones del $MtoBEL$	69
4.17. Pruebas de bondad, ajuste y parámetros del FS_{BEL}	70
4.18. Pruebas de bondad, ajuste y parámetros del $MtoBEL$	71
4.19. Flujos de obligaciones futuras $f_{RRC}(t)$	72

4.20. Duración	73
4.21. Convergencia del FS_{BEL}	75
4.22. Convergencia del Mto_{BEL}	75
5.1. Factores de mercado	80
5.2. Tabla de la $E[X]$	80

Capítulo 1

Introducción

1.1. Planteamiento del problema

La preocupación principal de esta investigación es la solvencia de las compañías de seguros, por lo que se utilizará el cálculo del Riesgo de Suscripción, la Teoría del Valor Extremo y los nuevos modelos de cálculo de Reservas para lograr el objetivo. En vista de que, cada compañía de seguros cuenta con su propio modelo de reservas, para cumplir sus distintas necesidades de solvencia, se propone una alternativa, que sea de ayuda al estimar la solvencia en compañía de seguros.

El marco de esta investigación es el proyecto Solvencia II, por lo que se plantea un modelo basado en la distribución de grandes pérdidas, que se describe con modelos de colas gruesas o pesadas. En cuanto a eventos que implican el pago por asumir riesgo, se sabe que este negocio puede poner en peligro toda la estabilidad de la cartera de una compañía de seguros, pues el comportamiento inusual de eventos al azar puede generar pérdidas en cualquier instante y de cualquier magnitud monetaria. Aún más, en la teoría del riesgo clásica no se consideran los valores atípicos, no por elevar la varianza de las observaciones centrales sino, porque la ley de los grandes números y el teorema del límite central no son adecuadas para el modelado de una distribución de la pérdida total, por lo que en el futuro esto dará lugar a una serie de distribuciones que ayudaran a su descripción.

Dado que los valores extremos son escasos o poco comunes, la inferencia estadística, puede alcanzar niveles nunca observados o que probablemente nunca sucederán. A través de estos modelos se encuentra el requerimiento de capital de solvencia determinado por Solvencia II, el cálculo de medidas como Valor en Riesgo (VaR) o Valor en Riesgo de la cola pesada (TVaR).

Una de las medidas de riesgo más populares es el Valor en Riesgo (VaR). El VaR aparece como consecuencia de algunos resultados adversos a lo largo de la historia forzaron a las agencias reguladoras de la actividad financiera a buscar una forma cuantitativa de definir el riesgo asociado a una posición en el mercado, fue en este momento cuando se propuso usar la variabilidad de los rendimientos de los activos financieros, como medida

de riesgo. El VaR se define como la pérdida en que se puede incurrir en un cierto periodo de tiempo pero, al ser inciertas las pérdidas y ganancias, es necesario asociar probabilidades a las diferentes pérdidas potenciales. Formalmente, el VaR es un nivel de pérdidas (del o los activos de que se trate) tal, que la probabilidad “ α ” de que la pérdida exceda esta cantidad en un periodo de tiempo dado, corresponde a un cierto nivel de confianza escogido por el analista. Así, el analista fija de antemano el nivel de confianza con el que quiere trabajar y el periodo de tiempo en el que puede ocurrir la pérdida de los activos financieros a los que se les quiera medir su riesgo. A partir de estos dos parámetros, el VaR corresponde al cuantil asociado al nivel de confianza fijado, de la distribución de probabilidades de pérdidas y ganancias que puede tener el conjunto de activos, en un horizonte de tiempo dado, dadas las condiciones de incertidumbre que prevalecen en ese momento en el mercado. Entre las principales ventajas del VaR están su simplicidad, aplicabilidad y universalidad. Sin embargo, el VaR tiene importantes limitaciones desde el punto de vista teórico y práctico. El inconveniente más importante de esta medida, es que el VaR de una cartera diversificada puede ser mayor que la suma de los riesgos de las carteras individuales.

Como resultado de las limitaciones del VaR, se toma la medida de riesgo coherente; conocida en inglés como el Tail Conditional Expectation o también llamado Tail Value at Risk (TVaR). El TVaR mide la pérdida esperada en que se incurrirá en el $100*\alpha$ % de los peores casos. Sin embargo, el VaR es la medida más usada por los bancos, instituciones financieras y de seguros para estimar las pérdidas. Primero, la decisión del estimador a utilizar. Segundo, se necesita escoger el nivel α % de confianza para el VaR así como el periodo sobre el cual se calcularán dichas medidas sobre la incertidumbre asociada a la estimación.

Adicionalmente, con la nueva normativa regulatoria en México, emitida por la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, el obtener los montos de las reservas, será definido mediante procesos aleatorios que manifiesten con más precisión sus cálculos. Las reservas técnicas serán evaluadas bajo el nuevo esquema de Solvencia II, el cual establecerá un conjunto de requerimientos cuantitativos y cualitativos que reflejen la aplicación de estos estándares en la administración de riesgos y en el capital.

1.2. Alcance

El alcance de este documento, se limita en calcular el impacto de la prima no devengada para cubrir las obligaciones futuras por concepto de reclamaciones vigentes del seguro directo y las pérdidas por eventos extremos.

Como consecuencia del alcance, solamente se contempla el riesgo de suscripción de no vida para una cartera que opera el ramo de automóviles con vigencia menor a un año.

1.3. Objetivo general

El presente documento tiene como objetivo principal, proponer una metodología para el cálculo del Margen de Riesgo mediante una medida de riesgo coherente alternativa que sea de ayuda en el cálculo de la Reserva de Riesgos en Curso la cual a su vez calculará el Requerimiento de Capital de Solvencia de una compañía de seguros con un horizonte temporal menor o igual a un año de conformidad con lo establecido en el Título 5 de las Reservas Técnicas propuesto en la Circular Única de Seguros y Fianzas.

1.4. Objetivos específicos

- Determinar las medidas de riesgo para cuantificar las pérdidas totales, además de hacer una comparación entre los resultados al utilizar el VaR y el TVaR.
- Estimar del Requerimiento de Capital de Solvencia.
- Calcular el Margen de Riesgo de la Reserva de Riesgos en Curso.
- Calcular la Reserva de Riesgos en Curso para una cartera de seguros con un horizonte temporal menor igual a un año.

1.5. Justificación

El 4 de abril de 2013 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas (LISF), que entró en vigor a partir del 4 de abril de 2015 y que entre otros objetivos tiene integrar en un sólo marco normativo las disposiciones aplicables en materia de seguros y de fianzas, dando uniformidad a las regulaciones, además de establecer un nuevo marco normativo que garantice en todo momento que el asegurador disponga de los recursos financieros adecuados, en cantidad y calidad, para hacer frente a todos sus compromisos en la medida en que se le presenten sin riesgos significativos.

La estimación de las pérdidas máximas probables mediante la metodología TVaR es un estudio, del cual se ha desarrollado material que contiene en su mayoría simulación y procesos estocásticos que ayudan a generar escenarios para su estimación. En el año 2018, México está adoptando el proyecto de Solvencia II cuya propuesta proviene de un nuevo marco a nivel europeo para la operación y supervisión prudencial de las compañías de seguros. En el presente 2018, la CNSF ha elaborado un proyecto de ley basado en una gestión de los riesgos, por lo que es uno de los puntos establecidos en Solvencia II.

La nueva normativa regulatoria mexicana, será la que ayude a dar sentido al cálculo del Requerimiento de Capital de Solvencia.

1.6. Importancia del tema

Consiste en proponer un método actuarial para la valuación del Riesgo de Suscripción mediante la aplicación de modelos aleatorios que utilicen las medidas de riesgo VaR y TVaR.

La metodología planteada en este documento, permite realizar un análisis del monto de las pérdidas esperadas mediante la estadística sobre siniestralidad y primas emitidas de la compañía de seguros. Derivado de lo anterior, el modelo propuesto implica que se pueden simular dichas variables para el cálculo de estas medidas de riesgo.

1.7. Marco Teórico

1.7.1. Administración de riesgos

Es de suma importancia definir qué riesgos son los que interactúan en una compañía de seguros para su medición y en su caso cuantificar el impacto que tienen, se debe tener en cuenta que no todos los riesgos se pueden medir fácilmente por lo que se necesitan técnicas y herramienta que ayuden a identificarlos.

Se define la administración de riesgos como: la identificación, evaluación y priorización de los riesgos mediante una gestión adecuada de los recursos económicos para controlar la probabilidad de impacto de los eventos desafortunados o bien, para maximizar la probabilidad de oportunidades mediante varias estrategias como son: transferir el riesgo, evitarlo, reducir y asumir total o parcial.

La importancia de la administración de riesgos recae en la necesidad que tienen las compañías de seguros, bancos y entidades financieras de tener una reserva de capital que les permita afrontar sus obligaciones financieras. El concepto de riesgo es muy amplio debido a que hay diferentes entidades interesadas en gestionarlo, por lo que cada entidad tiene su propia actitud con respecto al riesgo.

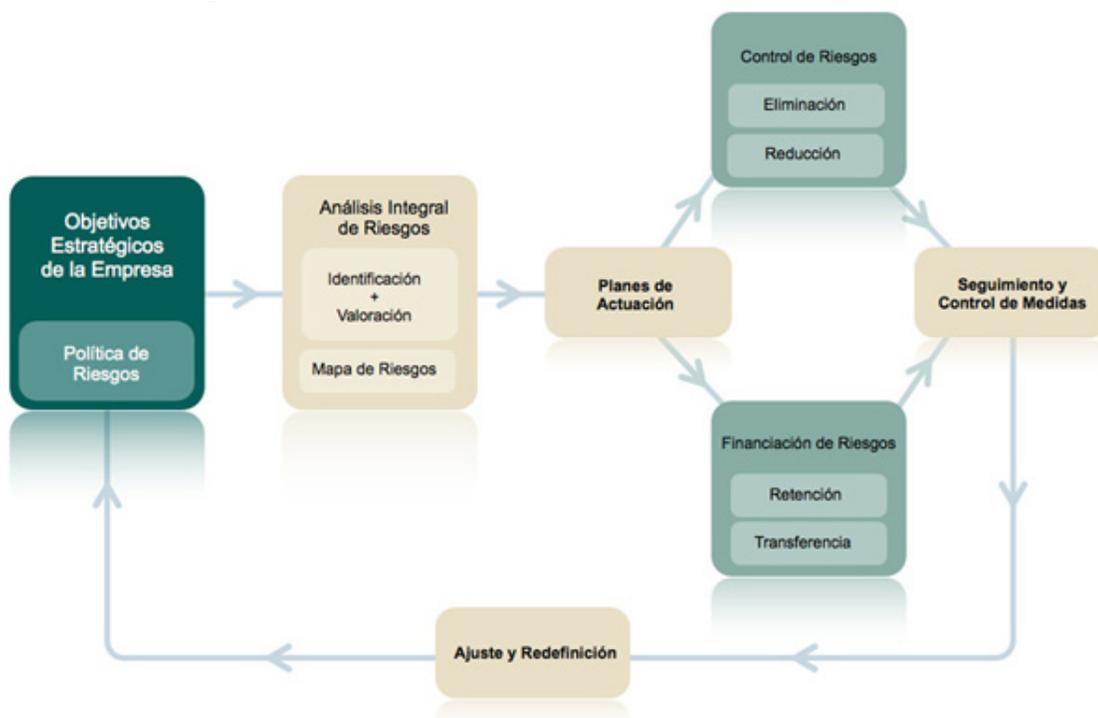
Las etapas de la administración de riesgos son:

- Identificación: determinar cuáles son las exposiciones más importantes en la unidad de análisis.
- Evaluación: es la cuantificación de los costos asociados a los riesgos previamente identificados.
- Tratar riesgos :es la estrategia a seguir:
 - Eliminación (no exponerse a un riesgo determinado).
 - Reducción (hay que optimizar recursos o tomar medidas para que no crezca cuando ocurran).
 - Absorber (cubrir las pérdidas con nuestros propios recursos).
 - Transferir (hay que realizar una cobertura de los riesgos).

Para llevar a cabo una buena administración de riesgos se tiene que hacer por etapas ya que al hacerlo así, se puede ejecutar mediante procesos con base en diagramas de control.

En la siguiente figura se puede apreciar, como se integran algunas de las etapas de la administración de riesgos en una empresa mediante un diagrama de flujo.

Figura 1.1: Proceso de administración de riesgos



Fuente: ERM, Risk Management, Fases de la Gerencia de Riesgos – España, 2016.

Al categorizar los tipos de riesgo a los que está sujeta una compañía de seguros, se engloban de la siguiente forma:

- Riesgos de no-negocio son aquellos a los que la empresa no tiene control, como política monetaria, riesgos macroeconómicos, políticos, etc.
- Riesgos de negocio son aquellos que la empresa asume para crear una ventaja competitiva para los accionistas, estos están relacionados con el producto o servicio con el que hace negocio la empresa, como por ejemplo:
 - Riesgo de Mercado: Refleja la pérdida potencial por cambios en los factores de riesgo que influyan en el valor de los activos y pasivos. Es el riesgo de que la cartera de inversión disminuya debido a los movimientos en los flujos de los portafolios de inversión.

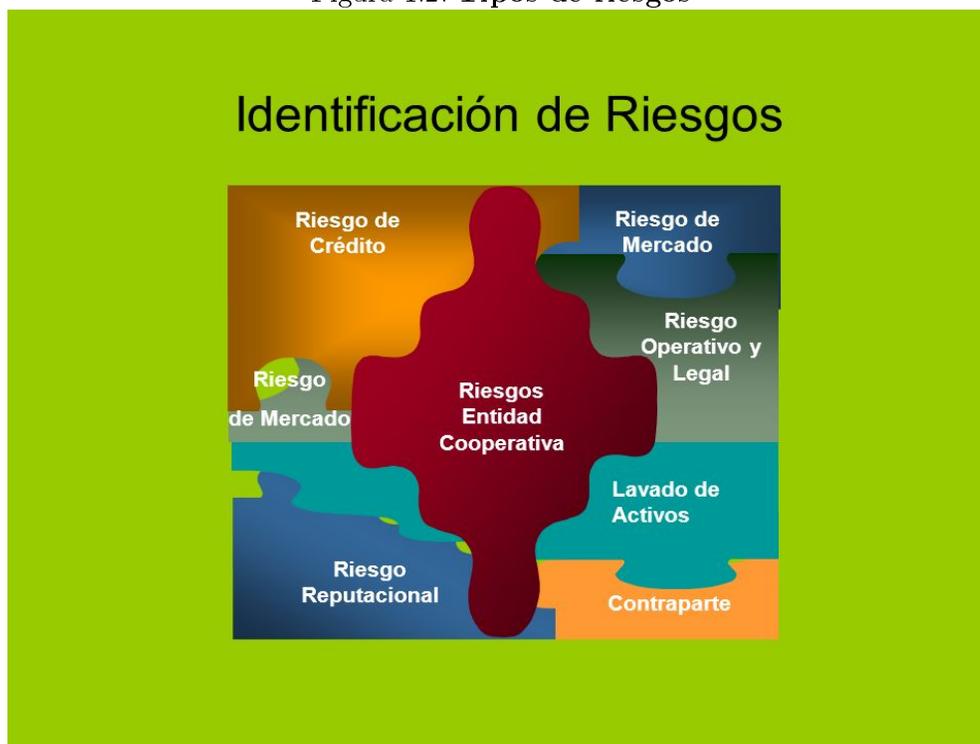
- Riesgo de Crédito: Es el riesgo de falta de pago de la contraparte, este evento se conoce como impago.
- Riesgo de liquidez. Refleja la pérdida potencial por la venta anticipada de activos a descuentos inusuales para hacer frente a las obligaciones. Es el riesgo por falta de dinero corriente, es decir, que los activos no se deben intercambiar o convertir lo antes posible para no tener pérdidas.
- Riesgo operativo. Refleja la pérdida por diferencias o fallas en procesos operativos en la tecnología de la información, en los recursos humanos o cualquier otro evento externo adverso relacionado con la operación de la compañía de seguros. Comprende los riesgos que se generan en la propia negociación y operación del negocio por lo general son causados por la falta de definición de políticas y procedimientos, Contratos mal elaborados, fraudes y violaciones a los ordenamientos regulatorios establecidos por las autoridades encargadas de la supervisión del sistema financiero.
- Riesgo de Reserva. Es el riesgo derivado de la parte devengada o transcurrida de la cartera como por ejemplo aumento inesperado de la reserva SONR¹.
- Riesgo de suscripción (UW)². Riesgo vinculado a la parte no devengada de la cartera de seguros que se obtuvo durante un periodo de tiempo, por lo que se dividen en:
 - Vida: Refleja el resultado de la suscripción en atención a los siniestros cubiertos y a los procesos operativos vinculados en su atención. Considera cuando menos los sub-riesgos de mortalidad, longevidad, discapacidad, morbilidad, de gastos de administración, caducidad, conservación, rescate de pólizas así como de eventos extremos en seguros de vida y catastróficos.
 - Accidentes y enfermedades: Refleja el resultado de la suscripción en atención a los siniestros cubiertos y a los procesos operativos vinculados a su atención. Considera cuando menos los sub-riesgos de discapacidad, morbilidad, gastos de administración e inflación médica.
 - Daños: Reflejará lo que se derive de la suscripción como consecuencia tanto de siniestros cubiertos como de los procesos operativos vinculados a su atención. Considera cuando menos los riesgos de primas y reservas, así como eventos extremos en el seguro de daños [Esteva, 2010].

¹Siniestros Ocurridos pero no Reportados

²UW corresponde a las siglas en inglés de Underwriting

En la siguiente figura se muestran los diferentes tipos de riesgo que afectan a una compañía de seguros.

Figura 1.2: Tipos de riesgos



Fuente: Juan Manuel Gómez, Gestión Integral del Riesgo – España, 2007.

1.7.2. Riesgo de suscripción

Como se definió en el punto anterior, el riesgo técnico o de suscripción, es aquel que proviene directamente de las pólizas y los riesgos que asume una compañía de seguros al momento de asegurar a una persona u objeto, la labor actuarial está enfocada en el correcto manejo, identificación, medición y cuantificación de todos los riesgos asumidos por la compañía de seguros a través de sus pólizas, es decir, son los especialistas en el riesgo técnico. La mala medición de este riesgo puede tener consecuencias terribles para las compañías de seguros, ya que por ejemplo, si se hace mal el cálculo de la prima para un producto, podría generar grandes pérdidas técnicas para las compañías de seguros.

El riesgo de suscripción tiene en cuenta la variación en las tasas de siniestralidad, entonces se puede responder la pregunta ¿Cuánto se pierde cuando no están a favor los supuestos de siniestralidad, cuando se estimó la prima?, por ejemplo un riesgo inherente en la suscripción es el que proviene de las decisiones de tarificación incorrectas por cambios de condiciones del ambiente económico o por el riesgo del modelo.

El objetivo del modelo para mitigar el riesgo de suscripción, debe tener como base el riesgo de la operación del seguro y soportarse en un esquema de administración de

riesgos que sea adecuado para asegurar la solvencia de las instituciones con un cierto grado de confiabilidad, por lo que se propone darle seguimiento a los siguientes pasos:

- Elementos de validación: Revisión de la integridad y calidad de la información histórica de pérdidas.
- Desarrollo de modelos: Construcción de modelo mediante componentes o parámetros para identificar los principales riesgos.
- Instrumentación de modelos: Calibración del modelo para cumplir con la normativa de Solvencia II.

El uso de los anteriores pasos permitirá, a las compañías de seguros contar con adecuadas medidas de riesgo para asegurar su solvencia con un cierto grado de confiabilidad en periodos de al menos un año y cada año será recalculada.

1.7.3. Acercamiento a gobierno corporativo

Una de las partes importantes en la labor diaria, en una organización, es la alta dirección que conduce a las empresas a integrar procesos que ayuden a la buena administración de los recursos, por lo que la alta dirección debe estar plenamente convencida que para el fortalecimiento de los procesos de la entidad que gobiernan, deben estar bajo un esquema de gobierno corporativo que ayude a la implementación de procesos para mitigar riesgos y establecer normas que ayuden a la entidad a ser altamente competitivo, con ganancias fuertes y con un alto grado de desempeño operacional, lo cual ayudará a tener un mayor valor como organización dentro del mercado y la sociedad.

Gobierno Corporativo es el mecanismo de los accionistas que sirve de contrapeso y guía en la administración del negocio para asegurar una eficiencia adecuada, transparencia y resultados. La OCDE³ señala que «es el conjunto de acciones directivas seguidas por la organización a fin de lograr razonabilidad, rendición de cuentas, resultados, transparencia y responsabilidad».

Los objetivos de un gobierno corporativo son:

- Facilitar el entendimiento entre los accionistas y la administración.
- Procurar la protección y el crecimiento patrimonial.
- Brindar una opción independiente y profesional.
- Asegurar la transparencia y generar confianza.

La LISF, responsabiliza al consejo de administración de la instrumentación, operación y seguimiento del gobierno corporativo, y éste debe, a su vez, garantizar una gestión sana y prudente. Todo esto debe comprender el establecimiento y verificación del cumplimiento de políticas y procedimientos explícitos en materia de administración integral de riesgos, auditoría y contraloría internas, función actuarial y contratación de servicios

³Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

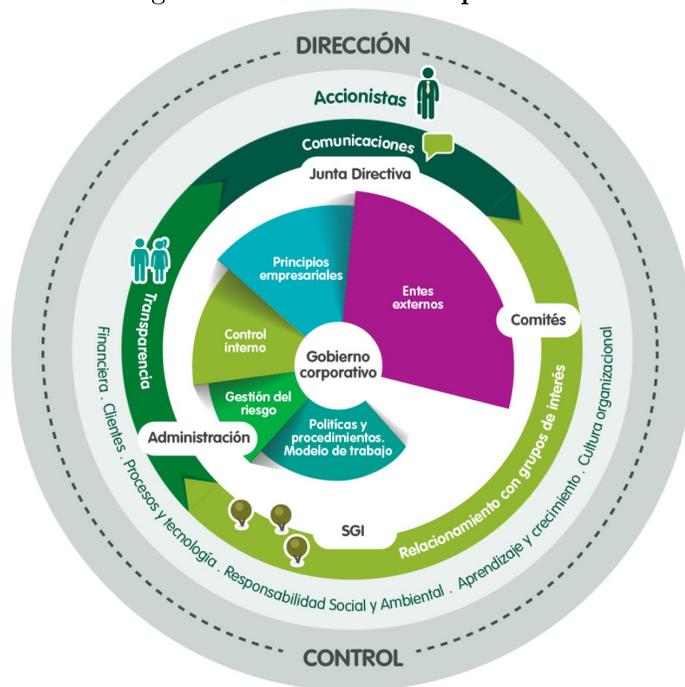
con terceros para la operación de la institución.

Las compañías de seguros deberán considerar en su sistema de gobierno corporativo el diseño de las políticas y procedimientos relativas a la administración integral de riesgos, control interno, auditoría interna, actuaria y contratación de terceros.

El gobierno corporativo debe contribuir en la aplicación efectiva del sistema integral de administración de riesgos, en particular en lo que se refiere a modelar el riesgo en el que se basa el cálculo del requerimiento de capital de solvencia, así como la evaluación periódica en materia de riesgos y solvencia [AMIS, 2010].

En la siguiente figura se muestra una forma de cómo se puede estructurar el gobierno corporativo de acuerdo a lo establecido en la LISF.

Figura 1.3: Gobierno corporativo



Fuente: Chec grupo.epm, Gobierno corporativo, Informe de Sostenibilidad, Colombia, 2014.

Existen varias teorías de gobierno corporativo para regular el funcionamiento de los órganos de administración que se pueden implementar en una compañía de seguros en base a sus necesidades y complejidades con las que cuenta.

Algunos ejemplos para dar un acercamiento a la organización del modelo del gobierno corporativo podrían ser los siguientes:

- Modelo de Agencia. Se hace referencia sobre el choque de intereses entre el dueño

de la organización y su administrador pues existen discrepancias en la conveniencia de cada parte.

- Modelo de administración de Socios. Tiene como base la administración total bajo un esquema de normas y lineamientos que se deben seguir para una correcta ejecución.
- Modelo de Cooptación⁴. Surge como una necesidad administrativa para homologar la dirección general a un agente por sus relaciones poderosas y buena imagen pública, esto para atraer los recursos que hacen falta en la organización.
- Modelo Multistakeholder⁵. Hace referencia a refiere a la participación y/o consideración de los enfoques de todos los actores que importan en un sistema u organización teniendo en cuenta la opinión de todas las partes interesadas.
- Modelo de Hegemonía directa. En este modelo se hace una delegación total de funciones por lo que sólo se hace la parte administrativa de estampar la firma de aprobación.
- Modelo Democrático. En este modelo se le da voz y voto a todas las partes involucradas pues se cree que la opinión de la mayoría será la forma correcta de gobernar.

⁴Es una designación de algún puesto de la organización por votación de los mismos

⁵Corresponde a los múltiples grupos de interés

Capítulo 2

Desarrollo

2.1. Antecedentes

Algunas definiciones de solvencia son:

Proceso mediante el cual una entidad compañía de seguros demuestra no sólo su capacidad presente de respuesta ante factores de riesgo además de su capacidad futura, es una característica importante y determinante de la actividad del sector asegurador. Esto se debe, en gran medida, a la naturaleza propia de las prestaciones a que se compromete quien cubre un riesgo, las cuales están asociadas a situaciones de necesidad del asegurado, por lo que es natural que quiera minimizarse lo más posible el riesgo de incapacidad del asegurador para responder a su compromiso [González, 2009].

Una empresa de seguros es solvente si posee suficientes activos para hacer frente a sus pasivos, los cuales dependen de la variabilidad de los riesgos a los que está expuesta [Hernández, 1997].

Solvencia y liquidez son conceptos distintos, ya que liquidez es tener el efectivo necesario en el momento oportuno que permita hacer el pago de los compromisos adquiridos; y solvencia es contar con los bienes y recursos suficientes para respaldar los adeudos que se hayan contraído. Toda entidad que tiene liquidez es solvente, pero no toda entidad solvente tiene forzosamente liquidez [González, 2009].

Durante décadas, la definición, modelación y control de la solvencia de las empresas de seguros, vital para prevenir resultados negativos, ha sido una de las ocupaciones propias de la ciencia actuarial a nivel mundial. Por lo que la preocupación por tener entidades con suficiente capacidad financiera no es novedosa, aunque en el mercado asegurador contemporáneo cada vez más surgen corporaciones de mayor tamaño que traen consigo toma de decisiones en torno al consumo de seguros que difieren de las ya establecidas [Hernández, 1997].

Desde hace tiempo se elaboraron directivas y normas al respecto, las cuales han dejado de ser del todo funcionales, ya que son generalistas y no consideran las necesidades

de cada compañía de seguros. La legislación europea actual respectiva se basa en el cálculo de un conjunto de ratios (importes mínimos) teniendo en cuenta tanto el nivel de siniestralidad como el nivel de primas, sin importar el tamaño ni el perfil de cada entidad [Alonso Albarrán, 2008].

Es importante destacar que Solvencia II se fundamenta en el modelo llamado Basilea II, ya que con anterioridad, el sector bancario se preocupó por resguardar la solidez financiera, es decir para regular la cantidad de recursos propios con las actividades emprendidas. Ahora a la par, ambos sectores buscarán que aquellos que asuman mayor cantidad de riesgo y/o de mayor intensidad, tengan más recursos disponibles que aquellos que opten por actividades más conservadoras o por un nivel menor de contratación.

2.2. Solvencia II

Solvencia II es una iniciativa que surgió en la Unión Europea para establecer un esquema común en la administración de riesgos de las compañías de seguros y reaseguros, a través de la definición del Requerimiento de Capital de Solvencia, así como la instalación de procesos y procedimientos para identificar, medir y gestionar los niveles de riesgo asumidos. Esta iniciativa ha sido aceptada internacionalmente¹, por lo que varios países realizan acciones para adoptarla dentro de sus marcos regulatorios. México es uno de ellos, muestra de ello es que ya existe un proyecto de ley para las compañías de seguros y fianzas (Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas) que considera gran parte del esquema propuesto por la directiva de Solvencia II europea.

Es importante resaltar que uno de los principales objetivos de Solvencia II es el desarrollo y establecimiento de un sistema que permite medir los recursos necesarios, para garantizar la solvencia de una compañía de seguros en función de los riesgos asumidos por ella misma.

La solvencia de una entidad no debería estar basada únicamente en datos financieros, sino que deben considerar otros aspectos, tales como su exposición al riesgo, tamaño, estrategias, políticas de protección de reaseguro, etc. [AMIS, 2010]

Solvencia II busca lograr que cada compañía de seguros conozca cómo afrontar los distintos riesgos que asume, la capacidad de gestión de los mismos y la incidencia que tienen en las distintas líneas de negocio. Todo esto para determinar el importe de recursos propios que debe destinar para sus coberturas.

En este sentido lo que se busca es:

- Reducir el riesgo de que una compañía de seguros no sea capaz de hacer frente a sus obligaciones.
- Disminuir las pérdidas asumidas por los aseguradores en coaseguro y reaseguradores, en caso que una compañía de seguros directa no sea capaz de hacer frente

¹Por ejemplo: España, Reino Unido y Zúiza

completamente a todas sus obligaciones.

- Ofrecer un sistema de aviso preventivo que permita a los reguladores actuar inmediatamente, en caso de que el capital a mantener caiga por debajo de los niveles mínimos requeridos.
- Fomentar la confianza en la estabilidad financiera del sector asegurador.
- Mejorar la eficiencia en los mercados.
- Establecer principios sin ser excesivamente normativos (otorgando más responsabilidades a las propias entidades).
- Un Gobierno Corporativo sólido.
- Una mejor administración de riesgos.
- Mayor transparencia y revelación de información a los partícipes del mercado.
- Ser coherente con los desarrollos del mercado (especialmente en materia de contabilidad con la IASB1).

Con las bases mencionadas, se logrará mejorar la protección tanto de los asegurados como de los beneficiarios, así como la rentabilidad de las compañía de seguros y la transparencia de los aseguradores en sus comunicaciones públicas y privadas, para crear disciplina en el mercado y por tanto generar confianza [AMIS, 2010].

La definición conceptual de Solvencia se refiere a la condición (definida en términos de cantidad de recursos financieros de capital) que debe cumplir una compañía de seguros en su operación para garantizar, con un alto grado de confiabilidad, su capacidad para cumplir con sus obligaciones futuras.

La definición técnica de Solvencia en términos generales, si X representa el valor de las obligaciones futuras, se dice que una compañía de seguros es técnicamente solvente si se cumple que, sus recursos totales C , son tales que se cumple la siguiente ecuación [Aguilar, 2015]:

$$P[C \geq X] \geq 1 - \varepsilon$$

Donde:

- $P[.]$: Es la probabilidad;
- C : Son las Reservas + Capital;
- $1 - \varepsilon$: Representa el nivel de confianza.

2.2.1. Bases y principios de Solvencia II

En la nueva regulación de Solvencia II existen bases y principios que permiten la correcta ejecución de normas que ayudan a ejercer la solvencia en una compañía de seguros.

- Principio de Balance Económico.

Se pasa de un enfoque de balance contable, a un balance económico, lo que significa que tanto los activos como los pasivos deben ser valuados a valor de mercado.

- Principio de Valor medio de Reservas.

Las reservas deben valuarse a valor medio, sin considerar márgenes prudenciales. Lo anterior constituye una diferencia significativa con respecto al esquema regulatorio de Solvencia I.

- Principio de VaR al 99.5 % de confianza.

Para efectos de calcular el RCS, se deben estimar las obligaciones a un año con el 99.5 % de confianza (1/200).

- Principio del Valor de Mercado de las Reservas.

Cuando una obligación no sea susceptible de cobertura mediante un instrumento financiero que replique flujos, entonces su valor de mercado deberá corresponder al valor medio más el margen de riesgo.

- Principio de Diversificación.

Se debe tomar en cuenta el efecto de la diversificación entre riesgos, cuando una compañía de seguros tiene varias líneas de negocio que pueden compensar los efectos de pérdida y donde se verifica que no se cumple con el supuesto de pérdidas en forma simultánea. En el caso de que una compañía de seguros cuente con una sola línea de negocio la diversificación puede ir encaminada en los portafolios de inversión.

- Principio de Modelos Propios.

Las compañías de seguros deben tener la capacidad de diseñar y aplicar modelos propios para calcular el Requerimiento de Capital de Solvencia además de las reservas.

- Principio de los Cuatro Riesgos. Los recursos de solvencia de una compañía de seguros deben ser suficientes para cubrir las obligaciones de los siguientes cuatro riesgos:

- Riesgo Técnico (suscripción).
- Riesgo de Mercado (inversiones).
- Riesgo de Crédito o Contraparte (reaseguro).
- Riesgo Operativo.

- Principio de Proporcionalidad.

El esquema regulatorio no debe representar una carga que inhiba el desarrollo de las compañías de seguros en crecimiento. El esquema debe contemplar alguna forma de tratamiento diferenciado para pequeñas empresas, ya que por lo general se tiende a usar esquemas generales y es poco probable que se le de dicho tratamiento diferenciado [Aguilar, 2015].

2.2.2. Los tres pilares de Solvencia II

Los tres pilares describen la implementación de una nueva normativa regulatoria denominada Solvencia II cuyos objetivos principales se concentran en:

- La disciplina regulatoria
- La disciplina propia
- La disciplina de mercado

La siguiente figura muestra un esquema de cómo están conformados los tres pilares bajo el esquema de Solvencia II.

Figure 2.1: Los tres pilares de Solvencia II

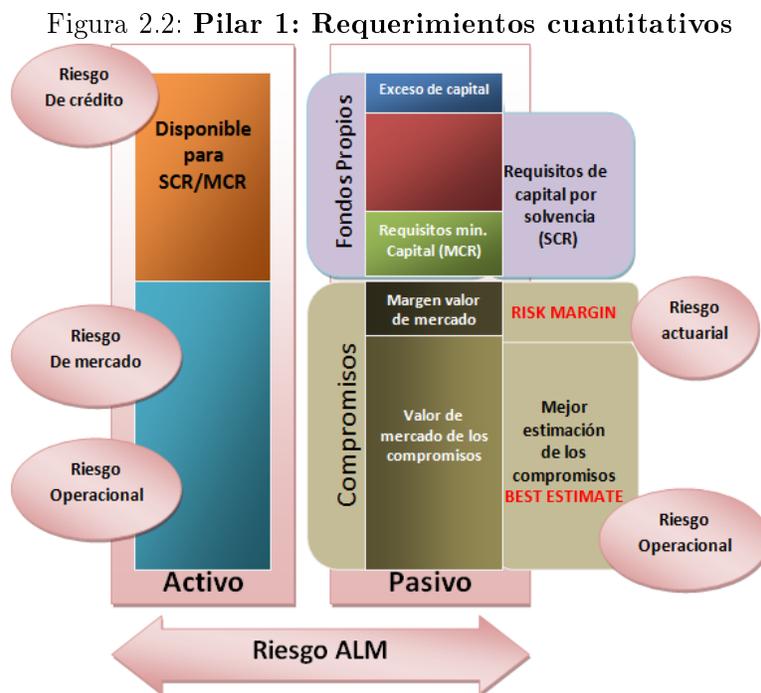


Fuente: Alberto A. Alonso, Estudios de Solvencia II para Aseguradores – España, 2008.

2.2.3. Requerimientos cuantitativos

Los requerimientos cuantitativos (tanto para seguros de vida como de no vida) se basan en los principios generales descritos con anterioridad, ya que el asegurador debe disponer de un capital según la exposición al riesgo calculado al nivel de confianza del 99.5 % sobre el modelo denominado estándar (RCS) o mediante la utilización de un modelo interno, todo ello para afrontar pérdidas en el horizonte temporal de un año y según la valoración a precios de mercados de activos como pasivos [Rodríguez, 2015].

La siguiente figura describe el pilar 1 de Solvencia II, que representa la Valoración de activos y provisiones técnicas.



Fuente: Solvencia2 blog spot, Evaluación de Riesgos de Seguros -España, 2011.

El pilar 1 es de naturaleza cuantitativa y a manera de síntesis se puede decir que se ocupa de tres elementos en particular:

1. Determinación de los Fondos Propios

El esquema de Solvencia II está basado en la valoración económica del riesgo y el capital de las compañías de seguros, lo que llevará a estas empresas a aplicar principios económicos cuando calculen el capital obligatorio y sus fondos propios. Un enfoque de valoración económica significa que se deben usar valores consistentes con el mercado (market-consistent) para valorar los activos y pasivos en el balance de las compañías de seguros. La diferencia entre el valor de mercado de los activos (VMA) y el valor de mercado de los pasivos (VMP) dará como resultado los fondos

propios, los cuales deben ser suficientes para cubrir el requerimiento de capital de solvencia.

2. Valuación de Reservas

Al ser el pasivo más importante de una compañía de seguros debido a que representa el monto de las obligaciones futuras, las reservas deben también valuarse a mercado. En general no existe un mercado cuyos instrumentos permitan replicar los flujos de estos pasivos, por lo que se considera que para efectos de Solvencia II, éstas deben ser valuadas como la suma del mejor estimador más un Margen de Riesgo.

3. Requerimientos de Capital

El requerimiento de capital de solvencia busca garantizar que habrá recursos patrimoniales suficientes para hacer frente a los riesgos y responsabilidades asumidas, en función de las operaciones y los riesgos a los que está expuesta la institución [AMIS, 2010].

2.2.4. Requerimientos cualitativos

La evaluación por parte del órgano de supervisión ofrecerá certeza de los sistemas de gestión de riesgo y control interno, al incluir la revisión de la exposición al riesgo de cada entidad, junto al programa de reaseguro, los modelos internos de gestión de riesgos, al considerar los riesgos gerenciales; las pruebas efectuadas sobre las provisiones técnicas y de los activos; la honorabilidad y profesionalidad de la dirección (buen gobierno corporativo); el posible mismatching (falta de congruencia) entre activos y pasivos; posibilidad de requerir, por parte de los supervisores, capitales adicionales a los calculados en base a los modelos aplicados en casos individuales.

La siguiente figura describe lo que conforma al pilar 2 de acuerdo con las bases y principios generales de Solvencia II.

Figura 2.3: **Pilar 2: Requerimientos cualitativos**



Fuente: Aguilar Pedro, talleres sobre las bases y principios generales de Solvencia II -México, 2014.

El pilar 2 pretende la promoción de estándares mejorados y consistentes de gestión de riesgos. Estos requerimientos tendrán un gran efecto en las diversas actividades o aspectos de gestión de las instituciones. Los aspectos clave afectados drásticamente son los siguientes:

1. Sistemas de gestión y seguimiento del riesgo

Un sistema de administración de riesgos efectivo y un gobierno corporativo sólido en todos los niveles de la compañía de seguros constituyen las piedras angulares de un sistema de solvencia sólido. Mientras que resulta fundamental que las compañías de seguros efectúen cálculos de capital lo más ajustados a los riesgos reales a los que están expuestos, las decisiones de la alta dirección y la calidad de los grupos de control son potencialmente cruciales para asegurar la salud financiera a largo plazo de las instituciones.

Las debilidades que pudiera padecer una compañía de seguros en estas áreas, la haría susceptible de sufrir problemas financieros en caso de presentarse eventos externos negativos.

En este sentido, Solvencia II exige a las compañías de seguros que definan de manera documentada las políticas, procesos y procedimientos de medición y seguimiento del riesgo, para ser empleados en la formulación/actualización de la información reportada a la alta dirección.

2. Estrategia y apetito al riesgo

Un aspecto de suma importancia consiste en disponer de un sistema eficaz de administración de riesgos, que comprenda estrategias y la aprobación de los límites y tolerancia a los mismos.

Solvencia II requiere, en tales casos, que la directiva de la empresa se involucre en el diseño de la estrategia de gestión de riesgos. Deben existir políticas y procedimientos documentados de seguimiento que reporten a la alta dirección los niveles de riesgo asumidos, así como el apetito por ellos, mismo que debe integrarse en el proceso de la toma de decisiones.

3. Autoevaluación del riesgo y la solvencia

Las compañías de seguros y reaseguro deben llevar a cabo una autoevaluación de los riesgos de negocio y el nivel de solvencia para mitigarlos. Una función de riesgos robusta asistirá a la compañía de seguros para llevar a cabo este proceso de autoevaluación de capital, que vincula la visión de la compañía de seguros sobre sus riesgos y necesidades de solvencia.

Esta evaluación interna de los riesgos y de la solvencia es un proceso de valoración interno que trata de asegurar que la directiva lleve a cabo una revisión de su perfil de riesgo y los niveles de capital de solvencia que sustente. Por lo tanto, esta evaluación debe reflejar el apetito al riesgo específico que podría llevar a las compañías de seguros a buscar niveles de confianza más altos (o en su caso mayores horizontes temporales) a los que solvencia está establecido (99.5 %).

Solvencia II exige, en este contexto, que las compañías de seguros cuenten con procesos y procedimientos para determinar los riesgos asumidos y argumentar los métodos usados en dicha evaluación. Es importante que este proceso de autoevaluación de capital se realice bajo una perspectiva de largo plazo, anticipando posibles evoluciones de los riesgos y el plan estratégico del negocio. La periodicidad del análisis debe estar en función de los cambios materiales en los riesgos expuestos por la entidad.

4. Función del control interno

El control interno ha sido una pieza clave dentro del sector asegurador desde hace mucho tiempo. Solvencia II valora de sobre manera el hecho de que las compañías de seguros de seguros y reaseguros dispongan de un sistema eficaz de control interno, que cuente con procedimientos administrativos y contables.

Este sistema debe establecer y contener mecanismos adecuados de información a todos los niveles de la empresa. La alta dirección será la encargada de aprobar las políticas que describan el marco instaurado. También se requiere de una validación periódica por parte del área de auditoría interna. Adicionalmente el órgano de

administración, dirección y supervisión deberá asesorar en la verificación de los requisitos marcados por la directiva relacionados con el control interno. Como punto adicional, la auditoría externa será usada como medio para evaluar la adecuación de los procesos de riesgo implementados.

5. Papel relevante de la función actuarial

Solvencia II requiere que la función actuarial se encargue de la valoración de las reservas técnicas (metodologías y calidad de los datos) y de la comunicación directa con la dirección acerca de esos puntos. Por tanto debe hacerse cargo del contacto y pronunciamiento ante el órgano de administración y dirección sobre las políticas de suscripción, técnicas de mitigación y riesgos asumidos.

Es también responsable del desarrollo del modelo para el Requerimiento de Capital de Solvencia. De esta forma se genera una vinculación continúa entre las funciones de riesgos y actuaría, influyendo sobre la definición del plan estratégico de negocios.

6. El uso de la externalización o outsourcing²

La externalización de actividades se contempla dentro de Solvencia II, siempre y cuando las compañías de seguros de seguros y reaseguros respondan plenamente al cumplimiento de todas las obligaciones que conlleva traspasar el negocio fuera del alcance directo.

Todas aquellas funciones o actividades operativas críticas e importantes, no podrán realizarse fuera de la compañía de seguros cuando sean contrarias a la calidad y cumplimiento de los procesos establecidos dentro de la misma o que menoscaben la capacidad supervisora del regulador.

Por lo anterior resulta necesario enviar información continua y oportuna al regulador en caso de recurrir a la contratación de externos para las funciones antes mencionadas.

Finalmente las entidades deben asegurar que el servicio ofrecido a través de estas actividades, no afecta negativamente a los clientes de seguros.

La mayoría de los expertos consideran que cumplir con los requerimientos del pilar 2, será un reto mucho mayor para las compañías de seguros que el contar con un modelo para la determinación de los requerimientos de capital [AMIS, 2010].

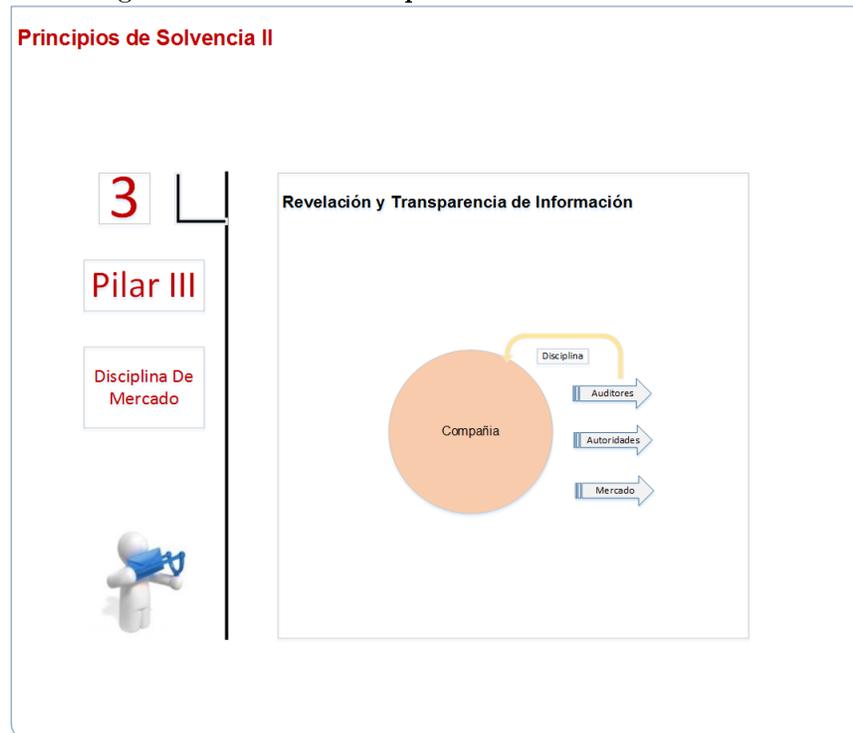
2.2.5. Requerimientos de revelación

Establecimiento de recomendaciones y requerimientos de información a proporcionar por las entidades para garantizar una mayor transparencia en el mercado; facilitar el acceso a los participantes en el mercado a información clave de las entidades (recursos propios, nivel de exposición al riesgo, evaluación del riesgo, procesos de gestión de riesgo utilizados, adecuación a los recursos propios). Adicionalmente, las compañías de seguros deben facilitar información sobre el grado de sensibilidad de la exposición al riesgo, así como los escenarios clave utilizados para el análisis de los activos y las provisiones técnicas.

²El outsourcing consiste en la delegación funciones de una empresa a otra que se especializa en dicha tarea.

La siguiente figura describe el pilar 3 de Solvencia II de acuerdo con las bases y principios generales de Solvencia II.

Figura 2.4: **Pilar 3: Requerimientos de revelación**



Fuente: Aguilar Pedro, talleres sobre las bases y principios generales de Solvencia II -México, 2014.

El pilar 3 busca la transparencia a través de la publicación de información periódica sobre la situación financiera y de solvencia de la compañía de seguros. También supone establecer una disciplina de mercado para todas las instituciones de seguros y reaseguros, cuyo objetivo último es el apoyo para obtener metas regulatorias. Este es un elemento muy importante dentro de Solvencia II y las compañías de seguros deben prepararse para publicar la información con base en la periodicidad y detalle establecido por el regulador.

La gestión de la transparencia y el reporte de riesgos al mercado configuran un aspecto que las entidades deben analizar con un enfoque amplio, ya que su éxito se basa en gran medida en el grado en que se integren internamente los diferentes elementos que conforman la gestión de riesgos.

En este sentido la implicación de los nuevos procesos de reporte de información comprende tanto la alta dirección, como a todos los niveles operativos de las compañías de seguros.

Por un lado, desde un nivel superior la coordinación de tres elementos claves (estrategia, cultura y valores) pueden provocar que se amplíe la idea de transparencia a lo largo de la firma, y por el otro esta extensión se hará operativa en el resto de los niveles

a través del desarrollo de reporte y control tanto interno como externo.

La revelación de información prudencial de riesgos al mercado tiene como objetivo presentarle periódicamente a la directiva, una serie de datos cuantitativos (importes de riesgo) y cualitativos (políticas y procedimientos) que muestran la situación objetiva de la institución en lo que respecta a la gestión de riesgos [AMIS, 2010].

2.3. Valor en Riesgo (VaR)

Algunas definiciones del Valor en Riesgo son:

En el 2018, la medida más aceptada de riesgo es la que se conoce como el “Valor en Riesgo”. El VaR intenta dar una idea sobre la pérdida en que se puede incurrir en un cierto periodo de tiempo pero, al ser inciertas las pérdidas y ganancias, es necesario asociar probabilidades a las diferentes pérdidas potenciales.

El VaR es un nivel de pérdidas (del o los activos de que se trate) tal, que la probabilidad “ α ” de que la pérdida exceda esta cantidad en un periodo de tiempo dado, corresponde a un cierto nivel de confianza escogido por el analista. Así, el analista fija de antemano el nivel de confianza con el que quiere trabajar y el periodo de tiempo en el que puede ocurrir la pérdida de los activos financieros a los que se les quiera medir su riesgo. A partir de estos dos parámetros.

El VaR corresponde al cuantil asociado al nivel de confianza fijado, de la distribución de probabilidades de pérdidas y ganancias que puede tener el conjunto de activos, en un horizonte de tiempo dado, dadas las condiciones de incertidumbre que prevalecen en ese momento en el mercado.

Aunque la medida de VaR tiene buena aceptación, también tiene limitaciones. La principal limitación, es que el resultado obtenido depende estrechamente de la información que se utilizó para calibrar los modelos, y/o de la historia contemplada en el ejercicio. Así, se considera que el VaR es una buena medida de riesgo de pérdidas bajo “condiciones normales” de comportamiento de los mercados, pero falla significativamente en condiciones de crisis. El análisis de estrés busca subsanar esta deficiencia del VaR y consiste en valuar el portafolio considerando impactos de gran magnitud en el nivel de los factores de riesgo. Es un complemento al valor en riesgo debido a que se estima el valor de un portafolio bajo condiciones de mercado que no se consideran normales [BANXICO, 2005].

Concretamente, el VaR de una cartera se define como la máxima pérdida esperada debido a un movimiento adverso, dentro de un determinado intervalo de confianza, a lo largo de un determinado horizonte temporal. Por ejemplo, un típico informe del VaR indicaría que una determinada cartera tiene una probabilidad del 5 % de perder más de 10 millones de pesos en la próxima semana o mejor dicho; que hay un 95 % de probabilidad de perder a lo más 10 millones de pesos [Mascareñas Juan, 2008].

2.3.1. El nivel de confianza “ α ”

La elección del nivel de confianza dependerá de la funcionalidad del modelo y de la distribución de la probabilidad asumida. Se sugiere usar un nivel de confianza elevado (99 % o 99.5 %) dado que el regulador deseará mantener un sistema financiero sano. Para ello, la cantidad de fondos necesarios para cubrir su cartera deberá ser la que le brinde menos probabilidad de incumplimiento. Por otro lado, incluir el efecto adverso del requerimiento de capital de solvencia incentivará un manejo prudente en los movimientos de las reservas. Por lo tanto el nivel de confianza deberá reflejar el grado de aversión al riesgo y el costo de las pérdidas mayores; esa es la razón de utilizar un nivel de confianza elevado. Cabe resaltar que existen diferentes niveles de confianza válidos según la utilidad que se dé a la estimación del VaR. No existe un único nivel apropiado, por el contrario, es recomendable trabajar con distintos niveles para tener una visión más profunda de los riesgos asumidos por las inversiones realizadas.

2.3.2. Horizonte temporal “N”

Es el tiempo durante el cual queremos evaluar cuál será la máxima pérdida esperada de nuestra cartera dado un determinado nivel de confianza. Para fijar el horizonte de evaluación será necesario determinar el tiempo de liquidación de las obligaciones y el periodo durante el cual se espera mantener constante la composición de la cartera. El horizonte oscila usualmente entre un año, sin embargo pueden existir horizontes más largos, todo dependiendo la utilidad que se le quiera dar al VaR [Jorion, 1999].

2.4. Teoría de Valor Extremo (TVaR)

Por naturaleza el TVaR es una medida alternativa al VaR para cuantificar pérdidas que se pueden encontrar en las colas de las distribuciones. El TVaR añade al VaR la pérdida adicional esperada si se supera el límite especificado, por lo que también considera una distribución de cola pesada, por lo que el TVaR se puede definir como la pérdida esperada en una cartera en el “ α %” de los peores casos en un horizonte N. Es por tanto, el promedio de las pérdidas que exceden el VaR.

El uso del TVaR es complementario al VaR, esto es, mientras que el VaR controla el riesgo de mercado en las situaciones normales de mercado (99 % de los casos, si es ese el nivel de confianza elegido), el TVaR realiza la misma función en los casos extremos (el 0,05 % restante). Esta última resulta de gran utilidad para posiciones con distribuciones de colas gruesas y asimétricas, como la siniestralidad de una cartera de pólizas de seguros.

Algunas de las ventajas que presenta el utilizar el TVaR sobre el VaR son:

- Considera no solo la probabilidad de insolvencia, sino también la pérdida esperada.

- En ciertos ramos, las compañías de seguros de seguros están expuestas a soportar siniestros con un alto impacto. El VaR no contempla pérdidas más allá del umbral de confianza a la hora de dotar el capital, sin embargo, el TVaR si las contempla.
- TVaR es una medida sub-aditiva, lo que significa que las exigencias de capital por dos o más riesgos combinados es menor que las exigencias asociadas a cada uno por separado. Esta propiedad no se da con generalidad en el VaR, sobre todo cuando se trata de colas muy pesadas o de distribuciones muy asimétricas [Trujillo, 2010].

2.5. Requerimiento de Capital de Solvencia

De acuerdo con la ley establecida por la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, el Requerimiento de Capital de Solvencia, busca garantizar que la institución cuente con los recursos patrimoniales suficientes para hacer frente a los riesgos, responsabilidades y obligaciones futuras asumidas, en función de sus operaciones, inversiones y situaciones de carácter excepcional que pongan en riesgo su solvencia o estabilidad, derivadas tanto de la operación particular como de las condiciones de mercado.

El Requerimiento de Capital de Solvencia es el valor en riesgo de los fondos propios básicos, sujeto a una confianza de un 99.5 % (que la ruina se dé a lo más, una vez cada 200 años) a un periodo de un año. Debe calcularse bajo el supuesto de negocio en marcha y sólo abarca negocios en vigor.

En Solvencia II y en la LISF hay dos opciones para valorar el Requerimiento de Capital de Solvencia, ya sea usando la fórmula general o el modelo interno de cada compañía de seguros.

De acuerdo a esa ley, el Requerimiento de Capital de Solvencia puede ser entendido como la cantidad de capital en exceso de la reserva que es necesario para respaldar las obligaciones a un nivel de confianza del 99.5 %. Sin embargo veremos que esta definición y la manera en la que se describe con anterioridad, sólo es una pequeña parte y que está enfocada únicamente a la parte del riesgo técnico. Por lo que, a continuación trataremos de extender este concepto y considerar en él, cuatro principales tipos de riesgo:

- El riesgo técnico o de suscripción,
- El riesgo financiero o de mercado,
- El riesgo de contraparte, y;
- El riesgo operacional.

En la siguiente figura se muestra la distribución del RCS en el área técnica de una compañía de seguros.

Figura 2.5: **El RCS**

RCS			
RCS Básico			Riesgo Operativo
I. Riesgo de Suscripción	II. Riesgo de Mercado	III. Riesgo de Contraparte	
1. Vida			
2. Pensiones Privadas			
3. Accidentes y Enfermedades			
4. Salud			
5. Daños			

Fuente: Roberto Núñez Castro, Introducción a Solvencia II -Nicaragua, 2017.

El significado del Requerimiento de Capital de Solvencia puede ser entendido como la cantidad de capital en exceso de la reserva media que es necesario para respaldar las obligaciones a un nivel de confianza del 99.5 %.

2.6. Reservas técnicas

Algunas definiciones de reservas técnicas son:

Las reservas permiten determinar la capacidad de la entidad compañía de seguros para hacer frente a sus obligaciones actuales o futuras contraídas por los riesgos asumidos en el pasado y presente con efectos inmediatos futuros en virtud de su actividad y se constituyen como fuente principal para atender el pago de las mismas. Las reservas técnicas tienen una vital importancia dentro de la actividad compañía de seguros, ya que permiten a las compañías de seguros valorar su capacidad para afrontar las obligaciones actuales o futuras originadas por sus contratos de seguros [AMIS, 2010].

El propósito de la reserva de riesgos en cursos es cubrir el valor esperado de las obligaciones futuras derivadas del pago de siniestros, beneficios, valores garantizados, dividendos, gastos de adquisición y administración, así como cualquier otra obligación

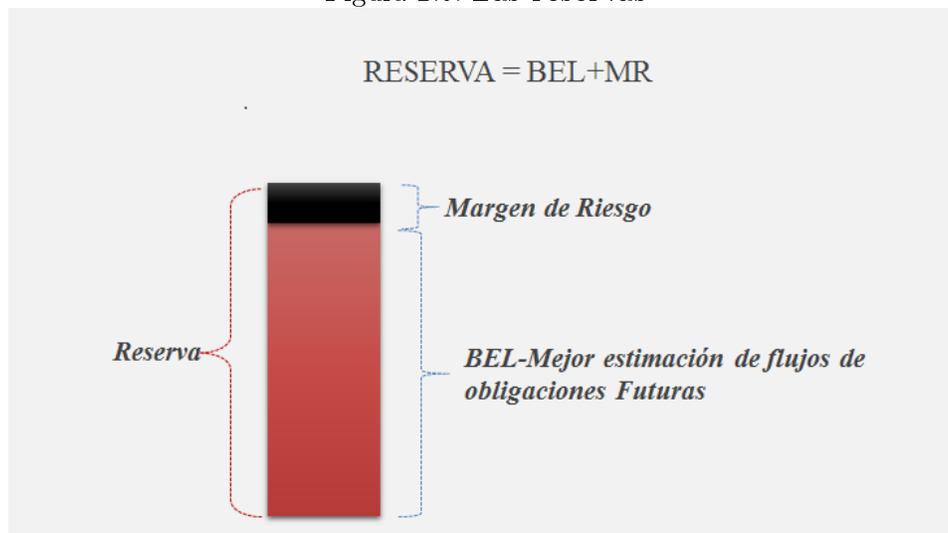
futura derivada de los contratos de seguro. En el caso de la reserva de obligaciones pendientes de cumplir, es cubrir el valor esperado de siniestros, beneficios, valores garantizados o dividendos, una vez ocurrida la eventualidad prevista en el contrato de seguro [Rodríguez Pardo, 2011].

El 4 de abril de 2013, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas (LISF), que entró en vigor a partir del 4 de abril de 2015 y que entre otros objetivos tiene el de integrar en un solo marco normativo las disposiciones aplicables en materia de seguros y de fianzas, dando uniformidad a las regulaciones que le son comunes, así como la de establecer un nuevo marco normativo que busca garantizar en todo momento que el asegurador disponga de los recursos financieros adecuados, en cantidad y calidad, para que pueda hacer frente a todos sus compromisos en la medida en que se le presenten sin riesgo significativo.

La LISF establece que el valor de las reservas técnicas será igual a la suma del mejor estimador y un margen de riesgo, valuados por separado. El Margen de Riesgo será el monto que, aunado a la mejor estimación, garantice que el monto de las reservas técnicas sea equivalente al que las instituciones de seguros requerirían para asumir y hacer frente a sus obligaciones.

La siguiente figura contempla la composición de las reserva.

Figura 2.6: Las reservas



Fuente: CNSF, Estudio de Impacto Cuantitativo (EIQ) -México, 2013.

2.6.1. Mejor Estimador (BEL)

El mejor estimador de acuerdo conforme a lo establecido en la fracción II del capítulo 5.1.3 de la CUSF, se define como: el valor esperado de los flujos futuros de obligaciones, entendido como la media ponderada por probabilidad de dichos flujos, considerando el valor temporal del dinero con base en las curvas de tasas de interés libres de riesgo de mercado para cada moneda o unidad monetaria proporcionadas por el proveedor de precios con el cual mantengan un contrato vigente de conformidad con lo establecido en el Capítulo 22.2 de las presentes Disposiciones a la fecha de valuación y apegándose a los criterios que se señalan en el Anexo 5.1.3-a. Las hipótesis y procedimientos con que se determinen los flujos futuros de obligaciones, con base en los cuales se obtendrá la mejor estimación, deberán ser definidos por la Institución de Seguros en el método propio que registre para el cálculo de la mejor estimación.

El mejor estimador es el valor actual esperado de los flujos futuros de dinero. Lo que busca es valorar de forma más precisa, con la información disponible en la fecha de valuación, el valor esperado de los compromisos de la compañía de seguros una vez reconocido el valor temporal del dinero. Por valor esperado, se entiende que es el valor esperado de la distribución de pérdidas relevante. Se trata de valuar el valor más probable que tendrán las reservas técnicas, para ello es necesario estimar cual será el valor presente de los flujos asociados a todas y cada una de las pólizas.

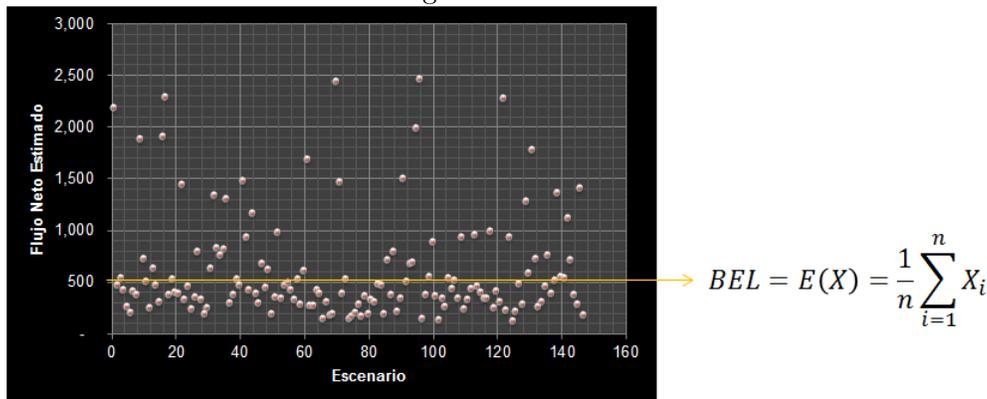
El cálculo del mejor estimador debe tener como base: información actual y con cierto grado de certeza, supuestos realistas y ser manejada usando métodos actuariales y técnicas estadísticas adecuadas. Las proyecciones de flujo de efectivo usadas en este cálculo

deben tomar en cuenta todos los flujos de efectivo de entrada y salida requeridos para saldar las obligaciones en el tiempo por lo que debe calcularse «bruto», es decir, sin reducción por los montos recuperables de contratos de seguro y vehículos de propósito específico [AMIS, 2010].

La proyección de flujos futuros utilizada en el cálculo de la mejor estimación, considerará la totalidad de los ingresos y egresos necesarios para hacer frente a las obligaciones de los contratos de seguro y reaseguro durante todo su periodo de vigencia, así como otras obligaciones que la compañía de seguros asuma con relación a los mismos. Este tipo de mediciones se les considera en el mercado como “valuaciones consistentes con mercado” [Rodríguez Pardo, 2011].

La siguiente figura muestra que el BEL es el valor medio de los flujos futuros bajo simulación de escenarios aleatorios.

Figura 2.7: BEL



Fuente: Armando Moreno, Towers Watson, Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas -México, 2013.

2.6.2. Margen de Riesgo (MR)

Se refiere al que cuantifica la incertidumbre asociada al compromiso, es decir, aquella cantidad con la que habría que compensar a una compañía de seguros por hacerse cargo del riesgo de la compañía de seguros. Dicha cantidad debe asegurar que el valor de la reserva técnica equivalga al monto que una empresa de seguros requeriría para asumir y cumplir con las obligaciones de seguro. La reserva debe ser calculada al determinar el costo de proveer el monto de fondos elegibles al Requerimiento de Capital de Solvencia, necesario para soportar las obligaciones durante toda la vida de los contratos.

El margen de riesgo debe cubrir los riesgos asociados a los flujos futuros de dinero de los pasivos a lo largo de todo el intervalo temporal. El Margen de Riesgo se calculará de forma que permita que las obligaciones contraídas sean transferidas o liquidadas. Con esto se protegen los intereses de los tomadores y se tiene en cuenta la incertidumbre asociada a la valoración del mejor estimador. Además, este margen debe garantizar por sí

mismo que tales capitales necesarios sean logrados en cualquier instante futuro y con esto garantizar el pago de todos los compromisos con una elevada probabilidad [*AMIS, 2010*].

El Margen de Riesgo se calculará al determinar el costo neto del capital correspondiente a los Fondos Propios Admisibles requeridos para respaldar, el Requerimiento de Capital de Solvencia, necesario para hacer frente a las obligaciones del seguro y reaseguro durante su período de vigencia. La tasa del costo neto de capital que se empleará para el cálculo del Margen de Riesgo, será igual a la tasa de interés adicional, en relación con la tasa de interés libre de riesgo de mercado, que una compañía de seguros necesitaría para cubrir el costo del capital exigido para mantener el importe de los Fondos Propios Admisibles que respalden el Requerimiento de Capital de Solvencia respectivo [*Rodríguez Pardo, 2011*].

Capítulo 3

Metodología

3.1. Desarrollo del VaR

Para determinar la eficiencia de un buen indicador de riesgo, Artzner et al. (1999) derivó cuatro propiedades deseables que debería cumplir una medida de riesgo para ser denominada coherente.

Un indicador del riesgo ρ debe cumplir con las siguientes propiedades.

Se dice que una medida de riesgo ρ es coherente si para las variables aleatorias $X, Y \in \mathcal{X}$ y $\alpha \in \mathbb{R}$ se cumple:

1. Homogeneidad positiva

$\rho(\alpha X) = \alpha \rho(X)$. Si se incrementa el valor del portafolio en α , el riesgo también debe aumentar en α .

2. Monotonicidad

Si $X \leq Y \Rightarrow \rho(X) \geq \rho(Y)$. Si el portafolio x tiene sistemáticamente menor retorno que el portafolio y , entonces su riesgo debe ser mayor.

3. Invarianza Transicional

$\rho(X + \alpha) = \rho(X) - \alpha$. Añadir efectivo por un monto α , debe reducir su riesgo en α .

4. Subaditividad

$\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$. La fusión de dos portafolios no debe incrementar el riesgo en conjunto.

Por lo tanto si ρ satisface las cuatro propiedades anteriores, se considerará como una medida de riesgo coherente.

Por su siglas en ingles Value at Risk., el VaR corresponde al nivel de pérdidas en la cartera que será excedido sólo el $(1 - \alpha)\%$ de las veces en promedio en un horizonte de

tiempo, para un nivel de confianza.

De manera formal, si X es la variable aleatoria asociada a las pérdidas incurridas, el VaR se define como:

$$VaR_\alpha = \inf \{x \in \mathbb{R} : P(X > x) \leq 1 - \alpha\} = F_X^{(-1)}(\alpha)$$

Donde $F_X^{(-1)}$ es la pseudo inversa de F_X la función de distribución acumulada asociada a la variable aleatoria X .

En términos probabilísticos, el VaR es un cuantil de la distribución de pérdidas y puede ser obtenido mediante la función cuantil $F_X^{(-1)}$, quizás sea la medida de riesgo más utilizada en la práctica, sin embargo, no siempre cumple la subaditividad.

El VaR incumple la última condición, mientras que el TVaR satisface las cuatro condiciones mencionadas.

Por ejemplo, si el valor de una cartera de seguros fuera de 100 millones de pesos y se estableciera como horizonte temporal una semana (días hábiles) y como nivel de confianza el 99 %, se deberían seguir los siguientes pasos para evaluar el VaR:

1. Valoración de la cartera de seguros a precios de mercado: en este caso, 100 millones de pesos.
2. Medición de la variabilidad del factor de riesgo analizado: en este caso, sería la oscilación media del precio o volatilidad, por ejemplo, 20 % anual.
3. Establecimiento del horizonte temporal: en este caso, una semana – 5 días hábiles – que puesto en forma anual corresponde a $5/255$ años, dado que 255 son las sesiones hábiles en el año.
4. Establecimiento del nivel de confianza: en este caso es el 99 % y, al suponer que los rendimientos siguen una distribución normal, entonces el límite buscado (de acuerdo a las tablas de la normal) será 2.33 veces la desviación típica.
5. Obtención del valor del VaR mediante la utilización de toda la información anterior. En este caso será (en millones de pesos):

$$VaR = 100 * 20 \% * \sqrt{\frac{5}{255}} * 2.33 = 6.52$$

Lo que significa que en una de cada cien sesiones de mercado, la cartera de seguros puede perder más de 6.52 millones de pesos.

Según Artzner et al (1999), el VaR no es una medida de riesgo coherente y en particular no es subaditiva, solo en el caso especial de contar con una distribución normalizada de los retornos. Sin embargo, se encontró que el TVaR medido como la esperanza de las pérdidas superiores al VaR, satisface todas las propiedades deseables en el sentido de Artzner.

3.2. Desarrollo del TVaR

Medida de riesgo también conocida como Expected Shortfall o Tail VaR que indica el valor esperado de la pérdida condicionada a que esta sea mayor que el VaR, [A. J. McNeil et al. 2005].

De manera formal, si X es la variable aleatoria asociada a las pérdidas incurridas, definimos al TVaR como,

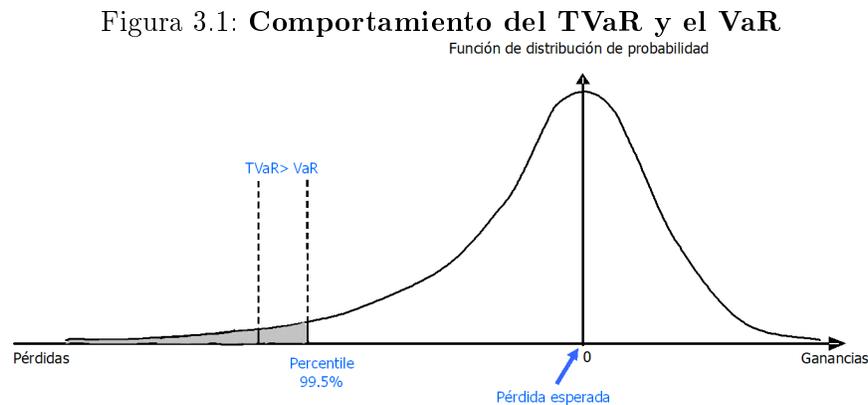
$$TVaR_\alpha = E(X|X > VaR_\alpha)$$

Entonces:

El TVaR tiene en cuenta los escenarios en los que las pérdidas han superado al VaR para un mismo nivel de confianza y con dichos valores calculamos el promedio. De igual manera, hay múltiples factores que involucran un manejo correcto de esta medida de riesgo, como por ejemplo:

- El periodo de evaluación del riesgo es a un año ya que es un estándar de mercado.
- La medida de riesgo es del 99.5 % TVaR.
- El 99.5 % TVaR son los valores esperados, a condición de que el monto de riesgo (pérdida) supere el 99.5 % TVaR.

La siguiente figura muestra los conceptos mencionados anteriormente, así como la apreciación del VaR y el TVaR.



Fuente: Elaboración propia a partir de la comparación de las medidas de riesgo

3.3. Desarrollo del RCS

Una compañía de seguros no sólo está expuesta al riesgo técnico, que es aquel que deriva directamente de la siniestralidad en la que incurren sus pólizas de seguros, sino que también está expuesta a muchos otros riesgos que podrían llevar a la compañía de

seguros a caer en insolvencia, es decir, podrían llevar a la compañía de seguros a un estado financiero en el cual no pudiera hacer frente a la totalidad de sus obligaciones con terceros; para evitar o más bien, para disminuir la probabilidad de que una compañía de seguros no sea solvente, se debe reconocer que otros riesgos que no provienen directamente de sus pólizas amenazan su salud financiera y encontrar la manera de evitar el riesgo, o al menos, lo que se busca hacer con el requerimiento de capital de solvencia, es contar con los fondos necesarios para enfrentar dichos riesgos una vez dada la ocurrencia.

A continuación se explica en qué consisten los principales tipos de riesgo a los que está expuesta una compañía de seguros y el impacto que pueden llegar a tener:

- El riesgo técnico o de suscripción, es aquel que proviene directamente de las pólizas y los riesgos que asume una compañía de seguros al momento de asegurar a una persona u objeto, la labor actuarial está enfocada en el correcto manejo, identificación, medición y cuantificación de todos los riesgos asumidos por la compañía de seguros a través de sus pólizas, es decir, son los especialistas del riesgo técnico. La mala medición de este riesgo puede tener consecuencias terribles para las compañías de seguros, ya que por ejemplo, si se hace mal el cálculo de la prima para un producto, podría generar grandes pérdidas técnicas para las compañías de seguros.
- El riesgo financiero o de mercado se deriva de las fluctuaciones de los mercados financieros y que tienen impacto en los tipos de interés, en el mercado de divisas e incluso sobre los activos tangibles como el riesgo de la depreciación. Este riesgo es muy importante ya que una mala inversión por parte de la compañía de seguros puede llevarla a perder grandes sumas de dinero, un cambio en la tasa de interés o en el tipo de cambio desfavorable también puede generar pérdidas para la compañía de seguros, además del riesgo constante de la depreciación y de falla de sus activos tangibles.
- El riesgo de contraparte, surge de la posibilidad de que el reasegurador quiebre o caiga en probabilidad de incumplimiento y no cubra su parte respectiva en los contratos y le genere a la compañía de seguros una pérdida inesperada. Esto puede ser muy severo, sobre todo en el caso de contratos de reaseguro facultativo por exceso de pérdida, donde se pueden generar pérdidas considerables.
- El riesgo operacional es probablemente el más peligroso y el más difícil de medir también, este riesgo surge como un imprevisto derivado directamente de la operación de la compañía de seguros. Algunos ejemplos de situaciones que representan este tipo de riesgo lo son: fraudes de los empleados, demandas, accidentes o errores en la tarificación y muchos otros; por lo cual, su rango es muy variable e incluso podría llegar a montos tan grandes que quiebren a la compañía de seguros.

Definido lo anterior, es precisamente el RCSol el monto que la compañía de seguros debe de tener para asegurar el cumplimiento de sus obligaciones a un nivel del 99.5 % de confianza (esto quiere decir que la probabilidad de fallo es de $1/200$), en otras palabras, es el capital que la compañía de seguros debe reunir para hacer frente a los gastos y pérdidas esperadas provenientes de los riesgos mencionados (técnico, financiero, de contraparte y

operacional).

Se tiene que ver, ¿cuál es la idea detrás del cálculo del RCSol global para la compañía de seguros?

Sean:

- X_{RT} : La variable aleatoria que denota las pérdidas correspondientes al riesgo técnico;
- X_{RF} : La variable aleatoria que denota las pérdidas correspondientes al riesgo financiero;
- X_{RC} : La variable aleatoria que denota las pérdidas correspondientes al riesgo de contraparte;
- X_{RO} : La variable aleatoria que denota las pérdidas correspondientes al riesgo operacional;

Entonces, al suponer que se pueden simular de alguna manera un gran número de escenarios de valores de cada una de estas variables aleatorias y así calcular la media y el cuantil al 99.5 % podríamos encontrar para cada tipo de riesgo k , que:

$$RCSol_k = VaR_{99.5\%}(X_k) - BEL(X_k)$$

Donde:

$BEL(X_k)$: Es el valor medio de la muestra de pérdidas del tipo de riesgo k ;

$VaR_{99.5\%}(X_k)$: Es el percentil al 99.5 % de la muestra de pérdidas del tipo de riesgo k ;

Sin embargo, como parte del análisis es importante enunciar la siguiente propiedad: Sean X_1, X_2, \dots, X_n variables aleatorias.

Entonces:

$$VaR(X_1 + X_2 + \dots + X_n) \leq VaR(X_1) + VaR(X_2) + \dots + VaR(X_n)$$

$$VaR\left(\sum_{i=1}^n X_i\right) \leq \sum_{i=1}^n VaR(X_i)$$

La pregunta inmediata debería de ser: ¿Se debe calcular el percentil al 99.5 % para cada uno de los riesgos y sumarlos o se deben de sumar las pérdidas y generar una nueva variable aleatoria y a esta nueva variable aleatoria calcularle el percentil al 99.5 %?

Es decir, si $X_{Total} = X_{RT} + X_{RF} + X_{RC} + X_{RO}$

Otra pregunta sería ¿Se debe proceder a calcular el $VaR(X_{Total})$ o calcular el $VaR(X_{RT}) + VaR(X_{RF}) + VaR(X_{RC}) + VaR(X_{RO})$?

Pues bien, todo depende de si se considera que las variables aleatorias en cuestión están correlacionadas o son absolutamente independientes. Aunque el medir la correlación entre estos 4 riesgos es muy complejo, por lo que si no se puede demostrar correlación entre ellos, por facilidad se toman como riesgos independientes. Cabe destacar, que se debe distinguir entre hechos que son coincidencias y hechos que muestran que dos eventos están correlacionados, es decir, se debe tener evidencia concreta y por lo mismo es muy difícil mostrar la correlación para estos riesgos.

Si se asume independencia entre los riesgos técnico, financiero, de contraparte y operativo, para encontrar el $RCSol$ para la compañía de seguros, se debe generar una muestra grande de simulaciones de la variable aleatoria X_{Total} sacar tanto su valor medio $BEL(X_{Total})$ como el percentil al 99.5 % $VaR_{99.5\%}(X_{Total})$ y calcularlo a través de la siguiente expresión:

$$RCSol = VaR_{99.5\%}(X_{Total}) - BEL(X_{Total})$$

A continuación se muestran unas propuestas sencillas con las cuales se podrían calcular o simular las variables aleatorias X_{RT} , X_{RF} , X_{RC} y X_{RO} .

En cuanto a la variable que modela las pérdidas X_{Total} , la regulación mexicana a través del método estatutario plasmado en la CUSF, define como se deberá hacer el cálculo y estimación de las obligaciones provenientes de toda la parte técnica dentro de la compañía de seguros.

En cuanto a la variable que modela las pérdidas financieras que se pudieran tener con un año de horizonte X_{RF} , se simulan escenarios que representen el valor de los activos dentro de 1 año, probablemente con ayuda de algún experto o con un proveedor de precios que proporcione las curvas de tasa de interés para hacer inversiones futuras y obtener rendimientos necesarios que ayuden a cubrir las obligaciones.

Llámesse RF_0 y RF_1 a las variables aleatorias que representan el valor de los activos al tiempo 0 y al tiempo 1 respectivamente.

Se definen las pérdidas financieras como: $X_{RF} = RF_0 - RF_1$

Entonces, al generar una muestra lo suficientemente grande de la variable AF_1 , se calcula la media y su percentil al 99.5 % además de la media y el percentil de X_{AF} con el cuál se calcula el RCS del ramo:

$$BEL(X_{RF}) = BEL(RF_0 - RF_1) = BEL(RF_0) - BEL(RF_1) = RF_0 - BEL(RF_1)$$

Observaciones:

- El valor medio, como el percentil de una constante RF_0 , es la constante misma.

- Por otro lado, si se acepta la independencia entre los riesgos bastará conservar la muestra de la variable aleatoria X_{AF} , la cual se genera después la muestra de la variable aleatoria X_{Total} .

En cuanto a X_{RC} , la variable que modela las pérdidas ocasionadas por falta de cumplimiento por parte del reasegurador puede definirse como:

$$X_{RC} = (X - X_{ret}) * (1 - Pr(d))$$

Donde:

$(X - X_{ret})$: Representa la parte de las obligaciones cedidas al reasegurador;

$Pr(d)$: Representa la probabilidad de “default”, es decir, la probabilidad de incumplimiento para cubrir la parte de las obligaciones que le fueron cedidas por la compañía de seguros;

Entonces, dada una cartera, si se tiene un número de N pólizas y se espera que de esas N pólizas ocurran n siniestros (con $n \leq N$), para cada una de esas n pólizas que conllevan una reclamación se tienen valores para X_{ret} y X , asociados a las obligaciones provenientes de cada una de estas pólizas que con probabilidad $Pr(d)$, entonces se generará una pérdida por riesgo de contraparte equivalente al monto $(X - X_{ret})$.

Al simular distintos escenarios donde lo que cambie sean las N pólizas que pueden presentar una reclamación y que para cada una de éstas se decida con probabilidad $Pr(d)$ si esa reclamación conlleva pérdida por riesgo de contraparte, equivalente al monto $(X - X_{ret})$, entonces al sumar sobre los valores simulados de esas pólizas que si presentaron pérdida por riesgo de contraparte se obtiene un valor para la variable aleatoria X_{RC} .

Al repetir este proceso un número lo suficientemente grande de veces, se obtiene una muestra considerable para modelar la variable aleatoria X_{RC} .

Finalmente, con respecto a la variable que modela las pérdidas correspondientes al riesgo operativo, X_{RO} , que es sin duda la más complicado de modelar (ya que tiene una gran varianza o no se tiene estadística al respecto o tampoco se puede estimar la probabilidad), como por ejemplo: el que un empleado haga un fraude o que reciba una demanda y que pierda, etc. El monto asociado a cada uno de esos eventos puede tomar un rango muy amplio de valores que con dificultad se pueden estimar. Basta con hacer de su conocimiento que para hacer frente a las pérdidas que correspondan a este riesgo se puede utilizar lo dispuesto en la CUSF en el capítulo 6.8.3, el cual utiliza el 30 % de las primas emitidas devengadas de todos los productos de seguros.

3.4. Riesgo de Reserva

3.4.1. Metodología Bootstrap para estimar el BEL

El método de Bootstrap fue desarrollado por Bradley Efron (1979). Básicamente, el método de Bootstrap es un método de muestreo computacionalmente intensivo con el que se busca aproximar la distribución muestral de alguna variable aleatoria que tiene como base los datos observados. En su forma más básica, el método de Bootstrap es como sigue:

Se tiene una muestra de datos x_1, x_2, \dots, x_n , donde los x_i son independientes y provienen de una distribución desconocida F , donde además se presume que dicha muestra es una representación significativa de la población de donde proviene. Se tiene además una variable aleatoria $R(X, F)$ que depende de X y de la distribución desconocida F . Entonces se puede realizar una muestra aleatoria de tamaño n con reemplazo de la muestra de datos, $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$, y a partir de esa muestra se puede calcular una observación de la variable aleatoria $R^*(X^*, \hat{F})$, donde \hat{F} es la distribución de probabilidad de la muestra, que se construyó de tipo uniforme. Finalmente, se realizan más muestras y se calculan más valores de R^* para estimar la distribución de $R(X, F)$. La cantidad de muestras a realizar depende de cada problema, pero se suele recomendar utilizar cuantas muestras sea capaz de realizar la computadora en la que se hace el ejercicio.

Aunque puede ahondarse más en el estudio de esta técnica, basta con esta exposición básica del método para los propósitos de este trabajo. Un estudio más detallado puede encontrarse en Efron (1979).

La utilidad de la técnica de bootstrapping es que permite aproximar la distribución de alguna estadística de los datos, por ejemplo la media, de una forma fácil y rápida. Además, no es necesario hacer una estimación paramétrica ni supuestos acerca de la distribución de los datos. Sin embargo, si se rompen los supuestos de que los datos sean independientes y provengan de la misma distribución, los resultados pueden no ser buenos, [CONAC, 2010].

Generalidades: El método Bootstrap es un método de re-muestreo que se usa para aproximar el sesgo o la varianza de un estadístico, así como para construir intervalos de confianza o realizar contrastes de hipótesis sobre parámetros de interés. Para aplicarlo es necesario obtener remuestras a partir de una muestra inicial. Para la estimación del capital para el riesgo de reserva es necesario construir dicha muestra inicial, lo cual se explicará en adelante como parte del análisis de este documento. Más adelante se ejemplifica la aplicación del método con un caso práctico mediante información estadística del mercado asegurador.

Se acomoda mediante un arreglo matricial que indique el periodo de origen i y el periodo de desarrollo j , de las primas y siniestros conforme a lo establecido en el anexo 5.3.2 de la CUSF:

- Periodo de origen:
 - Periodo anual al cual pertenece la fecha de ocurrencia del siniestro.
- Se entenderá como año de desarrollo lo siguiente:
 - En el caso de siniestros y sus respectivos gastos de ajuste, el periodo de desarrollo en que deben clasificarse, será la diferencia entre el periodo en que se registraron contablemente y el periodo en que ocurrió la reclamación correspondiente.
 - En el caso de ajustes, el periodo de desarrollo en que deben clasificarse, será la diferencia entre el periodo en que se registraron contablemente y el periodo en que ocurrió el siniestro del cual provienen.
- Las primas se clasificarán conforme a los siguientes criterios:
 - Deberán clasificarse por periodo de origen.
 - La prima que deberá clasificarse en cada uno de los años de origen, será la prima devengada en cada uno de esos años.
- Los siniestros, ajustes y gastos de ajuste del siniestro que se deberán clasificar, serán los que cumplan con lo siguiente:
 - En el caso de siniestros, se clasificarán siempre que, al ocurrir en un determinado periodo, se registren contablemente en un periodo posterior al periodo en que ocurrieron.

El acomodo de la información queda conforme al siguiente formato:

Cuadro 3.1: Arreglo matricial

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1					
PE_2	2					
⋮	⋮					
⋮	⋮					
PE_{n-1}	n-1					
PE_n	n					

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap.

Para realizar el acomodo de la matriz que contiene la distribución de la siniestralidad y primas, se realiza una serie de pasos que se detallan a continuación:

PASO 1

Sea n el número de periodos anuales considerados en el estudio. Se construye el vector de primas emitidas y la matriz de siniestros ocurridos acomodados de forma matricial (matriz 1) por año de origen y periodo de desarrollo de la siguiente forma:

Cuadro 3.2: **Matriz 1, siniestralidad ocurrida $S_{i,j}$**

Prima Emitida	Año de Origen	Périodo de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1	$S_{1,0}$	$S_{1,1}$	.....	$S_{1,m-1}$	$S_{1,m}$
PE_2	2	$S_{2,0}$	$S_{2,1}$	.....	$S_{2,m-1}$	
⋮	⋮	⋮	⋮		
PE_{n-1}	n-1	$S_{n-1,0}$	$S_{n-1,1}$	.....	
PE_n	n	$S_{n,0}$				

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

Dado el cuadro anterior definimos lo siguiente:

- i : Es el periodo de origen con $i = 1, 2, \dots, n$
- j : Es el periodo de desarrollo $j = 0, 1, \dots, m$ donde $m = n - 1$
- PE_i : Es la prima emitida en el año i ;
- $S_{i,j}$: Es el monto asociado a los siniestros que se originó en el año i y se reclamó en el periodo j ;

PASO 2

Se construye la matriz de siniestralidad acumulada original (matriz 2), a partir de las reclamaciones, dividendos y ajustes originales, la cual se define como sigue:

$$Sacum_{i,j} = \sum_{j=0}^{m-i} S_{i,j}$$

Donde:

- $Sacum_{i,j}$: Montos acumulados de las reclamaciones, dividendos y ajustes del periodo de desarrollo j , provenientes del periodo de origen i ;

Cuadro 3.3: Matriz 2, siniestralidad acumulada $Sacum_{i,j}$

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1	$Sacum_{1,0}$	$Sacum_{1,1}$	.....	$Sacum_{1,m-1}$	$Sacum_{1,m}$
PE_2	2	$Sacum_{2,0}$	$Sacum_{2,1}$	.....	$Sacum_{2,m-1}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
PE_{n-1}	n-1	$Sacum_{n-1,0}$	$Sacum_{n-1,1}$			
PE_n	n	$Sacum_{n,0}$				

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

PASO 3

A partir de la matriz 2 se obtiene el factor de crecimiento sobre la siniestralidad acumulada por período de origen i y período de desarrollo j ;

$$f_j^{crec} = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} Sacum_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n-j} Sacum_{i,j-1}}$$

Cuadro 3.4: Vector 1, factores de crecimiento en siniestralidad acumulada f_j^{crec}

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1	$Sacum_{1,0}$	$Sacum_{1,1}$	.....	$Sacum_{1,m-1}$	$Sacum_{1,m}$
PE_2	2	$Sacum_{2,0}$	$Sacum_{2,1}$	.....	$Sacum_{2,m-1}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
PE_{n-1}	n-1	$Sacum_{n-1,0}$	$Sacum_{n-1,1}$			
PE_n	n	$Sacum_{n,0}$				

f_1^{crec}	f_{m-1}^{crec}	f_m^{crec}
--------------	-------	------------------	--------------

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

PASO 4

Mediante el uso del vector que se construyó en el paso anterior y la matriz de siniestralidad acumulada (Matriz 2) se genera la matriz de siniestralidad acumulada ajustada (matriz 3), al definir cada monto de reclamaciones acumuladas como:

$$Sacum_{i,j}^{ajust} = \begin{cases} Sacum_{i,j} & i = n - j \\ \frac{S_{i,j}}{f_j^{crec}} & i < n - j \end{cases}$$

Cuadro 3.5: Matriz 3, siniestralidad acumulada ajustada $Sacum_{i,j}^{ajust}$

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1	$Sacum_{1,0}^{ajust}$	$Sacum_{1,1}^{ajust}$	.....	$Sacum_{1,m-1}^{ajust}$	$Sacum_{1,m}^{ajust}$
PE_2	2	$Sacum_{2,0}^{ajust}$	$Sacum_{2,1}^{ajust}$	.....	$Sacum_{2,m-1}^{ajust}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
PE_{n-1}	n-1	$Sacum_{n-1,0}^{ajust}$	$Sacum_{n-1,1}^{ajust}$			
PE_n	n	$Sacum_{n,0}^{ajust}$				

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

Paso 5

Se obtienen de la matriz 4 de siniestralidad ajustada, mediante los montos de siniestralidad acumulada ajustada como sigue:

$$S_{i,j}^{ajust} = \begin{cases} Sacum_{i,j}^{ajust} & j = 0 \\ Sacum_{i,j}^{ajust} - Sacum_{i,j-1}^{ajust} & j \neq 1 \end{cases} \quad e \quad i < n - j$$

Cuadro 3.6: Matriz 4, siniestralidad ajustada $S_{i,j}^{ajust}$

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1	$S_{1,0}^{ajust}$	$S_{1,1}^{ajust}$	.....	$S_{1,m-1}^{ajust}$	$S_{1,m}^{ajust}$
PE_2	2	$S_{2,0}^{ajust}$	$S_{2,1}^{ajust}$	.....	$S_{2,m-1}^{ajust}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
PE_{n-1}	n-1	$S_{n-1,0}^{ajust}$	$S_{n-1,1}^{ajust}$			
PE_n	n	$S_{n,0}^{ajust}$				

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

Paso 6

Se realiza un proceso de re-muestreo aleatorio simple con la función random que corresponde a la función que devuelve con probabilidad uniforme en el intervalo $[1, n - j]$ el monto asociado a dicho período de origen y desarrollo la cual renombramos como:

$$R_{i,j} = Random(S_{i,n-j}^{ajust}).$$

Cuadro 3.7: Matriz 5, Bootstrap de siniestralidad ajustada $R_{i,j}$

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1	$R_{1,0}$	$R_{1,1}$	.....	$R_{1,m-1}$	$R_{1,m}$
PE_2	2	$R_{1,0}^{ajust}$	$R_{2,1}$	.....	$R_{2,m-1}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
PE_{n-1}	n-1	$R_{n-1,0}$	$R_{n-1,1}$			
PE_n	n	$R_{n,0}$				

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

Paso 7

A partir de la matriz Bootstrap de siniestralidad ajustada, se acumulan los montos como sigue:

$$R_{acum_{i,j}} = \sum_{j=0}^{m-i} R_{i,j}$$

Cuadro 3.8: Matriz 6, Bootstrap de siniestralidad ajustada acumulada $R_{acum_{i,j}}$

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1	$R_{acum_{1,0}}$	$R_{acum_{1,1}}$	.....	$R_{acum_{1,m-1}}$	$R_{acum_{1,m}}$
PE_2	2	$R_{acum_{2,0}}$	$R_{acum_{2,1}}$	.....	$R_{acum_{2,m-1}}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
PE_{n-1}	n-1	$R_{acum_{n-1,0}}$	$R_{acum_{n-1,1}}$			
PE_n	n	$R_{acum_{n,0}}$				

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

Paso 8

Se vuelven a calcular los factores de crecimiento pero ahora sobre la matriz 6 por período de origen i y período de desarrollo j;

$$fR_j^{crec} = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} Racum_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n-j} Racum_{i,j-1}}$$

Cuadro 3.9: Vector 2, factores de crecimiento en la matriz Bootstrap de siniestralidad ajustada acumulada fR_j^{crec}

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1	$Racum_{1,0}$	$Racum_{1,1}$	.....	$Racum_{1,m-1}$	$Racum_{1,m}$
PE_2	2	$Racum_{2,0}$	$Racum_{2,1}$	.....	$Racum_{2,m-1}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
PE_{n-1}	n-1	$Racum_{n-1,0}$	$Racum_{n-1,1}$			
PE_n	n	$Racum_{n,0}$				
		fR_1^{crec}		.....	fR_{m-1}^{crec} fR_m^{crec}	

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

Paso 9

Al usar el Vector 2 y la matriz 6 del paso anterior, se genera la Matriz 7 de siniestralidad acumulada futura, definida como:

$$SAF_{i,j} = \begin{cases} Racum_{i,j-1} * fR_j^{crec} & i + j = n + 1 \\ SAF_{i,j-1} * fR_j^{crec} & i + j > n + 1 \end{cases}$$

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1					
PE_2	2					$SAF_{2,m}$
⋮	⋮					⋮
PE_{n-1}	n-1				$SAF_{n-1,m-1}$	$SAF_{n-1,m}$
PE_n	n	$SAF_{n,1}$			$SAF_{n,m-1}$	$SAF_{n,m}$

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

Paso 10

A partir de las matrices 6 y 7, se genera la matriz 8 de siniestralidad última acumulada mediante:

$$SU_{acum_{i,j}} = \begin{cases} Racum_{i,j-1} & i + j \leq n + 1 \\ SAF_{i,j} & i + j > n + 1 \end{cases}$$

Cuadro 3.10: Matriz 8, siniestralidad última acumulada $SU_{acum_{i,j}}$

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1	$SU_{acum_{1,0}}$	$SU_{acum_{1,1}}$	.....	$SU_{acum_{1,m-1}}$	$SU_{acum_{1,m}}$
PE_2	2	$SU_{acum_{2,0}}$	$SU_{acum_{2,1}}$	.....	$SU_{acum_{2,m-1}}$	$SU_{acum_{2,m}}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
PE_{n-1}	n-1	$SU_{acum_{n-1,0}}$	$SU_{acum_{n-1,1}}$	.....	$SU_{acum_{n-1,m-1}}$	$SU_{acum_{n-1,m}}$
PE_n	n	$SU_{acum_{n,0}}$	$SU_{acum_{n,1}}$	.....	$SU_{acum_{n,m-1}}$	$SU_{acum_{n,m}}$

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

PASO 11

Se obtiene la matriz 9 de siniestralidad futura sin acumular siniestros, como sigue:

$$SU_{i,j} = \begin{cases} SU_{acum_{i,j}} - SU_{acum_{i,j-1}} & j > 0 \\ SU_{acum_{i,j}} & j = 0 \end{cases}$$

Cuadro 3.11: Matriz 9, siniestralidad Última $SU_{i,j}$

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo				
		0	1	.....	m-1	m
PE_1	1	$SU_{1,0}$	$SU_{1,1}$	.....	$SU_{1,m-1}$	$SU_{1,m}$
PE_2	2	$SU_{2,0}$	$SU_{2,1}$	.....	$SU_{2,m-1}$	$SU_{2,m}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
PE_{n-1}	n-1	$SU_{n-1,0}$	$SU_{n-1,1}$	.....	$SU_{n-1,m-1}$	$SU_{n-1,m}$
PE_n	n	$SU_{n,0}$	$SU_{n,1}$	.....	$SU_{n,m-1}$	$SU_{n,m}$

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

Finalmente, se obtiene el monto de siniestralidad total $ST_i = \sum_j SU_{i,j}$ para cada año de origen i , al hacer la suma de toda la parte horizontal de nuestra matriz. Además se obtiene el índice de siniestralidad última $FS_i = \frac{ST_i}{PE_i}$, como se muestra a continuación:

Cuadro 3.12: Cálculo de ST y el FS

Prima Emitida	Año de Origen	Período de Desarrollo					ST	FS
		0	1	.....	m-1	m		
PE_1	1	$SU_{1,0}$	$SU_{1,1}$	.....	$SU_{1,m-1}$	$SU_{1,m}$	ST_1	FS_1
PE_2	2	$SU_{2,0}$	$SU_{2,1}$	.....	$SU_{2,m-1}$	$SU_{2,m}$	ST_2	FS_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
PE_{n-1}	n-1	$SU_{n-1,0}$	$SU_{n-1,1}$	.....	$SU_{n-1,m-1}$	$SU_{n-1,m}$	ST_{n-1}	FS_{n-1}
PE_n	n	$SU_{n,0}$	$SU_{n,1}$	.....	$SU_{n,m-1}$	$SU_{n,m}$	ST_n	FS_n

Fuente: Elaboración propia a partir de la descripción de la metodología Bootstrap

Se simulan tanto el Índice de Siniestralidad Última FS_i como el Monto de Siniestralidad Total ST_i para obtener N valores de siniestralidad futura esperada y obtener $N * n$ valores del índice de siniestralidad, al cual posteriormente le nombraremos BEL.

$$FS_{BEL} = \frac{1}{N * n} \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^n FS_{i,k}$$

$$Mto_{BEL} = \frac{1}{N * n} \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^n ST_{i,k}$$

Para este caso, el número de simulaciones considerados son $N = 10,000$.

3.4.2. Desarrollo del MR

El Margen de Riesgo se define como el costo del capital regulatorio, por encima de la tasa libre de riesgo que implica mantener dicho capital a lo largo de la vida de las obligaciones. En otras palabras, el MR se interpreta como una “ganancia”, en el sentido de que ninguna compañía de seguros querría aceptar el riesgo. Lo cual además tiene sentido, pues en Solvencia II todo debe estar valuado a valor de mercado.

Por lo anterior, una primera definición matemática del Margen de Riesgo es la siguiente:

$$MR = \sum_{t=1}^{T-1} v^{t-1} * (r_t - i_t) * RCSo_t$$

Donde:

- T : Es el periodo de Runoff (tiempo que duran las obligaciones);
- r_t : Es la tasa de rendimiento sobre el capital;
- i_t : Es la tasa libre de riesgo;

$v^{t-1} = \frac{1}{(1+i_{t-1})^{t-1}}$: Es el valor presente actuarial;

$RCSol_t$: Es el Requerimiento de Capital de Solvencia al tiempo t ;

Es importante aclarar que la normativa de Solvencia II limitó a r_t de tal manera que la diferencia (spread), $(r_t - i_t)$ sea constante. En México la Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas determinó el valor de $(r_t - i_t) = 10\%$ de forma anual.

Por lo que la fórmula anterior es equivalente a:

$$MR = \sum_{t=1}^{T-1} v^{t-1} * (0.10) * RCSol_t$$

Nótese que en la fórmula anterior sólo es posible conocer el $RCSol_1$ (requerimiento de capital al tiempo uno) y esto representa un impedimento para realizar el cálculo.

Para resolver dicho problema basta con razonar la manera en la que el requerimiento de capital disminuye con el paso del tiempo, ya que es “proporcional” a la magnitud en que disminuyen las obligaciones futuras, es decir, mientras menores sean nuestras obligaciones futuras, menor monto de capital regulatorio será requerido para respaldarlas.

Definimos las obligaciones futuras al tiempo t , $ObFu(t)$, como:

$$\begin{aligned} ObFu(1) &= \sum_{t=1}^{T-1} v^{t-1} * F_1 = v^0 * F_0 + v^1 * F_1 + \dots + v^{T-1} * F_{T-1} \\ ObFu(2) &= \sum_{t=2}^{T-1} v^{t-1} * F_2 = v^1 * F_1 + v^2 * F_2 + \dots + v^{T-1} * F_{T-1} \\ &\vdots \\ ObFu(t) &= \sum_{t=k}^{T-1} v^{k-1} * F_k = v^{k-1} * F_k + v^k * F_{k+1} + \dots + v^{T-1} * F_{T-1} \end{aligned}$$

Donde F_k son los flujos netos al tiempo k .

Para calcular la proporción de obligaciones que quedan por pagar al tiempo t respecto a las obligaciones iniciales en el tiempo 1, entonces se define:

$$\Delta RCS_t \approx \frac{ObFu(t)}{ObFu(1)}$$

como $ObFu(1) > ObFu(t)$ para toda $t \geq 1$

$$\frac{\sum_{t=k}^{T-1} f(k)}{\sum_{t=1}^{T-1} f(k)} = F(t)$$

Es decir, se calcula la función de supervivencia, $F(t)$, para las obligaciones futuras a un tiempo t (a cada uno de estos valores también se les conoce como Factores de Run Off).

Finalmente se realizan las modificaciones correspondientes, y se tiene:

$$MR = (0.10) * RC Sol_1 \sum_{t=1}^{T-1} v^{t-1} * F(t)$$

Al definir la Duración como:

$$DU = \sum_{t=1}^{T-1} v^{t-1} * F(t)$$

y sustituir en la fórmula anterior, se tiene:

$$MR = (0.10) * RC Sol_1 * DU$$

Por lo que, con esta última expresión, también se entiende al Margen de Riesgo como una esperanza ponderada del tiempo de vida de las obligaciones de la compañía de seguros.

Una manera alternativa de calcular el Margen de Riesgo es:

$$MR = \sum_{t=1}^{T-1} v^{t-1} * (r_t - i_t) * (VaR(X_t) - E(X_t))$$

Donde:

$VaR(X_t)$: Es el percentil del 99.5 % para cada variable aleatoria X_t ;

$E(X_t)$: Es el valor esperado para cada variable aleatoria X_t ;

X_t : Representa las obligaciones futuras al tiempo t ;

Cabe mencionar que, al hacer la simulación de una cantidad considerable de valores de las X_t , se calcula el valor esperado y el percentil al 99.5 % de confianza de la misma.

Esta manera de calcular el Margen de Riesgo debería ser más exacta que el presentado inicialmente en este trabajo, sin embargo, puede salir un monto mayor, ya que al usar las marginales X_1, X_2, \dots, X_t en lugar de la conjunta puede suceder que:

$$VaR(X_1 + X_2 + \dots + X_t) \leq \sum_{i=1}^t VaR(X_i)$$

3.5. Reserva de Riesgos en Curso

Bajo el nuevo esquema regulatorio establecido para las compañías de seguros en México, que entró en vigor el 4 de abril del 2015, conocido como Solvencia II, cada compañía de seguros deberá de crear, en caso de ser posible, un modelo propio que mejor represente su experiencia, riesgos y particularidades para el cálculo de los distintos tipos de reserva que respalden las obligaciones futuras de la compañía de seguros. En este contexto debe de entenderse por reserva al tiempo t , como el monto esperado de las obligaciones futuras de la compañía de seguros valuadas al tiempo t .

En caso de no emplear un modelo propio para estimar el valor esperado de las obligaciones futuras, se deberá utilizar el modelo regulatorio para la constitución de la reserva, en el cual se propone al mejor estimador de las obligaciones futuras esperadas de la compañía de seguros.

Teniendo en cuenta la temporalidad de las reservas técnicas y el flujo de las obligaciones que se tienen con cada una de éstas, sólo se abordará la Reserva de Riesgos en Curso con temporalidad menor o igual a un año.

3.5.1. RRC a corto plazo

Las Reservas a corto plazo es la cantidad de dinero que la compañía de seguros debe tener para cubrir el valor esperado de las obligaciones futuras más un margen de riesgo, es decir:

$$RRC = E[X] + MR$$

Donde

$E[X]$: Representa el valor esperado de las obligaciones futuras de cada una de las pólizas en vigor teniendo en cuenta la tasa libre de riesgo;

MR : Es el Margen de Riesgo;

Entonces, teniendo en cuenta lo anterior, se determinará la Reserva de Riesgos en Curso (RRC) como el monto que se obtenga de multiplicar la prima de tarifa no devengada de cada póliza p en vigor por el índice de siniestralidad última total (FS_{BEL}^{RRC}), más el porcentaje de gastos de administración aplicable a la cartera.

$$RRC = \sum_{p=1}^n PTND_p * (FS_{BEL}^{RRC} + \alpha_p) + MR$$

Entonces:

$$PTND_p = PT_p * fndv_p$$

Donde:

$PTND_p$: Prima de tarifa no devengada de la póliza p , para pólizas en vigor al momento de la valuación;

PT_p : Prima de tarifa de la póliza p ;

$fndv_p$: Factor de prima no devengada de la póliza p a la fecha de valuación:

$$fndv_p = \frac{F_{tv} - F_{val}}{F_{tv} - F_{iv}}$$

F_{iv} : Fecha de Inicio de vigencia de la póliza;

F_{tv} : Fecha de término de vigencia de la póliza;

F_{val} : Fecha de valuación;

FS_{BEL}^{RRC} : Es el índice de siniestralidad última de la reserva de riesgos en curso del ramo de automóviles a corto plazo;

αp : Es el porcentaje de gastos de administración de la póliza p , calculados como el máximo entre los gastos de administración del mercado¹ y los gastos de administración de la compañía de seguros $\alpha p = \text{Máx}(\alpha_{mcd}, \alpha_{cia})$;

n : Es el número total de pólizas en vigor de la cartera de automóviles a corto plazo de la compañía de seguros a la fecha de valuación;

3.5.2. BEL para la RRC

Con base en la estadística de índices de siniestralidad última, se determinará la mejor estimación de dichos índices como:

$$FS_{BEL}^{RRC} = \frac{1}{N * n} \left(\sum_{k=1}^N FS_1^k + \sum_{k=1}^N FS_2^k + \dots + \sum_{k=1}^N FS_n^k \right)$$

Donde:

N : Es el número de escenarios simulados;

n : Es el número de años de origen considerados en la simulación;

k : Se refiere a cada uno de los escenarios simulados;

FS_i^k : Es el valor del índice de siniestralidad última obtenido en cada escenario k , para el año de origen i ;

¹El factor de mercado de gastos se ubica en el archivo FS_RRC_Mercado.xls en la siguiente ruta: <https://www.cnsf.gob.mx/EntidadesSupervisadas/InstitucionesSociedadesMutualistas/Paginas/ReservasTecnicasSectorAsegurador.aspx?RootFolder=/EntidadesSupervisadas/InstitucionesSociedadesMutualistas/Reservas+Tecnicas+Sector+Asegurador/%C3%8Dndices+de+reclamaciones+de+mercado&FolderCTID=&View=%7BE61DBC7F7-2AA4-4E17-A4FC-E38952C9D6A8%7D>

3.5.3. MR para la RRC

El margen de riesgo será el monto que, aunado al mejor estimador, garantice que el monto de las reservas técnicas sea equivalente al que la compañía de seguros requiera para asumir y hacer frente a sus obligaciones.

Se estimará el monto retenido de la desviación de la siniestralidad última de la reserva de riesgos en curso de automóviles a corto plazo D_{RRC} , para cada póliza p como:

$$D_{RRC} = \sum_{p=1}^n (PTND_p * (FS_{99.5\%}^{RRC} - FS_{BEL}^{RRC}) * FR_p^{RRC})$$

Donde:

$FS_{99.5\%}^{RRC}$: Es el percentil al 99.5 % de la estadística de índices de siniestralidad última de la Reserva de Riesgos en Curso de automóviles a corto plazo;

FR_p^{RRC} : Es el porcentaje de retención de la póliza p ;

$$FR_p^{RRC} = 1 - \sum_{k=1}^x RC_{p,k}$$

$RC_{p,k}$: Es el porcentaje cedido de la prima emitida de la póliza p al reasegurador k ;

Definimos también la base de capital BC_{RRC} de la siguiente manera:

$$BC_{RRC} = \frac{D_{RRC,j}}{\sum_j D_{RRC,j} + \sum_j D_{RRC,j}^{LP} + \sum_j D_{SONR,j}} * RCSol$$

Donde:

$D_{RRC,j}$: Es el monto correspondiente al valor estimado de la desviación de las obligaciones futuras asociadas a la reserva de riesgos en curso a corto plazo del ramo o tipo de seguro j ;

$D_{SONR,j}$: Es el monto correspondiente al valor estimado de la desviación de las obligaciones futuras asociadas a la reserva para obligaciones pendientes de cumplir por siniestros ocurridos pero no reportados, así como sus gastos de ajuste, salvamentos y recuperaciones del ramo o tipo de seguro j ;

$D_{RRC,j}^{LP}$: Es el monto correspondiente al valor estimado de la desviación de las obligaciones futuras asociada a la reserva de riesgos en curso del ramo o tipo de seguro j de largo plazo;

RCS : Es el Requerimiento de Capital de Solvencia;

Sea DU_{RRC} la duración de la Reserva de Riesgos en Curso, que representa el plazo estimado en el cual se extinguirán los flujos de las obligaciones, misma que se obtendrá de la estadística de mercado proporcionada por la CNSF o en su caso se usará la estadística propia de la compañía de seguros.

$$DU_{RRC} = \sum_{t=1}^{n-1} v^{t-1} * F_{RRC}(t)$$

Donde:

v^t : Es el valor presente actuarial;

$F_{RRC}(t)$: es una estimación de la proporción de obligaciones que se espera se mantengan en persistencia hasta el año t , como parte de las obligaciones;

Por lo tanto, el Margen de Riesgo será determinado por:

$$MR = R * BC_{RRC} * DU_{RRC}$$

Donde:

R : Es la tasa del costo neto de capital equivalente al 10 %;

BC_{RRC} : Es la Base de Capital de la Reserva de Riesgos en Curso de automóviles a corto plazo;

DU_{RRC} : Es la Duración de la Reserva de Riesgos en Curso de automóviles a corto plazo;

Capítulo 4

Aplicación práctica

4.1. Estadística utilizada en el ejemplo

4.1.1. Para el cálculo de la reserva

Para la construcción del ejemplo, se utilizará información de mercado. De acuerdo con la estadística de las compañías de seguros que operan en México, se utilizarán las notas de revelación y estados financieros que están publicadas en la página electrónica de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas de 3 compañías de seguros.

Cuadro 4.1: **Matriz de Quálitas, compañía de Seguros, S.A. de C.V.**
(cantidades en millones de pesos)

Sinistros registrados brutos en cada periodo de desarrollo										
Año	Prima	0	1	2	3	4	5	6	7	
2009	8,820.59	4,229.13	2,667.87	264.37	80.66	20.76	18.82	6.85	18.52	
2010	9,790.20	3,524.07	3,336.40	162.42	22.26	27.05	0.55	1.78		
2011	11,236.54	3,354.53	3,175.83	316.34	76.84	33.64	1.18			
2012	13,495.03	3,703.31	3,490.33	366.23	139.17	79.16				
2013	14,954.23	4,302.24	4,325.45	552.30	204.58					
2014	17,048.99	4,796.36	4,404.89	560.80						
2015	19,168.13	5,722.23	5,248.70							
2016	28,722.81	7,750.74								

Fuente: Reporte sobre Solvencia y Condición Financiera. RSCF 2016, Administración Integral de Riesgos.

La dirección en la cual se puede encontrar la información descrita en el triángulo de arriba para Quálitas compañía de Seguros, S.A. de C.V., se encuentra en el Reporte sobre la Solvencia y Condición Financiera 2016, cuya liga de acceso es:

http://qinversionistas.qualitas.com.mx/portal/wp-content/uploads/RSCF_v02-Final-.pdf

Cuadro 4.2: Matriz de AXA Seguros, S.A. de C.V.

(cantidades en millones de pesos)

Siniestros registrados brutos en cada periodo de desarrollo									
Año	Prima	0	1	2	3	4	5	6	7
2009	8,074.12	6,875.34	- 156.55	74.26	19.74	3.33	3.32	2.25	- 0.01
2010	8,767.87	7,054.88	61.47	68.56	12.49	5.93	1.38	0.58	
2011	10,207.71	8,074.83	109.31	59.76	20.09	9.70	1.23		
2012	10,912.18	8,220.20	625.80	108.85	22.65	4.86			
2013	10,759.54	8,272.99	632.97	97.60	15.17				
2014	9,859.69	7,735.71	621.41	46.39					
2015	8,907.34	6,883.06	354.31						
2016	9,020.22	3,345.17							

Fuente: Reporte sobre la Solvencia y Condición Financiera 2016

La dirección en la cual se puede encontrar la información descrita en el triángulo de arriba para AXA Seguros, S.A. de C.V., se encuentra en el Reporte sobre la Solvencia y Condición Financiera 2016, cuya liga de acceso es:

https://axa.mx/documents/20253/344241/2016_AXA+Seguros_Reporte+Sobre+la+Solvencia+y+Condici%C3%B3n+Financiera/c14ddcf3-225a-4dd5-b629-5e495f27d765

Cuadro 4.3: Matriz de ABA Seguros, S.A. de C.V.

(cantidades en millones de pesos)

Siniestros registrados brutos en cada periodo de desarrollo									
Año	Prima	0	1	2	3	4	5	6	7
2009	4,648.33	2,995.56	- 357.92	- 82.98	- 8.65	- 3.62	- 2.72	- 0.82	- 0.45
2010	4,133.21	3,397.58	- 419.40	- 78.69	- 12.74	- 5.62	- 2.03	- 1.14	
2011	4,407.41	3,173.85	- 411.21	- 68.05	- 10.89	- 4.62	0.50		
2012	4,513.41	2,962.75	- 366.89	- 55.14	- 6.67	- 1.61			
2013	4,860.91	3,162.63	- 367.64	- 81.05	0.60				
2014	5,025.61	3,118.51	- 365.74	- 34.11					
2015	6,010.40	3,251.46	- 225.07						
2016	7,076.45	2,042.90							

Fuente: Reporte sobre la Solvencia y Condición Financiera Por el ejercicio que terminó el 31 de Diciembre de 2016

La dirección en la cual se puede encontrar la información descrita en el triángulo de arriba para ABA Seguros, S.A. de C.V., se encuentra en el Reporte sobre la Solvencia y Condición Financiera 2016, es cuya liga de acceso es:

https://www.chubb.com/mx-es/_assets/documents/reporte-solvencia-y-condicion-financiera-2016.pdf

Para fines prácticos sobre los cálculos del ejemplo, se actúa bajo los supuestos de que la información anterior cumple con las disposiciones que señala la Circular Única de Seguros:

De igual forma y en congruencia con lo establecido en la fracción III de la Disposición 5.1.3, la Disposición 5.5.3, señala que dichos métodos actuariales deben basarse en información estadística propia o de mercado, que sea oportuna, confiable, homogénea y suficiente.

A continuación se muestra la distribución porcentual de cada compañía al realizar la suma de primas y siniestros que se utiliza en el ejemplo.

Cuadro 4.4: Distribución porcentual de las compañías

Compañía	Prima	Siniestros
ABA Seguros, S.A. de C.V.	16.92 %	14.34 %
AXA Seguros, S.A. de C.V.	31.82 %	40.22 %
Quálitas, Compañía de Seguros, S.A. de C.V.	51.26 %	45.44 %
Total	100.00 %	100.00 %

Fuente: Elaboración propia

Se propone utilizar el promedio de la siniestralidad y primas emitidas totales, ya que se observa que estas 3 compañías de seguros son de las más representativas en el ramo de automóviles en México.

Se justifica el uso del promedio, ya que este ayuda a homogeneizar la distribución de las primas y siniestros, por ejemplo se observa en el cuadro anterior que la compañía de Quálitas es la que posee una mayor participación en prima mayor al 50 % del total mientras que ABA es la que posee menos con casi un 20 %.

4.2. Uso de la metodología

Se procede a generar un escenario de prueba con información con base en la estadística descrita en el punto anterior para calcular el factor BEL, dicho factor será utilizado en el cálculo de la Reserva de Riesgos en Curso para una cartera del ramo de automóviles, aplicando la Metodología Bootstrap que de igual forma se describió con anterioridad.

La clasificación de primas y siniestros se realiza conforme a los criterios e indicaciones que se utilizan mediante un arreglo matricial que indique el periodo de origen i y el periodo de desarrollo j .

Cabe señalar que en el caso de que se encuentren números negativos en la matriz de siniestralidad, dichos Montos serán por concepto de salvamentos y recuperaciones de las compañías aseguradoras, por lo que en este ejemplo no se tomaran como cero.

Adicionalmente se calculará el Margen de Riesgo y el VaR, así como el TVaR para estimar el RCSol.

4.3. Ejemplo teórico

Para aclarar esta parte se realiza la aplicación de los pasos anteriores con un caso numérico para una compañía de seguros W del año 2009 al año 2016, sea $W = \{Aba, Axa, Quálitas\}$ en la cual se toma el promedio de las primas y siniestros.

Supóngase que se tiene el vector de primas emitidas y la matriz de siniestros ocurridos por periodo de origen y periodo de desarrollo, al tomar el promedio de las 3 compañías de seguros, como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.5: Paso 1 de la metodología

Período de Origen, i	Prima Emitida	Período de desarrollo, j							
		0	1	2	3	4	5	6	7
2009	7,181.01	4,700.01	717.80	85.22	30.58	6.82	6.47	2.76	6.02
2010	7,563.76	4,658.84	992.82	50.76	7.34	9.12	0.40	0.78	
2011	8,617.22	4,867.74	957.98	102.68	28.68	12.91	0.97		
2012	9,640.21	4,962.09	1,249.75	139.98	51.72	27.47			
2013	10,191.56	5,245.95	1,530.26	189.62	73.45				
2014	10,644.76	5,216.86	1,553.52	191.03					
2015	11,361.96	5,285.58	1,792.64						
2016	14,939.83	4,379.60							

Fuente: Elaboración propia a partir de tomar el promedio de la información estadística de las 3 compañías de seguros.

Se acumula la matriz de siniestralidad promedio (matriz 2), adicionalmente se obtienen los factores de crecimiento (vector 1).

Cuadro 4.6: Paso 2 y 3 de la metodología

Período de Origen, i	Prima Emitida	Período de desarrollo, j							
		0	1	2	3	4	5	6	7
2009	7,181.01	4,700.01	5,417.81	5,503.03	5,533.61	5,540.44	5,546.91	5,549.67	5,555.69
2010	7,563.76	4,658.84	5,651.67	5,702.43	5,709.76	5,718.88	5,718.48	5,717.70	
2011	8,617.22	4,867.74	5,825.71	5,928.40	5,957.07	5,969.98	5,970.95		
2012	9,640.21	4,962.09	6,211.84	6,351.82	6,403.54	6,431.01			
2013	10,191.56	5,245.95	6,776.21	6,965.83	7,039.28				
2014	10,644.76	5,216.86	6,770.38	6,961.41					
2015	11,361.96	5,285.58	7,078.23						
2016	14,939.83	4,379.60							
		f_j^{rec}	1.25	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene la matriz de siniestralidad acumulada ajustada (matriz 3), como se describió en la metodología.

Cuadro 4.7: Paso 4 de la metodología

Período de Origen _i	Prima Emitida	Período de desarrollo _j							
		0	1	2	3	4	5	6	7
2009	7,181.01	3,754.80	5,307.86	5,468.59	5,520.44	5,538.17	5,545.94	5,543.66	5,555.69
2010	7,563.76	3,721.92	5,536.97	5,666.74	5,696.17	5,716.55	5,717.48	5,717.70	
2011	8,617.22	3,888.80	5,707.48	5,891.30	5,942.89	5,967.54	5,970.95		
2012	9,640.21	3,964.18	6,085.77	6,312.07	6,388.29	6,431.01			
2013	10,191.56	4,190.96	6,638.69	6,922.23	7,039.28				
2014	10,644.76	4,167.71	6,632.98	6,961.41					
2015	11,361.96	4,222.62	7,078.23						
2016	14,939.83	3,498.83							

Fuente: Elaboración propia

Se obtienen los montos de siniestralidad ajustada (matriz 4).

Cuadro 4.8: Paso 5 de la metodología

Período de Origen _i	Prima Emitida	Período de desarrollo _j							
		0	1	2	3	4	5	6	7
2009	7,181.01	3,754.80	1,553.05	160.73	51.85	17.73	7.76	- 2.28	12.03
2010	7,563.76	3,721.92	1,815.05	129.77	29.43	20.38	0.93	0.23	
2011	8,617.22	3,888.80	1,818.68	183.81	51.60	24.65	3.41		
2012	9,640.21	3,964.18	2,121.59	226.30	76.22	42.71			
2013	10,191.56	4,190.96	2,447.73	283.54	117.04				
2014	10,644.76	4,167.71	2,465.26	328.43					
2015	11,361.96	4,222.62	2,855.61						
2016	14,939.83	3,498.83							

Fuente: Elaboración propia

Se realiza el proceso aleatorio con la función random (matriz 5), sobre la matriz anterior (matriz4).

Cuadro 4.9: Paso 6 de la metodología

Período de Origen _i	Prima Emitida	Período de desarrollo _j							
		0	1	2	3	4	5	6	7
2009	7,181.01	4,190.96	2,447.73	129.77	117.04	42.71	3.41	- 2.28	12.03
2010	7,563.76	4,190.96	1,818.68	283.54	51.60	42.71	7.76	- 2.28	
2011	8,617.22	4,222.62	2,465.26	328.43	51.85	20.38	0.93		
2012	9,640.21	3,498.83	1,818.68	283.54	76.22	24.65			
2013	10,191.56	4,167.71	1,553.05	328.43	51.85				
2014	10,644.76	3,964.18	1,818.68	183.81					
2015	11,361.96	3,721.92	2,465.26						
2016	14,939.83	3,754.80							

Fuente: Elaboración propia

A partir de la matriz Bootstrap de siniestralidad ajustada aleatoria (matriz 6), se acumulan los montos y se vuelven a calcular los factores de crecimiento (vector 2).

Cuadro 4.10: Paso 7 y 8 de la metodología

Período de Origen _i	Prima Emitida	Período de desarrollo _j							
		0	1	2	3	4	5	6	7
2009	7,181.01	4,190.96	6,638.69	6,768.46	6,885.51	6,928.22	6,931.63	6,929.36	6,941.38
2010	7,563.76	4,190.96	6,009.64	6,293.18	6,344.78	6,387.49	6,395.26	6,392.98	
2011	8,617.22	4,222.62	6,687.88	7,016.31	7,068.16	7,088.54	7,089.47		
2012	9,640.21	3,498.83	5,317.52	5,601.06	5,677.28	5,701.93			
2013	10,191.56	4,167.71	5,720.76	6,049.19	6,101.04				
2014	10,644.76	3,964.18	5,782.86	5,966.67					
2015	11,361.96	3,721.92	6,187.18						
2016	14,939.83	3,754.80							
	f_j^{prec}		1.51	1.04	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene la matriz 7 de siniestralidad acumulada futura.

Cuadro 4.11: Paso 9 de la metodología

Período de Origen _i	Prima Emitida	Período de desarrollo _j							
		0	1	2	3	4	5	6	7
2009	7,181.01								
2010	7,563.76								6,404.08
2011	8,617.22							7,087.04	7,084.62
2012	9,640.21						5,705.31	5,708.70	5,706.75
2013	10,191.56					6,131.68	6,162.48	6,166.13	6,164.03
2014	10,644.76				6,032.22	6,098.49	6,129.12	6,132.76	6,130.66
2015	11,361.96		6,450.28	6,724.57	6,798.45	6,832.59	6,836.64	6,834.31	
2016	14,939.83	5,687.11	8,613.81	8,980.10	9,078.76	9,124.35	9,129.77	9,126.65	

Fuente: Elaboración propia

Se unen las matrices 6 y 7, para formar la matriz 8 de siniestralidad última acumulada.

Cuadro 4.12: Paso 10 de la metodología

Período de Origen _i	Prima Emitida	Período de desarrollo _j							
		0	1	2	3	4	5	6	7
2009	7,181.01	4,700.01	5,417.81	5,503.03	5,533.61	5,540.44	5,546.91	5,549.67	5,555.69
2010	7,563.76	4,658.84	5,651.67	5,702.43	5,709.76	5,718.88	5,718.48	5,717.70	6,404.08
2011	8,617.22	4,867.74	5,825.71	5,928.40	5,957.07	5,969.98	5,970.95	7,087.04	7,084.62
2012	9,640.21	4,962.09	6,211.84	6,351.82	6,403.54	6,431.01	5,705.31	5,708.70	5,706.75
2013	10,191.56	5,245.95	6,776.21	6,965.83	7,039.28	6,131.68	6,162.48	6,166.13	6,164.03
2014	10,644.76	5,216.86	6,770.38	6,961.41	6,032.22	6,098.49	6,129.12	6,132.76	6,130.66
2015	11,361.96	5,285.58	7,078.23	6,450.28	6,724.57	6,798.45	6,832.59	6,836.64	6,834.31
2016	14,939.83	4,379.60	5,687.11	8,613.81	8,980.10	9,078.76	9,124.35	9,129.77	9,126.65

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene la matriz 9 de siniestralidad futura sin acumular siniestros, el Monto de Siniestralidad Total ST_i y el Índice de Siniestralidad Última FS_i .

Cabe mencionar que en la matriz de siniestralidad se observan valores negativos, los cuales serán denotados por recuperaciones y salvamentos.

Cuadro 4.13: Paso 11 de la metodología

Período de Origen _i	Prima Emitida	Período de desarrollo _i								ST_i	FS_i
		0	1	2	3	4	5	6	7		
2009	7,181.01	4,700.01	717.80	85.22	30.58	6.82	6.47	2.76	6.02	5,556	0.7737
2010	7,563.76	4,658.84	992.82	50.76	7.34	9.12	- 0.40	- 0.78	686.37	6,404	0.8467
2011	8,617.22	4,867.74	957.98	102.68	28.68	12.91	0.97	1,116.09	- 2.42	7,085	0.8221
2012	9,640.21	4,962.09	1,249.75	139.98	51.72	27.47	- 725.69	3.38	- 1.95	5,707	0.5920
2013	10,191.56	5,245.95	1,530.26	189.62	73.45	- 907.59	30.79	3.66	- 2.11	6,164	0.6048
2014	10,644.76	5,216.86	1,553.52	191.03	- 929.18	66.27	30.63	3.64	- 2.09	6,131	0.5759
2015	11,361.96	5,285.58	1,792.64	- 627.94	274.29	73.88	34.14	4.05	- 2.34	6,834	0.6015
2016	14,939.83	4,379.60	1,307.50	2,926.71	366.29	98.66	45.59	5.41	- 3.12	9,127	0.6109
										53,007	0.67845

Fuente: Elaboración propia

El uso de 10,000 simulaciones se detallará en la sección 4.4 del presente documento.

Los resultados al realizar la simulación se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.14: Resultados de la simulación

Resultados	Monto de Siniestralidad Total (ST_i)	Índice de Siniestralidad Última (FS_i)
Promedio (BEL)	6,773	68.89%
DU	1,145	
$VaR_{99.5\%}$	11,335	96.81%
sumif	4,650,209	392
countif	400	400
$TVaR_{99.5\%}$	11,626	98.09%
$RCSol_{VaR}$	4,562	27.92%
$RCSol_{TVaR}$	4,852	29.20%

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la simulación

El cuadro anterior describe el Monto de la Siniestralidad Total, así como el Índice de Siniestralidad Última generados a partir de la Metodología Bootstrap.

El Promedio BEL, tanto para el Monto de la Siniestralidad Total (ST_i) como para el Índice de Siniestralidad Última (FS_i), se obtienen al aplicar el promedio a los 10,000 escenarios.

DU se obtuvo a partir de la realización de 10,000 escenarios de los flujos de obligaciones futuras que se detalló en el apartado 3.4.2 de este documento, más adelante se detallará el cálculo obtenido.

El $VaR_{99.5\%}$, tanto para el Monto de Siniestralidad Total (ST_i) como para el Índice de Siniestralidad Última (FS_i), se obtiene al aplicar la función percentil a los 10,000 escenarios al 99.5 %.

De igual manera el $TVaR_{99.5\%}$, tanto para el Monto de Siniestralidad Total (ST_i)

como para el Índice de Siniestralidad Última (FS_i), toma el cociente entre la suma de los valores que superen el VaR al aplicar la función percentil a los 10,000 escenarios al 99.5 % y el número de valores que lo superaron.

El cociente entre Sumif y countif ayudan a encontrar los valores que superaron el VaR.

EL $RCSol_{VaR}$, tanto para el Monto de la Siniestralidad Total (ST_i) como para el Índice de Siniestralidad Última (FS_i), será la diferencia entre el valor del 99.5-ésimo percentil del valor de los escenarios simulados y el promedio BEL.

De igual manera el $RCSol_{TVaR}$ será la diferencia entre el valor del 99.5-ésimo percentil del número de valores que superaron el VaR en los escenarios simulados y el promedio BEL.

Para hacer un análisis más profundo del comportamiento del índice de siniestralidad última, regularmente se realiza el ajuste de una distribución conocida para obtener, medias teóricas y distintos percentiles que puedan ser comparados con los obtenidos en la muestra original, ya que, pudiera no reflejar de manera completa el comportamiento de la distribución.

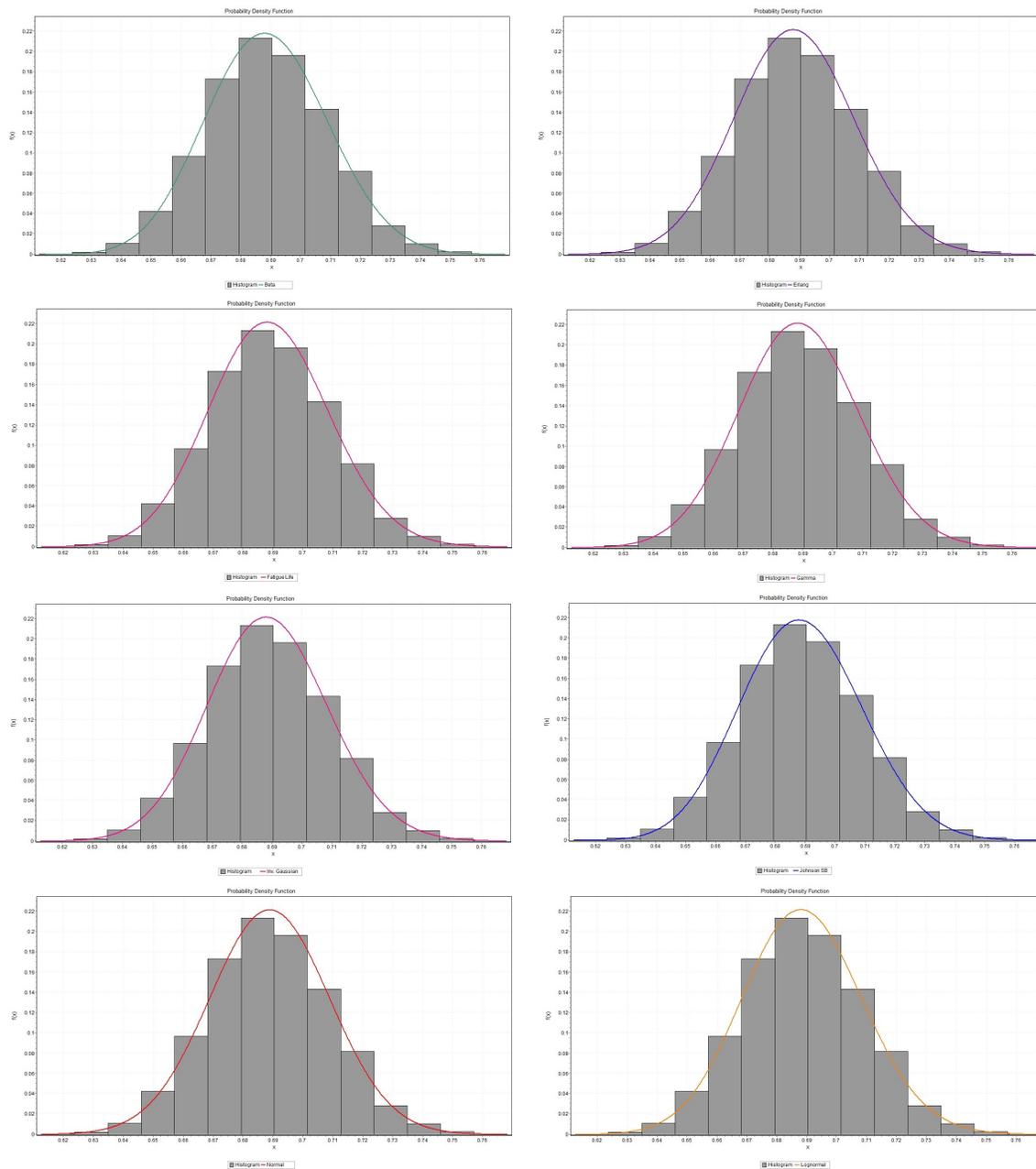
La prueba de Kolmogórov-Smirnov (también llamada prueba K-S) es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí. Conviene tener en cuenta que la prueba K-S es más sensible a los valores cercanos a la mediana que a los extremos de la distribución.

La prueba de Anderson-Darling (ver Stephens, 1986) se utiliza para probar si una muestra de los datos proceden de una distribución absolutamente continua. Para un conjunto de datos y distribución en particular, mientras mejor se ajuste la distribución a los datos, menor será este estadístico. El estadístico de prueba de Anderson-Darling pertenece a una clase de medidas de discrepancia, conocidas como estadísticas cuadráticas. También puede utilizar el estadístico de Anderson-Darling para comparar el ajuste de varias distribuciones con el fin de determinar cuál es la mejor. Sin embargo, para concluir que una distribución es la mejor, el estadístico de Anderson-Darling debe ser sustancialmente menor que los demás. Cuando los estadísticos están cercanos entre sí, se deben usar criterios adicionales, como las gráficas de probabilidad, para elegir entre ellos.

La prueba ji-cuadrado (o chi cuadrado), que tiene distribución de probabilidad del mismo nombre, sirve para someter a prueba hipótesis referidas a distribuciones de frecuencias. En términos generales, esta prueba contrasta frecuencias observadas con las frecuencias esperadas de acuerdo con la hipótesis nula.

A continuación se muestra en los siguientes cuadros los histogramas del FS_{BEL} ajustados con distintas funciones de distribución.

Cuadro 4.15: Distribuciones del FS_i

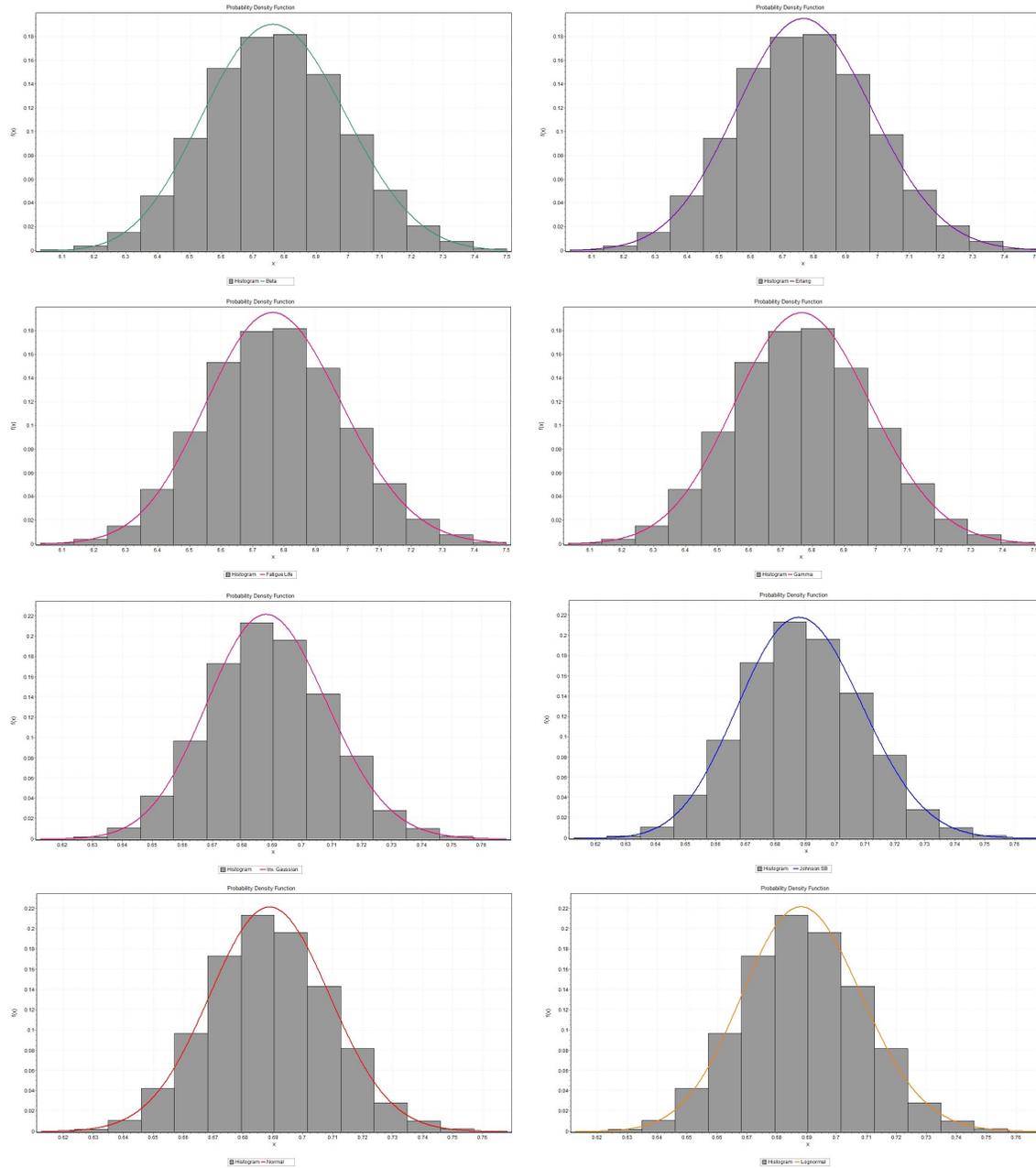


Fuente: Elaboración propia a partir de la distribución de la información mediante el programa EasyFit

El cuadro anterior muestra varias funciones de distribución que aproximan los parámetros del FS_{BEL} por lo que se puede tomar como indicador de mayor a menor acercamiento al la prueba de Kolmogorov Smirnov, Anderson Darling o Chi-Squared.

De igual manera en el siguiente cuadro se observan los histogramas del Mt_{OBEL} ajustados con distintas funciones de distribución.

Cuadro 4.16: Distribuciones del Mt_{OBEL}



Fuente: Elaboración propia a partir de la distribución de la información mediante el programa EasyFit

Los siguientes cuadros detallan las pruebas de bondad y ajuste además de los parámetros de cada distribución que se realizaron al FS_{BEL} . En este caso la distribución Jhonson SB es la que ajusta en mayor medida a la distribución mediante las pruebas bondad y ajuste de Kolmogorov Smirnov y Anderson Darling, a diferencia con la Chi-Square en la cual la distribución Gamma es la que más se ajusta.

Cuadro 4.17: Pruebas de bondad, ajuste y parámetros del FS_{BEL}

Goodness of Fit - Summary							
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	Beta	0.00581	2	0.26648	2	13.555	4
2	Erlang	0.01361	8	3.1156	8	21.566	8
3	Fatigue Life	0.00757	3	0.75028	3	13.449	2
4	Gamma	0.00872	5	0.84592	5	12.875	1
5	Inv. Gaussian	0.01259	7	1.7929	7	14.857	5
6	Johnson SB	0.00572	1	0.25725	1	13.553	3
7	Lognormal	0.00774	4	0.76591	4	17.296	6
8	Normal	0.0125	6	1.5792	6	19.035	7

Fitting Results		
#	Distribution	Parameters
1	Beta	$\alpha_1=19.235$ $\alpha_2=26.033$ $a=0.57178$ $b=0.84739$
2	Erlang	$m=1182$ $\beta=5.8241E-4$
3	Fatigue Life	$\alpha=0.02908$ $\beta=0.68861$
4	Gamma	$\alpha=1182.8$ $\beta=5.8241E-4$
5	Inv. Gaussian	$\lambda=814.84$ $\mu=0.68889$
6	Johnson SB	$\gamma=0.86476$ $\delta=3.6959$ $\lambda=0.30528$ $\xi=0.55372$
7	Lognormal	$\sigma=0.02907$ $\mu=-0.37309$
8	Normal	$\sigma=0.02003$ $\mu=0.68889$

Fuente: Elaboración propia a partir de las pruebas de bondad y ajuste mediante el programa EasyFit

De igual manera el siguiente cuadro detalla las pruebas de bondad y ajuste además de los parámetros de cada distribución que se realizaron al Mto_{BEL} . En este caso también la distribución Jhonson SB es la que ajusta en mayor medida a la distribución mediante las pruebas de Kolmogorov Smirnov, Anderson Darling y Chi-Square.

Cuadro 4.18: Pruebas de bondad, ajuste y parámetros del Mto_{BEL}

Goodness of Fit - Summary							
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	Beta	0.00749	2	0.34504	2	16.634	2
2	Erlang	0.01004	3	1.5679	5	26.011	6
3	Fatigue Life	0.01008	4	1.4162	3	18.053	3
4	Gamma	0.01127	6	1.6134	6	19.619	4
5	Inv. Gaussian	0.01546	8	2.736	8	26.347	7
6	Johnson SB	0.00662	1	0.27027	1	13.975	1
7	Lognormal	0.01013	5	1.4238	4	23.375	5
8	Normal	0.01494	7	2.6828	7	30.201	8

Fitting Results		
#	Distribution	Parameters
1	Beta	$\alpha_1=12.72$ $\alpha_2=16.048$ $a=5.7303$ $b=8.0886$
2	Erlang	$m=995$ $\beta=0.00681$
3	Fatigue Life	$\alpha=0.03169$ $\beta=6.7696$
4	Gamma	$\alpha=995.11$ $\beta=0.00681$
5	Inv. Gaussian	$\lambda=6739.9$ $\mu=6.773$
6	Johnson SB	$\gamma=0.56089$ $\delta=2.8537$ $\lambda=2.5451$ $\xi=5.6216$
7	Lognormal	$\sigma=0.03169$ $\mu=1.9124$
8	Normal	$\sigma=0.21471$ $\mu=6.773$

Fuente: Elaboración propia a partir de las pruebas de bondad y ajuste mediante el programa EasyFit

En el siguiente cuadro se muestra mediante flechas como se toman los flujos de las obligaciones futuras ($f_{RRC}(k)$) en el triángulo de siniestralidad:

$$f_{RRC}(k) = \sum_{i+j \geq n+k} SU_{i,j}$$

Para toda $k = 1, 2, \dots, m$.

Cuadro 4.19: Flujos de obligaciones futuras $f_{RRC}(t)$

Período de Origen _i	Prima Emitida	Período de desarrollo _j							
		0	1	2	3	4	5	6	7
2009	7,181.01	4,700.01	717.80	85.22	30.58	6.82	6.47	2.76	6.02
2010	7,563.76	4,658.84	992.82	50.76	7.34	9.12	- 0.40	- 0.78	688.37
2011	8,617.22	4,867.74	957.98	102.68	28.68	12.91	0.97	1,116.09	- 2.42
2012	9,640.21	4,962.09	1,249.75	139.98	51.72	27.47	- 725.69	3.38	- 1.95
2013	10,191.56	5,245.95	1,530.26	189.62	73.45	- 907.59	30.79	3.66	- 2.11
2014	10,644.76	5,216.86	1,553.52	191.03	- 929.18	66.27	30.63	3.64	- 2.09
2015	11,361.96	5,285.58	1,792.64	- 627.94	274.29	73.88	34.14	4.05	- 2.34
2016	14,939.83	4,379.60	1,307.50	2,926.71	366.29	98.66	45.59	5.41	- 3.12

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la simulación

Se justifica el uso de toda la diagonal, ya que se contempla toda la siniestralidad esperada por año, ya que esta forma de tomar la diagonal refleja en mayor medida el flujo de las obligaciones futuras que se espera vayan a ocurrir.

Cabe mencionar que los signos negativos en la columna de flujos representan salvamentos, adquisiciones y recuperaciones, por lo que éstos no son obligaciones futuras son ingresos y se les debe asignar cero en el $F_{RRC}(t)$.

Adicionalmente las tasas corresponden a la tasa de los Certificados de Tesorería (CETE) mensual de enero a julio del año 2017.

El siguiente cuadro contiene los datos que se utilizaron al simular de 10,000 escenarios del $F_{RRC}(t)$ para obtener la Duración mediante la siguiente fórmula:

$$F_{RRC}(t) = \frac{\sum_{k=t}^{n-1} f_{RRC}(k)}{\sum_{k=1}^{n-1} f_{RRC}(k)}$$

Cuadro 4.20: Duración

Periodo Run off	Año	Tasa _t	V ^{t-1}	FLUJOS	F _{RRC(t)}	DU
1	2017	5.83000	1.00000	1,450	100.0000%	1.0000
2	2018	6.06000	0.14164	3,948	76.1268%	0.1078
3	2019	6.32000	0.01866	478	11.1298%	0.0021
4	2020	6.50000	0.00237	148	3.2672%	0.0001
5	2021	6.56000	0.00031	41	0.8339%	0.0000
6	2022	6.82000	0.00003	9	0.1514%	0.0000
7	2023	6.99000	0.00000	-	0.0000%	-
						1.1100

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la simulación de 10,000 escenarios.

De acuerdo con la metodología propuesta, se procede a calcular el Margen de Riesgo con la siguiente fórmula que se desarrolló en la sección 3.3:

$$MR = R * BC_{RRC} * DU_{RRC}$$

Como la base de capital utiliza las desviaciones de cada reserva que se opera en el negocio, el ejemplo sólo contempla la RRC para el ramo de automóviles, entonces se tendrá que tanto las obligaciones a largo plazo como la reserva de siniestros ocurridos no reportados serán cero.

Al tener el RCSol, las desviaciones, la duración y la tasa del costo neto de capital se obtiene el Margen de Riesgo.

Entonces:

$$MR = R * BC_{RRC} * DU_{RRC}$$

$$MR = R * \left(\frac{D_{RRC,j}}{\sum_j D_{RRC,j} + \sum_j D_{RRC,j}^{LP} + \sum_j D_{SONR,j}} * RCSol \right) * DU_{RRC}$$

$$MR = R * \left(\frac{D_{RRC,j}}{\sum_j D_{RRC,j} + 0 + 0} * RCSol \right) * DU_{RRC}$$

Para el cálculo de las desviaciones utilizamos un factor de retención igual a 1, ya que se actúa bajo el supuesto de que se retiene toda la prima.

$$D_{RRC} = \sum_{p=1}^n (PTND_p * (FS_{99.5\%}^{RRC} - FS_{BEL}^{RRC}) * 1)$$

Por lo tanto, sólo se necesita calcular:

$$MR = R * RCSol * DU_{RRC}$$

Ya se tienen los elementos requeridos para calcular la RRC a corto plazo y el RCSol, cuyos resultados se detallan más adelante en el capítulo 5 de las conclusiones.

4.4. Convergencia del modelo utilizado

Para asegurar la convergencia del modelo se realizaron distintos escenarios de prueba con diferente cantidad de simulaciones. Se tiene una tabla en la cual se graficó el índice BEL para simulaciones que van desde 1 hasta 10,000 por lo que se construyó una banda de tolerancia de tal manera que el mejor estimador para ambos casos difiera a lo más en 1% para diez escenarios consecutivos.

El procedimiento se detallará a continuación:

1. Se define a N como el número de veces que se realizarán los pasos del 1 al 6 de la metodología en la sección 4.1, por lo que se utiliza como valor inicial $k = 100$;
2. A partir del factor FS_{BEL} y el monto Mto_{BEL} , de acuerdo a la descripción en el apartado 3.4.1 de la Metodología Bootstrap para cada simulación n :
3. Se calcula el promedio de las k , simulaciones:

$$\frac{1}{k} \sum_{n=1}^k BEL$$

4. Se calculan el promedio de las $k + 1$, simulaciones:

$$\frac{1}{k+1} \sum_{n=1}^{k+1} BEL$$

5. Se calcula el porcentaje de la diferencia entre las k y $k + 1$ simulaciones:

$$Dif = \left| \frac{\frac{1}{k} \sum_{n=1}^k BEL}{\frac{1}{k+1} \sum_{n=1}^{k+1} BEL} - 1 \right|$$

6. Si la $Dif < 0.01$, se detiene el proceso, de lo contrario se regresa al paso 1 y se hace $k = k + 1$.
7. Se repiten los pasos 1-6 N veces de tal manera que el error de convergencia no sea mayor al 1%, es decir:

$$N = inf \{k \mid Dif < 1\%\}$$

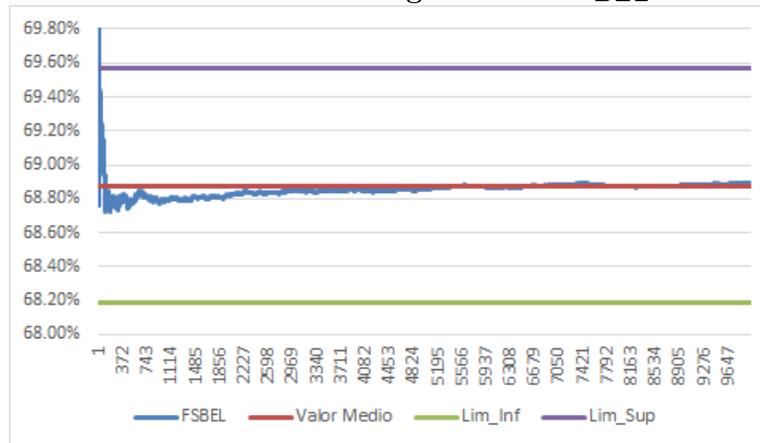
En este sentido, se ha verificado que con:

$$N = 10,000$$

se asegura la convergencia del modelo utilizado.

Los resultados de la convergencia del modelo para el FS_{BEL} se presentan en las siguientes tablas:

Cuadro 4.21: **Convergencia del FS_{BEL}**

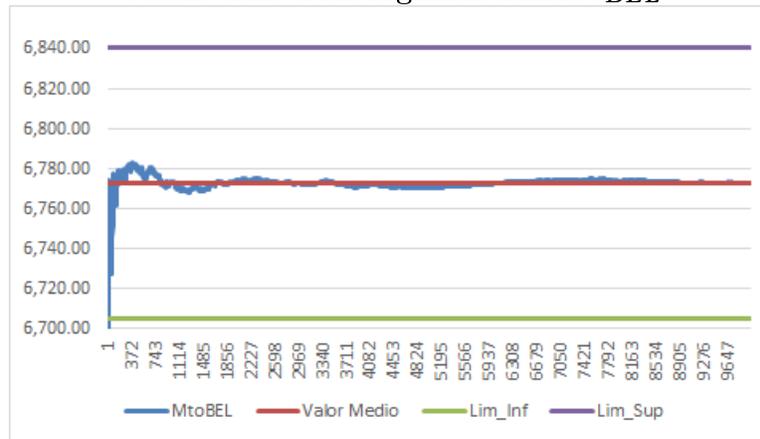


Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la simulación

Al realizar la gráfica anterior, se toma como valor medio: el promedio del índice de siniestralidad última (FS_{BEL}) que es la simulación de los 10,000 escenarios del FS_i , el límite superior se obtiene a partir de otorgarle un 1% de más al valor medio y el límite inferior se obtiene a partir de otorgarle un 1% de menos al valor medio.

Los resultados de la convergencia del modelo del Mto_{BEL} , se presentan en las siguientes tablas:

Cuadro 4.22: **Convergencia del Mto_{BEL}**



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la simulación

Al realizar la gráfica anterior, se toma como valor medio: el promedio del Monto de Siniestralidad Total (Mto_{BEL}) que es la simulación de los 10,000 escenarios del ST_i , el límite superior se obtiene a partir de otorgarle un 1% de más al valor medio y el límite inferior se obtiene a partir de otorgarle un 1% de menos al valor medio.

Capítulo 5

Conclusiones

5.1. Objetivo alcanzado

Debido a la aplicación de la metodología presentada en este documento, se obtiene el valor de la Reserva de Riesgos en Curso de una compañía de seguros con un horizonte temporal menor igual a un año, de tal manera que se obtiene un Requerimiento de Capital de Solvencia, el cual se obtiene a partir de la aplicación de modelos estocásticos basados en medidas de riesgo.

Cabe destacar que siempre el TVaR > VaR, entonces el utilizar el TVaR como medida de riesgo, ayuda a tener un mayor Margen de Riesgo en la Reserva de Riesgos en Curso, por lo que será decisión propia que medida de riesgo coherente (VaR o TVaR) utilizar al estimar las pérdidas máximas. Teniendo en cuenta lo anterior será criterio actuarial¹ el utilizar un Margen de Riesgo bajo las medidas de riesgo que más le convenga.

5.2. Objetivos específicos alcanzados

A continuación, se enumera cada objetivo específico alcanzado y en ellos se dará el resultado obtenido en cada rubro como parte de las conclusiones.

Las fórmulas representan el uso de Excel en el ejemplo práctico.

5.2.1. Determinar las medidas de riesgo para cuantificar las pérdidas totales, además de hacer una comparación entre los resultados al utilizar el VaR y el TVaR.

Se calcula el VaR, como:

$$VaR_{\alpha} = \inf \{x \in \mathbb{R} : P(X > x) \leq 1 - \alpha\} = F_X^{(-1)}(\alpha)$$

Percentile (“Intervalo de datos sobre el cual se obtendrán los percentiles”, El valor del percentil en el intervalo (0,1))

¹Se define el criterio actuarial como una toma de decisión a partir de la experiencia profesional del actuario responsable

Percentile (“Matriz de resultados obtenidos en la simulación”,0.995)

$$\text{Percentile}(\text{“MatrizResultados”}, 0.995) = \mathbf{96.81 \%}$$

Se calcula el TVaR, como:

$$TVaR_{\alpha} = E(X|X > VaR_{\alpha})$$

SUMIF (“Intervalo de datos sobre el cual se obtendrán los percentiles”, “Rango de valores que superan al VaR”) / COUNTIF (“Intervalo de datos sobre el cual se obtendrán los percentiles”, “Rango de valores que superan al VaR”)

SUMIF (“Matriz de resultados obtenidos en la simulación”, $\geq VaR_{99.5\%}$) / COUNTIF (“Matriz de resultados obtenidos en la simulación”, “Rango de valores que superan al VaR”, $\geq VaR_{99.5\%}$)

$$\frac{SUMIF(\text{“MatrizResultados”}, \geq VaR_{99.5\%})}{COUNTIF(\text{“MatrizResultados”}, \geq VaR_{99.5\%})} = \frac{392}{4,00} = \mathbf{98.09 \%}$$

5.2.2. Estimar del Requerimiento de Capital de Solvencia.

El Requerimiento de Capital de Solvencia se calcula con la siguiente fórmula:

$$RCSol_{VaR} = VaR - BEL \quad \text{y} \quad RCSol_{TVaR} = TVaR - BEL$$

Por lo que al utilizar el VaR al 99.5 % queda de la siguiente manera:

$$RCSol_{VaR} = 11,335 - 6,773 = \mathbf{4,562}$$

Al utilizar el TVaR al 99.5 % queda de la siguiente manera:

$$RCSol_{TVaR} = 11,626 - 6,773 = \mathbf{4,852}$$

5.2.3. Calcular el Margen de Riesgo de la Reserva de Riesgos en curso.

Teniendo en cuenta que la Duración se calculó en la sección 4.3 de este documento, el *MR* en miles se obtiene mediante la fórmula:

$$MR = R * RCSol * DU_{RRC}$$

Por lo que al realizar los cálculos con el VaR al 99.5 % queda de la siguiente manera:

$$MR_{VaR} = 10\% * 4,562 * 1.145 = \mathbf{523}$$

Los cálculos con el TVaR al 99.5 % queda de la siguiente manera:

$$MR_{TVaR} = 10\% * 4,852 * 1.145 = \mathbf{556}$$

5.2.4. Calcular la Reserva de Riesgos en Curso para una cartera de seguros con un horizonte temporal menor igual a un año.

La Reserva de Riesgos en Curso será calculada con la siguiente fórmula:

$$RRC = \sum_{p=1}^n PTND_p * (FS_{BEL}^{RRC} + \alpha_p) + MR$$

Entonces

- El factor FS_{BEL} , :

$$FS_{BEL}^{RRC} = 68.89$$

Supóngase que el porcentaje de gastos de administración es lo que se maneja en el mercado², entonces se tiene:

$$\alpha_p = 4.84\%$$

El siguiente cuadro muestra los factores de mercado generados por la CNSF:

²El factor de gastos de mercado se consultó el día 25 de octubre del 2018 en la página electrónica de la CNSF, por lo que se utilizó el archivo llamado FS_RRC_Mercado.xls

Cuadro 5.1: Factores de mercado

Información de mercado para el cálculo de la Reserva de Riesgos en Curso de los seguros de corto plazo y su correspondiente Margen de Riesgo				
Ramo/tipo	Información de Mercado			
	Índice de siniestralidad última FS_{BEL}^{RRC}	Percentil al 99.5% de la estadística de índices de siniestralidad última $FD_{99.5}^{RRC}$	Porcentaje de gasto de administración	Duración
Vida corto plazo	57.74%	83.73%	6.75%	1.63
Gastos médicos	76.42%	98.64%	6.16%	1.80
Accidentes personales	26.32%	62.40%	9.81%	1.90
Responsabilidad civil	37.75%	141.83%	8.47%	2.70
Marítimo y transportes	68.14%	136.86%	8.79%	2.06
Incendio	70.62%	325.92%	5.07%	1.80
Agrícola y de animales	84.90%	329.31%	13.55%	1.62
Automóviles	68.70%	101.14%	4.84%	1.59
Crédito	71.97%	205.33%	18.60%	2.51
Diversos	70.49%	181.30%	8.14%	2.98

Fuente: Índices de siniestralidad y factores de siniestralidad última para la Reserva de Riesgos en Curso, CNSF 2015

Se calcula la porción de la Prima de Tarifa No Devengada a la fecha de valuación, para cada póliza en vigor, se considera como periodo de devengamiento el plazo de vigencia de dicho documento, conforme a lo siguiente:

$$PTND_p = PT_p * fndv_p$$

Supóngase que se tiene una cartera con 15 pólizas y la fecha de valuación será el 30/09/2017, entonces se calcula la RRC con las fórmulas antes mencionadas.

El siguiente cuadro muestra el cálculo de las obligaciones futuras de cada una de las pólizas en vigor para una cartera de automóviles (ramo 90 contable):

Cuadro 5.2: Tabla de la E[X]

N	Póliza	Ramo	Fec_ini	Fec_fin	PT	FNDV	PTNDV	FS _{99.5%}	FS _i	Gastos Adm Mercado	Desviación	E[X]
1	5.0201	90	01/01/2017	01/01/2018	1,517,887	0.2548	386,749	96.8077%	68.8892%	4.8400%	107,974	285,147
2	5.0202	90	01/01/2017	01/01/2018	7,425,382	0.2548	1,891,947	96.8077%	68.8892%	4.8400%	528,202	1,394,917
3	5.0203	90	01/02/2017	01/02/2018	5,504,209	0.3397	1,869,923	96.8077%	68.8892%	4.8400%	522,054	1,378,679
4	5.0204	90	01/02/2017	01/02/2018	5,496,625	0.3397	1,867,347	96.8077%	68.8892%	4.8400%	521,334	1,376,780
5	5.0205	90	01/03/2017	01/03/2018	666,498	0.4164	277,555	96.8077%	68.8892%	4.8400%	77,489	204,639
6	5.0206	90	01/03/2017	01/03/2018	681,667	0.4164	283,872	96.8077%	68.8892%	4.8400%	79,253	209,297
7	5.0207	90	01/04/2017	01/04/2018	960,287	0.5014	481,459	96.8077%	68.8892%	4.8400%	134,416	354,976
8	5.0208	90	01/04/2017	01/04/2018	7,425,382	0.5014	3,722,863	96.8077%	68.8892%	4.8400%	1,039,366	2,744,837
9	5.0209	90	01/05/2017	01/05/2018	5,496,625	0.5836	3,207,620	96.8077%	68.8892%	4.8400%	895,518	2,364,952
10	5.021	90	01/05/2017	01/05/2018	16,204,969	0.5836	9,456,598	96.8077%	68.8892%	4.8400%	2,640,136	6,972,274
11	5.0211	90	01/06/2017	01/06/2018	681,667	0.6685	455,690	96.8077%	68.8892%	4.8400%	127,222	335,976
12	5.0212	90	01/06/2017	01/06/2018	666,498	0.6685	445,550	96.8077%	68.8892%	4.8400%	124,391	328,500
13	5.0213	90	01/07/2017	01/07/2018	5,504,209	0.7507	4,131,927	96.8077%	68.8892%	4.8400%	1,153,570	3,046,436
14	5.0214	90	01/07/2017	01/07/2018	2,379,050	0.7507	1,785,917	96.8077%	68.8892%	4.8400%	498,600	1,316,742
15	5.0215	90	01/08/2017	01/08/2018	6,322,298	0.8356	5,283,016	96.8077%	68.8892%	4.8400%	1,474,937	3,895,125
											26,209,278	

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la simulación

En este sentido, con el valor esperado de las obligaciones futuras y el Margen de Riesgo del VaR al 99.5 % queda la RRC de la siguiente manera:

$$RRC_{VaR} = E[X] + MR_{VaR} = 26,209,278 + 523 = \mathbf{26,209,801}$$

La RRC con el Margen de Riesgo del TVaR al 99.5 % queda de la siguiente manera:

$$RRC_{TVaR} = E[X] + MR_{TVaR} = 26,209,278 + 556 = \mathbf{26,209,834}$$

El sector asegurador mexicano está optando por grandes cambios provocados por la normativa de Solvencia II, estos cambios son importantes para la evolución del sistema de seguros en México, las instituciones de seguros implementan la nueva normativa, basada en requerimientos cuantitativos y cualitativos para hacer frente a sus obligaciones para con los asegurados, además de tener procesos de supervisión orientados a una correcta administración de riesgos (Gobierno Corporativo) y, en tener una sana disciplina de mercado al adoptar la transparencia de información hacia los interesados.

El usar modelos estocásticos crea mayor certidumbre al construir metodologías para estimar las obligaciones futuras ya que agregan un factor aleatorio en su construcción y se vuelve más dinámico su cálculo.

En este documento se abordó, la construcción de un modelo basado en la normativa mexicana (CUSF) y en las medidas de riesgo (VaR y TVaR). El modelo se auxilia de la estadística anual agrupada de forma matricial (primas y siniestros) para estimar las obligaciones futuras y un Margen de Riesgo (MR).

Finalmente se Observa que $RRC_{VaR} < RRC_{TVaR}$.

Capítulo 6

Glosario

Las abreviaciones y los acrónimos más relevantes, que se utilizan en este trabajo, se definen a continuación:

Abreviaciones	Nombre
AMIS	Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros
BASILEA II	Es el segundo de los Acuerdos de Basilea
BEL	Best Estimate Liabilities / Mejor Estimador
CETE	Certificados de Tesorería
CNSF	Comisión Nacional de Seguros y Fianzas
CUSF	Circular Única de Seguros y Fianzas
IASB	International Accounting Standards Board
SONR	Siniestros Ocurridos pero no Reportados
LISF	Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
RCSol	Requerimiento de Capital de Solvencia
RRC	Reserva de Riesgos en Curso
TVaR	Valor en Riesgo de la cola pesada
UW	Underwriting/Riesgo de suscripción
VaR	Valor en Riesgo

Capítulo 7

Bibliografía

1. Aguilar Beltrán, P. (2015). *Bases y Principios generales de Solvencia II*. México.
2. A. J. McNeil et al. (2005) *Quantitative Risk Management*. Princeton University Press.
3. Alonso González, P., & Albarrán Lozano, I. (2008). *Análisis del riesgo de seguros en el marco de Solvencia II*. España.
4. Artzner, P., G. Delbaen, J.M. Eber and D. Heath. *Coherent Measures of Risk*. *Mathematical Finance*. 9 (1999).
5. Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS).(2010). *Comité de Solvencia II*. México.
6. Banco de México (BANXICO). (2005). *Definición de Riesgo*. México.
7. Belaunzarán, Patricio. (2011). *El riesgo de Longevidad en la directiva Comunitaria de Solvencia II*. España.
8. CEIOPS, (2008). *Technical Specifications QIS-4*. Unión Europea.
9. Colegio Nacional de Actuarios, Año 3 Núm. 5,(CONAC). (2010). *Revista Mexicana de Investigación Actuarial Aplicada*. México.
10. Esteva Fischer, Eduardo. (1994). *Guía Básica de Administración de Riesgos*. México.
11. González Flores, F. (2009). *Notas de Teoría del Riesgo*. México.
12. Hernández Rangel, D. (1997). *Modelos de Teoría del Riesgo para Solvencia del Sector Asegurador*. México.
13. Jorion, Philippe. (1999). *Valor en Riesgo. EUA*.
14. Mascareñas Juan. (2008). *Introducción al VaR*. España.
15. Moreno Armando. (2013). Towers Watson. Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas. México.

16. Osuna Edgar. (2010). *Tipos de Carteras del Sistema RH MEX*. México.
17. Trujillo Orozco, D. (2010). *Coherencia de la Medida de Riesgo TVaR*. Colombia.
18. [http://www.amis.com.mx/InformaWeb/Documentos/Archivos/Curso_ERN_Sistema_RH-MEX_\(13Oct10\).pdf](http://www.amis.com.mx/InformaWeb/Documentos/Archivos/Curso_ERN_Sistema_RH-MEX_(13Oct10).pdf)
19. <http://www.banxico.org.mx/>
20. <http://www.cnsf.gob.mx/>
21. <https://eiopa.europa.eu/publications/qis4>
22. <http://www.gob.mx/hacienda>
23. <http://www.pwc.com/mx/es/retos-sector-financiero/admon-riesgos.html>
24. <http://www.sat.gob.mx/>