

**OPTIMIZACIÓN DEL REASEGURO A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE
FRONTERA EFICIENTE**

LAURA ATEHORTÚA ÁLVAREZ

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

MEDELLÍN

2019

**OPTIMIZACIÓN DEL REASEGURO A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE
FRONTERA EFICIENTE**

**Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de magíster en
Administración Financiera**

LAURA ATEHORTÚA ÁLVAREZ¹

Asesor: Juan Camilo Palacio Orozco, MAF

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA
MEDELLÍN**

2019

¹ latehortua@eafit.edu.co

Contenido

1.	Introducción	7
2.	Marco conceptual	9
2.1	Seguros y reaseguro	10
2.1.1	Rol del reaseguro	10
2.1.2	Tipos de reaseguro	11
2.1.3	Reseña histórica de la optimización de reaseguro	16
2.1.4	Medidas de riesgo para las aseguradoras	18
2.2	Frontera eficiente de portafolio	21
3.	Método de solución	23
4.	Presentación y análisis de resultados	24
4.1	Caracterización de la cartera	24
4.1.1	Frecuencia	24
4.1.2	Severidad	25
4.1.3	Cartera	27
4.2	Simulación de Monte Carlo	28
4.2.1	Estado de resultados de la aseguradora	29
4.2.2	Simulación de prima emitida y prima retenida	30
4.2.3	Simulación de siniestros totales y retenidos	31
4.2.4	Resultados de la aseguradora	32
4.3	Frontera eficiente de reaseguro	33
4.3.1	Utilidad esperada	33
4.3.2	Capital basado en riesgo	34
4.4	Consecución de resultados	35
4.4.1	Volatilidad en los resultados de la aseguradora	35
4.4.2	Frontera eficiente de reaseguro	38
5.	Conclusiones	41
	Referencias	43

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Tipos de reaseguro	11
Ilustración 2. Estructura de contratos de cuota parte	13
Ilustración 3. Estructura de contratos de excedente	14
Ilustración 4. Estructura de contratos de tipo WXL	15
Ilustración 5. Frontera eficiente de portafolio	22
Ilustración 6. Caracterización cartera: frecuencia	25
Ilustración 7. Caracterización cartera: severidad	26
Ilustración 8. Caracterización cartera: valores asegurados.....	27
Ilustración 9. Estado de resultados de la aseguradora	29
Ilustración 11. Estructuras de reaseguro evaluadas	35
Ilustración 12. Gráfico de bigotes de las estructuras de reaseguro.....	36
Ilustración 13. Resultados de la utilidad con retención del 100%.....	36
Ilustración 14. Resultados de la utilidad con contrato de cuota parte	37
Ilustración 15. Resultados de la utilidad con contrato de excedente.....	37
Ilustración 16. Utilidad neta: capital basado en riesgo de las estructuras de reaseguro.....	39
Ilustración 17. Frontera eficiente de reaseguro	40

Resumen

En el contexto de las compañías aseguradoras, el reaseguro es la herramienta más eficaz para disminuir la volatilidad de sus estados de resultados y aumentar su capacidad patrimonial, con el fin de generarle el máximo valor posible al accionista.

El propósito de este trabajo es determinar una forma en la que el administrador de una compañía aseguradora tome decisiones óptimas de reaseguro en función del rendimiento esperado y del apetito de riesgo en términos del capital expuesto (medido a través de estándares internacionales). Lo anterior se hizo por medio de la aplicación de frontera eficiente de portafolios a las variables claves de las compañías aseguradoras, con el fin de obtener desde una sola perspectiva la decisión de contratación de la estructura de reaseguro apropiada, para garantizar que la decisión que se está tomando maximiza las utilidades en función del riesgo asumido.

Palabras clave: estructura óptima de reaseguro, generación de valor, apetito de riesgo, capital expuesto.

Abstract

In the context of insurance companies, reinsurance is the most effective tool to reduce the volatility of the financial statements and increase the equity capacity, generating the maximum possible value to the shareholder.

The purpose of this study is to determine a helpful way to CEOs to make optimal reinsurance decisions based on expected return and risk appetite based on exposed capital (measured through international standards). The proposed method is done through the application of efficient frontier of portfolios to the key variables of the insurance companies, in order to obtain from a single perspective the hiring decision of the appropriate reinsurance structure, ensuring that the decision that is going to be made maximizes profits based on the assumed risk.

Key words: *optimal reinsurance structure, economic value added, risk appetite, exposed capital.*

1. Introducción

La compañía aseguradora debe responder a sus clientes sin importar los escenarios inesperados que se presenten, con el fin de cumplir su promesa de valor y su fin en la economía de los países.

A través de la historia, el reaseguro ha sido apalancador de esta declaración, puesto que por sí solas estas compañías no podrían asumir los riesgos que algunos clientes les entregan. Debido a ello, el reaseguro ha sido un jugador fundamental en el crecimiento y la sostenibilidad de las aseguradoras, porque les entrega capacidad patrimonial y disminución de volatilidad en los resultados esperados.

Dada la importancia de esta figura, a lo largo del tiempo varios autores han investigado maneras de permitirle al administrador de las aseguradoras la seguridad de que la estructura de reaseguro que contratarán se ajusta a sus necesidades y a la responsabilidad en el manejo adecuado de las compañías.

Toda la literatura que existe alrededor de la optimización de reaseguro ha mostrado el apetito de riesgo, la gestión integral de riesgos y el capital basado en riesgos como variables importantes. Sin embargo, estos conceptos no son aislados y el administrador debe encontrar la manera de darle un peso a cada uno a la hora de tomar la decisión de la estructura que debe usarse.

El objetivo de este trabajo es aplicar el concepto de frontera eficiente de portafolios a la optimización de contratos de reaseguro, con el propósito de obtener, desde una sola perspectiva, la decisión de contratación de reaseguro en términos de generación de valor al accionista y de capital expuesto según el apetito de riesgo establecido.

Para lograr lo anterior se exploraron las variables claves que se tienen en cuenta para la caracterización de una cartera de seguros, las variables del mismo tipo que determinan los resultados financieros de la aseguradora y la medición del capital

expuesto y del apetito de riesgo según la nueva regulación internacional de seguros, con las implicaciones que tiene en la exigencia patrimonial de las compañías.

2. Marco conceptual

Las compañías de seguros, por ser parte del sector financiero de los países, contribuyen al crecimiento económico de ellos puesto que les permiten a las personas y a las compañías de diferentes sectores transferir riesgos que de otra forma no podrían cubrir por ser demasiado altos y no ser el núcleo del negocio (Van Lelyveld, Liedorp y Kampman, 2011).

La teoría de seguros considera que las compañías aseguradoras aceptan la transferencia de los riesgos antes mencionados y tarifican sus productos bajo la premisa de que los clientes crearán una mutualidad y que, dada la magnitud del portafolio, las pérdidas agregadas se volverán predecibles; sin embargo, en escenarios inesperados se pueden presentar grandes pérdidas, lo que pone en peligro la capacidad de la aseguradora para cumplir sus obligaciones (Van Lelyveld, Liedorp y Kampman, 2011; Krvavych y Sherris, 2005).

Si bien la capacidad de la aseguradora se puede ver restringida ante escenarios de volatilidad, su capacidad de respuesta tiene que permanecer, por lo que a menudo recurre al reaseguro como medida de control (Van Lelyveld, Liedorp y Kampman, 2011).

Dado lo anterior, para la existencia de la aseguradora es fundamental la del reasegurador, dado que “el reaseguro es el seguro del riesgo asumido por el asegurador” (Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro, 2010, p 1). Esto significa que, al igual que la aseguradora recibe los riesgos de los clientes, ella misma los transfiere en parte o en su totalidad en la medida que necesita proteger su exposición al riesgo.

2.1 Seguros y reaseguro

2.1.1 Rol del reaseguro

El rol del reaseguro existe desde 1370 y surgió por la necesidad del aseguramiento de mercancías de alto costo y riesgo en el transporte marítimo, que la aseguradora por sí sola no podía asumir; tiempo después, con el desarrollo industrial, se potencializó mediante la entrega a la aseguradora de la capacidad de manejar cúmulos más altos en su cartera sin tener el riesgo de incumplimiento de la promesa de valor con sus clientes (Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro, 2010).

Cúmulo, según Fundación Mapfre, Cúmulo de riesgos (accumulation of risks) (2019, p 1), es la “situación que se produce cuando determinadas partes de un mismo riesgo están aseguradas simultáneamente por la misma entidad aseguradora, o cuando ciertos riesgos distintos están sujetos al mismo evento”.

Desde la época antes mencionada, el rol del reaseguro se ha enfocado en entregar a la aseguradora capacidades adicionales en el desarrollo de sus funciones, por medio de:

Disminución de la volatilidad en los resultados: la aseguradora realiza sus estudios de prima con historia siniestral y a partir de ellos establece una tarifa que, según la hipótesis que formule, cubrirá los riesgos que se presentan en la mutualidad; sin embargo, ante una fluctuación inesperada en el riesgo, esta hipótesis puede no cumplirse, por lo que el reaseguro entra en segunda línea a ayudar a asumir el riesgo ocurrido (Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro, 2010).

Homogenizar la cartera de la aseguradora: cuando la cartera de la aseguradora es heterogénea (presenta grandes diferencias de valores asegurados), la prima recibida por todos los riesgos puede no ser suficiente para cubrir el siniestro de la póliza con un alto valor asegurado, por lo que la aseguradora debe realizar un

“corte” en la cartera deseada y usar el reaseguro para los riesgos que no se incluyan en él, con el fin de homogenizar la cartera y de que una desviación de siniestralidad no esperada no se presente en los estados de resultados de la aseguradora (Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro, 2010).

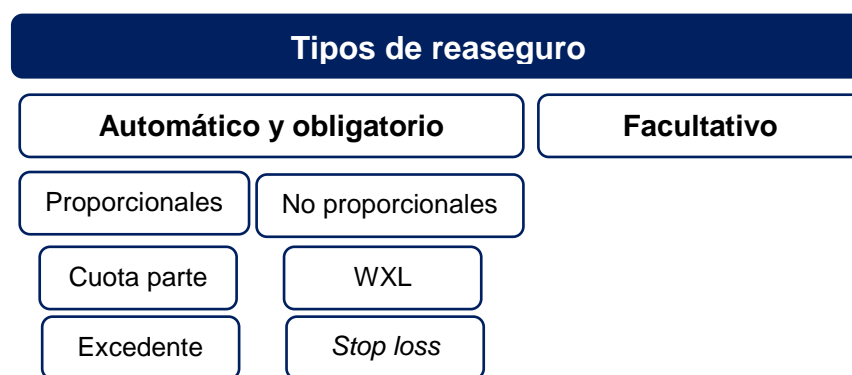
De acuerdo con Allianz Compañía de Seguros (s.f., p 1), cartera es el “conjunto de pólizas cuyos riesgos están cubiertos por una Entidad Aseguradora. Se pueden considerar como cartera el número total de pólizas vigentes o la suma total de los valores asegurados”.

Para cumplir los objetivos anteriores existen diferentes tipos de estructuras de reaseguro, que se adecúan según las necesidades de protección de la aseguradora y en función de los riesgos que asume.

2.1.2 Tipos de reaseguro

Para hablar de los diferentes tipos de contratos es necesario establecer que existen dos figuras de las que se desprende la variedad de estructuras de reaseguro:

Ilustración 1. Tipos de reaseguro



Fuente: elaboración propia

2.1.2.1 Contratos automáticos

En esta modalidad de reaseguro, el asegurador cede obligatoriamente todos los riesgos dentro de unos límites y condiciones pactados en los contratos; de manera homóloga, el reasegurador debe aceptar todos los riesgos que se suscriban y que cumplan las condiciones pactadas.

Este tipo de reaseguro brinda facilidad y libertad para la aseguradora en la comercialización de pólizas puesto que cada nuevo riesgo que traiga a su cartera puede contar con el acompañamiento del reasegurador, incluso antes de que se le avise. Por último, lo anterior implica que el costo en la administración del portafolio se disminuya (Esteve Casablanca, 2006; Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro, 2010)

2.1.2.1.1 Contratos automáticos proporcionales

El fin de los contratos automáticos proporcionales es que

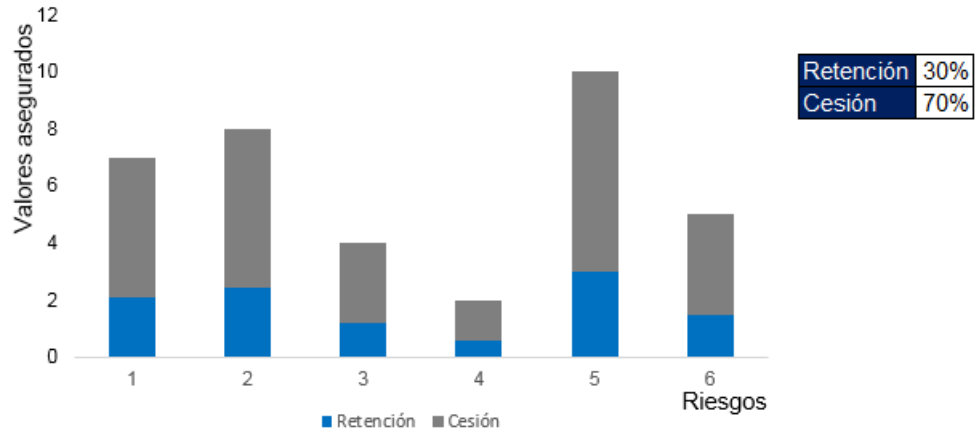
el reasegurador acepta como riesgo una proporción determinada de la suma asegurada de cada póliza de la cedente, esta proporción permite por un lado determinar la responsabilidad del reasegurador sobre los siniestros que puedan acaecer a éstas pólizas y por otro lado permite también determinar la prima a su cargo (Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro, 2010, p 46).

Cuota parte: se establece un porcentaje fijo en el que se repartirán el riesgo entre la aseguradora y el reasegurador (valor asegurado), por lo que en este mismo coeficiente se distribuirán las primas y los siniestros (Esteve Fischer, 1994).

Este tipo de contrato no necesariamente homogeniza la cartera, puesto que lo que recoge es una partición de ella entre ambos entes, lo que puede traer una desventaja para la aseguradora porque puede llegar a ceder riesgos pequeños que, con su apetito de riesgo, podría asumir (Esteve Casablanca, 2006).

Su uso se puede derivar de una cartera con gran frecuencia siniestral más que de una con siniestros de alta severidad.

Ilustración 2. Estructura de contratos de cuota parte

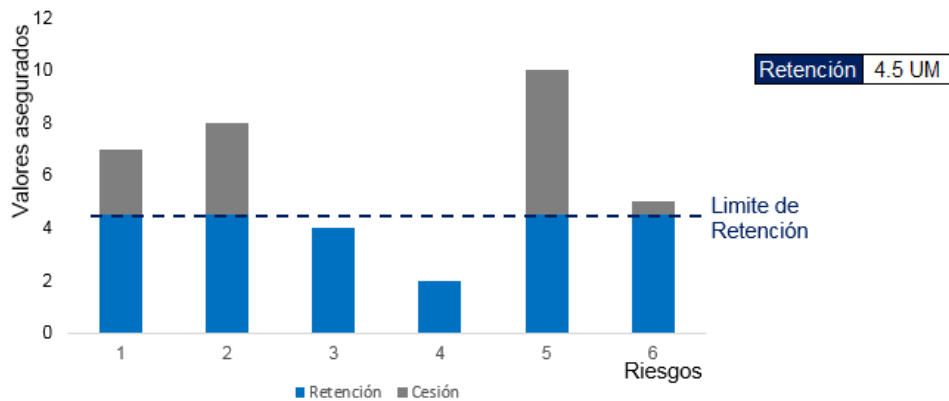


Fuente: elaboración propia

Excedente: en este tipo de contratos, la aseguradora no cede todos los riesgos que llegan a su cartera, sino que establece un límite de retención en términos de valor asegurado y solo cede aquellos riesgos que excedan su capacidad. El reasegurador recibe la prima proporcional a la parte del riesgo que está asumiendo y pagará los siniestros en la misma proporción (Esteve Fischer, 1994).

El reaseguro excedente es el instrumento perfecto para homogenizar la cartera de la aseguradora porque evita ceder los riesgos que puede asumir con su apetito de riesgo (Esteve Casablanca, 2006).

Ilustración 3. Estructura de contratos de excedente



Fuente: elaboración propia

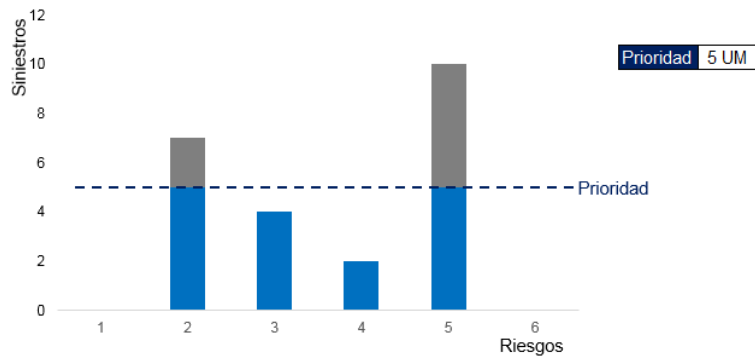
2.1.2.1.2 Contratos automáticos no proporcionales

Esta modalidad de reaseguro “surgió por la necesidad que tenían las compañías de seguros de protegerse frente a las consecuencias de aquellos siniestros cuya cuantía o amplitud podrían poner en peligro su capacidad financiera” (Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro, 2010, p 47).

La aseguradora se encarga de pagarle al reasegurador la cobertura por el “seguro” que tendrá para sus siniestros.

WXL (*working excess of loss*): en este caso, la repartición de las responsabilidades se establece después de ocurrido el siniestro. Se define en forma contractual hasta cuál límite (prioridad) la aseguradora está dispuesta a asumir el siniestro y el resto queda a cargo del reasegurador (en este caso también se establece un límite de cobertura por parte del reasegurador) (Esteve Casablanca, 2006; Esteve Fischer, 1994).

Ilustración 4. Estructura de contratos de tipo WXL



Fuente: elaboración propia

Stop loss: el reasegurador asume el exceso de porcentaje de siniestralidad (siniestros y primas) que se establezca por el contrato; su uso es poco frecuente.

2.1.2.2 Contratos facultativos

En esta modalidad de reaseguro, la aseguradora decide con libertad si cede el riesgo y el reasegurador, de manera homóloga, es libre de aceptarlo o rechazarlo. Este tipo de reaseguro se contrata para cada riesgo.

Su función principal consiste en proveer una capacidad adicional de suscripción cuando los contratos automáticos u obligatorios se superan, en cubrir un riesgo que, dadas las cláusulas del contrato obligatorio, se encuentre excluido, en proteger riesgos muy inusuales o peligrosos que necesitan una visión diferente al convencional y, por último, le permite a la aseguradora tener una cartera homogénea que ayuda a la dispersión de su riesgo (Esteve Casablanca, 2006).

Cada modalidad y tipo de contrato de reaseguro genera en la aseguradora ventajas y desventajas que debe entender y aprovechar según sus necesidades, lo que lo lleva al problema de optimización de reaseguro que ha sido estudiado a lo largo de la historia financiera y actuarial de las compañías mencionadas.

2.1.3 Reseña histórica de la optimización de reaseguro

En 1960, Bosch comenzó a tratar la optimización del reaseguro desde una mirada de contratos no proporcionales de fácil uso para las aseguradoras porque que se declaraba un *stop loss* con el fin de minimizar la siniestralidad retenida. Investigaciones posteriores siguieron ideas similares en las que el objetivo era establecer un solo tipo de contrato ideal al tener en cuenta medidas de riesgo generales (desviación estándar o varianzas) (Balbás, Balbás y Heras, 2011).

Centeno, Kaluszka y Schmitter en 2001, citados por Verlaak y Beirlant (2003), comenzaron a considerar que en la optimización del reaseguro era necesario crear estructuras e incluir diferentes tipos de contratos, puesto que en la vida real el reaseguro es mucho más complicado. Incluso para una cartera de propiedades relativamente simple, se construirá un reaseguro basado en una combinación de diferentes tipos de protecciones.

Si se tiene claro que la optimización de reaseguro depende de los diferentes tipos de contratos existentes en el mercado, también es fundamental tomar en consideración medidas de riesgo coherentes para revisar la exposición y la disminución de riesgo que aportará el programa de reaseguro (Balbás et al., 2011).

Muchos han sido los artículos alrededor de la determinación de la mejor medición del riesgo para la optimización del reaseguro y entre ellos se encuentran:

- Valor en riesgo (VaR): “pérdida máxima esperada en un período de horizonte dado con un nivel de confianza dado. Debido a su atractivo intuitivo, los reguladores financieros adoptan el VaR como herramienta estándar para establecer los requisitos de capital en una institución aseguradora” (Zhang, Jin, Li y Chen, 2016, p 1).
- Valor en riesgo condicional (CVaR): medida de riesgo convexa y coherente que también se denomina expectativa de la cola condicional y valor en riesgo promedio; a menudo se recomienda como una alternativa al VaR. Combina aspectos de la metodología del VaR con más información sobre la distribución de

los rendimientos en la cola, porque es la pérdida promedio en el peor porcentaje dado del posible resultado (Zhang, Jin, Li y Chen, 2016, p 1).

Este indicador de riesgo “se está haciendo cada vez más popular entre los investigadores y los profesionales debido a sus interesantes propiedades” (Balbás, Balbás, Balbás y Heras, 2015, p 2).

Las medidas de riesgos anteriores muestran la necesidad de enmarcar la gestión de la compañía de seguros y la decisión de contratación óptima del programa de reaseguro en una gestión integral de riesgos (ERM o *enterprise risk management*), en la que se gestionen colectivamente los riesgos y se establezcan apetitos de riesgo.

Willis Re (2016) encontró que, en una encuesta a 241 aseguradoras, el 87% de ellas admitió que los administradores utilizan el apetito por el riesgo para optimizar su reaseguro, lo que muestra cómo se ha avanzado en la toma de decisiones alrededor del reaseguro. Estos logros han permitido establecer una gestión que evalúe e incluya en mayor medida la integralidad de los resultados financieros por encima de una decisión basada en precio. Esto demuestra que el reaseguro es una de las herramientas de administración de riesgos más poderosas disponibles y, por lo tanto, el uso del apetito por el riesgo en la toma de decisiones del reaseguro es un buen indicador de la influencia de estas declaraciones en una organización. (Eckles, Hoyt, & Miller, 2014; Willis Re, 2016).

Además, Krvavych y Sherris (2005) demostraron que existe una relación directa entre la demanda de reaseguro y la disminución del capital basado en riesgo, por lo que la contratación de reaseguro reduce en forma efectiva los requisitos del asegurador en cuanto a la exigencia del monto de capital de riesgo requerido, debido a su impacto en la exposición al riesgo y a la disminución de la volatilidad. Dado lo anterior, los autores encontraron que la decisión de la estructura óptima de reaseguro se enmarca en la gestión integral de riesgos y la definición de la

estructura de capital de la aseguradora, con el fin de generar valor (EVA) para los accionistas.

El camino de entendimiento del riesgo en la optimización del reaseguro va mostrando que, si bien las compañías ya entienden de generación de EVA y los apetitos de riesgo, todavía quedan pendientes por tomar decisiones en función del capital, lo que se evidencia en la encuesta de Willis Re, en la que el 77% de los encuestados usan medidas de retorno para la decisión de optimización de reaseguro y apetitos de riesgo, mientras que el 23% restante basa sus análisis según el retorno sobre el capital y el riesgo que asumen con determinada estructura (Melia y Tsimaratos, 2016; Willis Re, 2016).

2.1.4 Medidas de riesgo para las aseguradoras

2.1.4.1 Solvencia II

Las compañías aseguradoras, para asumir el riesgo que están corriendo, deben tener capacidad de respuesta para cumplir las obligaciones que tienen con sus clientes ante escenarios inesperados. Dado lo anterior, y a partir de las últimas crisis del mercado financiero, el regulador de seguros de cada país en el que operan dichas compañías ha venido aumentando el requerimiento de capital con base en una metodología llamada Solvencia II (Betancur Betancur y Palacio Orozco, 2015).

Solvencia II establece que las compañías aseguradoras, para operar, deben cumplir un requerimiento de capital de solvencia, que se determina por un capital basado en riesgo que consiste en el capital mínimo necesario con el que debe contar una compañía aseguradora, con el objetivo de cumplir las obligaciones durante un año con un nivel de confianza del 99.5% (equivalente a un año de eventos que pueden generar insolvencia por cada 200 años de exposición al riesgo) (Swiss Re, 2015, p 3).

Por medio del requerimiento de capital de solvencia se miden los riesgos inesperados por medio de la teoría del valor extremo, en la que se consideran factores en la cola de la distribución. Los riesgos más importantes que se tienen en cuenta son:

Riesgos de seguros:

Riesgo de suscripción: es el riesgo que surge al contemplar que los gastos totales (administrativos y técnicos) más las obligaciones con los clientes (siniestros), sean superiores a las primas netas recibidas de los clientes (Towers Watson, 2015).

Riesgo de Reservas: este riesgo se deriva de dos fuentes, que el nivel de la reserva esté subestimada y que la naturaleza estocástica de los pagos futuros se desvíe del mejor estimado actual (González & Albarrán, 2007).

Riesgo catastrófico: este riesgo se deriva de eventos extremos que no se encuentran capturados por los riesgos de reserva ni de primas. Dentro de este riesgo se clasifican los desastres naturales de alta severidad y eventos de riesgo con múltiples asegurados afectados (Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisor, 2008).

Riesgo operativo: es el riesgo que resulta de fallas internas en los procesos, fallas con las personas, sistemas o eventos externos (Superintendencia de Seguros y Valores de Chile, 2015).

Riesgos financieros:

Riesgo de tasa de interés: este riesgo refleja el descalce que existe entre los flujos de los activos que se administran y el comportamiento de los flujos de pago de las reservas (obligaciones) (Cuesta, 2011).

Riesgo de tasa de cambio: el riesgo de tasa de cambio, se relaciona con la exposición que se tiene a la volatilidad de las monedas en los activos y pasivos de la compañía. (Durán Santomil, Otero González, Vivel Bua & Fernández López, 2012).

Riesgo inmobiliario: el requerimiento de capital por inversiones en activos inmobiliarios se deriva de la exposición que tiene la compañía por la volatilidad en los precios de estos activos (UNESPA. Asociación Empresarial del Seguro, 2015).

Riesgo de inflación: este riesgo se deriva de las posibles pérdidas a las que se debe enfrentar una compañía aseguradora por un escenario de estrés sobre las fluctuaciones esperadas en la inflación. El riesgo contempla la posición pasiva y activa de la compañía (Superintendencia de Seguros y Valores de Chile, 2015).

Riesgo de acciones: este riesgo se deriva de la volatilidad en los precios de estos activos. En este riesgo se considera un escenario de pérdidas potenciales por la caída en los precios en el mercado de renta variable (UNESPA. Asociación Empresarial del Seguro, 2015).

Riesgo de crédito: el riesgo de crédito corresponde al riesgo existente en el incumplimiento de obligaciones por una contraparte. Este riesgo refleja las posibles pérdidas por incumplimiento o deterioro de la calidad crediticia de los deudores de la compañía (Carrera, 2012).

Margen de solvencia:

Así como las aseguradoras tienen el requerimiento de capital basado en riesgo, las compañías cuentan con un capital disponible (patrimonio técnico); el objetivo de esta medición es que el capital disponible de las aseguradoras no sea inferior al capital basado en riesgo que tienen.

2.1.4.2 Solvencia en Colombia

La solvencia para compañías aseguradoras en el marco regulatorio colombiano se define por el decreto 2954 de 2010 del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, en este decreto se definen los conceptos de Patrimonio Técnico (Capital con el que cuenta la compañía para hacer frente a los riesgos a los que está expuesto) y Patrimonio Adecuado (referente del nivel de recursos necesarios para hacer frente

a pérdidas extremas anuales, según el perfil de riesgos de la compañía). (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Colombia, 2010).

Actualmente, el marco regulatorio existente consiste en una medición paramétrica con valores de castigo fijos y sin la exigencia de la normatividad internacional en donde el nivel de riesgo no necesariamente se ve reflejado en los riesgos que se evalúan (riesgo de suscripción (función de primas o siniestros), mercado y activo). (Swiss Re, 2015)

La normatividad está introduciendo cambios progresivos en sus marcos existentes de solvencia con el fin de adaptarse de manera gradual a las prácticas de Solvencia II. (Swiss Re, 2015).

2.2 Frontera eficiente de portafolio

En 1952, con la tesis doctoral de Harry Markowitz, se estableció la teoría moderna de portafolios, mediante la introducción del concepto de portafolios óptimos según el riesgo y la rentabilidad esperada (Markowitz, 1952).

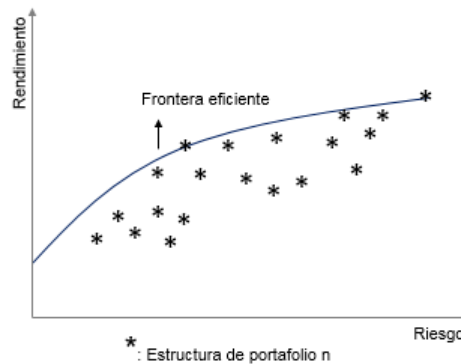
Markowitz, en 1952, aseguró que los conceptos de rendimiento y riesgo aparecían con frecuencia en los estudios financieros; sin embargo, si se reemplazaran por rendimiento esperado y por varianza en el rendimiento y su dispersión, en su orden, aparecía un cambio conceptual. Dado esto, al considerar el rendimiento (E) en sentido positivo y el riesgo (V) por evitar, encontrar eficiencias en la relación entre E y V era razonable y una hipótesis para testear.

Para Markowitz era fundamental la diversificación de activos (combinación de ellos) para la creación de un portafolio que brinde la rentabilidad esperada máxima con la mínima varianza posible y para ello tuvo en cuenta dos supuestos importantes:

- El inversionista deberá actuar acorde con la E y la V planteadas
- Debe ser posible llegar a una media y a una varianza razonables (técnicas estadísticas y experiencia)

Después de establecer los diferentes portafolios, es posible plantear la frontera eficiente de portafolios, conformada por las diferentes combinaciones. Se encuentra que los puntos que conforman la frontera representan la mayor rentabilidad que se puede alcanzar con un nivel de riesgo establecido y cualquier punto que se encuentre por debajo o a la derecha es ineficiente.

Ilustración 5. Frontera eficiente de portafolio



Fuente: elaboración propia

Gracias a Markowitz se encontró que un inversionista, después de entender las diferentes combinaciones de E y V, puede escoger el mejor portafolio que se adapte a su apetito de riesgo y no necesariamente este debe ser el que mayor rentabilidad tenga de las combinaciones (Markowitz, 1952).

3. Método de solución

- Revisión del marco conceptual de reaseguro para contextualizar las estructuras de reaseguro por usar, las aproximaciones para tener en cuenta y el entendimiento de los resultados encontrados según la teoría existente.
- Caracterización de la cartera para tener en cuenta en términos de exposición, valores asegurados, primas, frecuencia y severidad siniestral.
- Aplicación de simulación de Montecarlo a las diferentes estructuras de reaseguro planteadas para encontrar los resultados de rentabilidad y riesgo a los que cada una expondría a la compañía aseguradora.
- Consecución de frontera eficiente de reaseguro, con el fin de mostrar al administrador la posibilidad de escoger la estructura de reaseguro según el apetito de riesgo y la rentabilidad necesaria para cumplir sus exigencias en resultados.

4. Presentación y análisis de resultados

4.1 Caracterización de la cartera

El presente análisis presenta el estudio para un ejemplo de compañía aseguradora colombiana.

Se tomó como base la caracterización siniestral de una de cartera; es importante mencionar que, para incluir todo tipo de siniestros (atípicos), tanto de frecuencia como de severidad, fue necesario tener en cuenta para el análisis los últimos tres años de historia.

Al tomar en consideración lo anterior, se definieron curvas de frecuencia y severidad, que sirvieron de insumo para la modelación de la cartera con la que se hicieron la demostración y el análisis de los resultados del ejercicio.

4.1.1 Frecuencia

Se define frecuencia como la cantidad de siniestros que puede tener una póliza expuesta en un año.

$$F = \forall PE [(n)]$$

F = frecuencia

PE = póliza expuesta

n = número de siniestros en el período de exposición

Ilustración 6. Caracterización cartera: frecuencia

n	Probabilidad	Probabilidad acumulada	VE (F)	S (n)
0	96.58%	96.58%	0.048	0.314
1	2.63%	99.21%		
2	0.47%	99.68%		
3	0.20%	99.87%		
4	0.06%	99.93%		
5	0.04%	99.96%		
6	0.01%	99.97%		
7	0.01%	99.99%		
8	0.01%	99.99%		
9	0.00%	100.00%		
10	0.00%	100.00%		

Fuente: elaboración propia

El valor esperado de la frecuencia de los siniestros de la cartera se expresa como:

$$VE (F) = \sum n * [P(n)]$$

La desviación de la frecuencia de los siniestros de la cartera se expresa como:

$$S (F) = \sqrt{\left\{ \sum (n^2) * [P(n)] \right\} - [VE (F)]^2}$$

4.1.2 Severidad

Se define severidad como la proporción de consumo del valor asegurado que la aseguradora debe pagar en el momento de un siniestro.

Es importante tener claridad acerca de la relación entre el siniestro y el valor asegurado, puesto que esa proporción es la que define el comportamiento de cualquier expuesto que se siniestrará, con el fin de extrapolar la historia a cualquier cartera futura que tenga la compañía.

$$Sev = \forall Sin [VP/VA]$$

Sev = severidad

Sin = siniestro

VP = valor pagado

VA = valor asegurado

Ilustración 7. Caracterización cartera: severidad

Clase	Promedio de clase	Probabilidad	Probabilidad acumulada	VE (Sev)	S (Sev)
0.00063%	0.00035%	3.79%	3.79%	0.72%	4.87%
0.00901%	0.00379%	31.08%	34.87%		
0.04534%	0.02242%	28.26%	63.13%		
0.14313%	0.08140%	16.00%	79.13%		
0.34935%	0.2297%	8.27%	87.40%		
0.72435%	0.5159%	3.65%	91.05%		
1.34188%	0.9833%	2.92%	93.97%		
2.28914%	1.7686%	1.65%	95.62%		
3.66672%	2.9167%	1.36%	96.98%		
5.58863%	4.3857%	0.78%	97.76%		
8.18228%	7.2559%	0.49%	98.25%		
11.58850%	9.8618%	0.39%	98.64%		
15.96155%	13.23%	0.39%	99.03%		
21.46907%	17.57%	0.29%	99.32%		
28.29215%	23.91%	0.10%	99.42%		
36.62525%	31.33%	0.10%	99.51%		
46.67627%	41.37%	0.15%	99.66%		
58.66652%	52.67%	0.00%	99.66%		
72.83072%	64.06%	0.15%	99.81%		
89.41700%	77.42%	0.19%	100.00%		

Fuente: elaboración propia

El valor esperado de la severidad de los siniestros de la cartera se expresa como:

$$VE (Sev) = \sum \text{marca de clase} * [P(\text{clase})]$$

La desviación de la severidad de los siniestros de la cartera se expresa como:

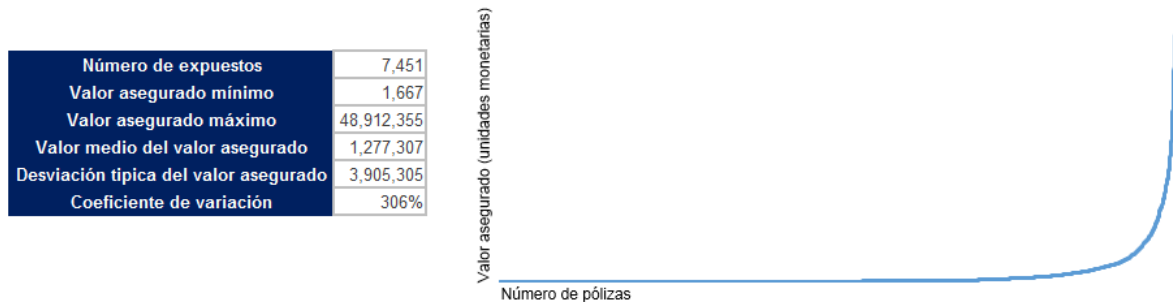
$$S (F) = \sqrt{\left\{ \sum (\text{marca de clase}^2) * [P(\text{clase})] \right\} - [VE (Sev)]^2}$$

4.1.3 Cartera

Las carteras se expresan en unidades monetarias.

Como se mencionó en el marco de referencia, una cartera, según Allianz Compañía de Seguros (s.f.), es el número total de pólizas vigentes o la suma de los valores asegurados. Dado lo anterior, la cartera con la que se trabajó fue:

Ilustración 8. Caracterización cartera: valores asegurados



Fuente: elaboración propia

Como se evidencia en la gráfica anterior, el número de expuestos fue de 7,451, con un valor asegurado promedio de 1,277 mil unidades monetarias y una desviación estándar de 3,905 mil unidades monetarias. Conviene observar que el coeficiente de variación fue superior a 1.

Lo anterior muestra una cartera de gran volumen, en la que la ley de los grandes números, postulada por Jacobo Bernoulli, Simeón Poisson y otros probabilistas notables, se aplica, porque que establece que

los fenómenos eventuales, que circunstancialmente se producen o manifiestan al examinar continuamente un mismo acontecimiento, decrecen en su irregularidad hasta adquirir una constante, a medida que aumenta el número de veces en que la observación es realizada o se

extiende la masa de hechos a que se aplica dicha observación (Fundación Mapfre, 2019, p 1).

Planteada esta característica, es posible aplicar la cartera encontrada como una base técnica actuarial sólida para el análisis de los resultados.

Si bien es una cartera de gran volumen, se evidencia que no es homogénea, porque su coeficiente de variación es superior a 20%; en este caso, asumir un riesgo de esa magnitud como aseguradora puede llevar a una volatilidad material en los estados de resultados; sin embargo, para la reaseguradora, por ser de mayor tamaño, puede incluir los valores asegurados atípicos en su cartera y gestionarlos.

4.1.4 Volatilidad de la cartera

Si bien en la frecuencia, la severidad y los valores de la cartera se evidenció en cada caso un valor promedio y una medida de desviación, tener en cuenta solamente estos valores para el análisis se podría considerar una medida miope, aunque en los comienzos de la optimización del reaseguro era un buen insumo.

Dado lo anterior, y de acuerdo con los conceptos evidenciados por Balbás et al. (2011), se considera fundamental medir la volatilidad en términos de VaR (*value at risk*), por lo que una de las formas más comunes de cálculo es la simulación Monte Carlo, a la que se acudió para el análisis y la demostración.

4.2 Simulación de Monte Carlo

Con el fin de establecer el comportamiento de la cartera que debe reasegurarse, es necesario simular como sería el estado de resultados de la aseguradora, dados los que ha tenido en la caracterización siniestral.

Como antes se observó, los resultados pueden ser muy dispersos, por lo que, para cada estructura de reaseguro que la aseguradora quiera evaluar, es necesario

simular un número representativo de iteraciones, con el fin de que un resultado puntual del comportamiento de una simulación no lleve a tomar decisiones erróneas en el momento de reasegurar.

Las estructuras de reaseguro para las que se hicieron las simulaciones fueron estructuras proporcionales, de manera específica la de cuota parte y la de excedente.

4.2.1 Estado de resultados de la aseguradora

El estado de resultados es la herramienta que permite observar la situación financiera de la compañía, los ingresos que obtiene, los costos y los gastos que tiene en su operación y la rentabilidad que genera en cada período.

Ilustración 9. Estado de resultados de la aseguradora

Prima emitida
Prima cedida
Prima retenida
Total de siniestros
Siniestros a cargo del reasegurador
Siniestros retenidos
Gastos técnicos y administrativos
Comisión de reaseguro
Utilidad antes de impuestos
Impuestos
Utilidad

Fuente: elaboración propia

Un indicador del estado de resultados en la aseguradora que permite ver la suficiencia de la prima consiste en la razón combinada, que se describe como el ratio con el que los costos de siniestralidad y los gastos técnicos y administrativos se cubren por medio de la prima retenida.

$$RC = \frac{\text{Siniestros retenidos} + \text{gastos técnicos y administrativos} + \text{comisión de reaseguro}}{\text{Prima retenida}}$$

RC = razón combinada

El objetivo de la simulación de Monte Carlo es la creación de un estado de resultados y su índice de razón combinada por cada estructura de reaseguro por evaluar en cada una de las iteraciones efectuadas.

4.2.2 Simulación de prima emitida y prima retenida

Dados los insumos:

VA (PE) = valor asegurado de la póliza expuesta

%Ret_{CP} = porcentaje de retención en la estructura de cuota parte

Prioridad_{Exc} = prioridad de la estructura de excedente

Prima emitida (PE) = prima emitida de la póliza expuesta

Estructura de cuota parte:

$$\text{Prima_Emitida_Total} = \sum_{PE=1}^{PE} \text{prima emitida (PE)}$$

$$\text{Prima_Retenida_CP} = \sum_{PE=1}^{PE} \text{prima emitida (PE)} * \%Ret_{CP}$$

Estructura de excedente:

$$Prima_Emitida_Total = \sum_{PE=1}^{PE} prima\ emitida\ (PE)$$

$$\%Ret_{Exc}(PE) = \frac{Prioridad_{Exc}}{VA(PE)}$$

$$Prima_Retenida_Exc = \sum_{PE=1}^{PE} prima\ emitida\ (PE) * \%Ret_{Exc}(PE)$$

4.2.3 Simulación de siniestros totales y retenidos

Estructuras de cuota parte y de excedente

Se define el número de simulaciones por realizar (Sim)

$\forall Sim, \forall PE$

$P = aleatorio [0,1]$

$Nstros(PE, Sim) = F(P)$

Donde F es la función de probabilidad discreta acumulada definida en la ilustración de caracterización de cartera: frecuencia.

Si $Nstros(PE, Sim) = 0$

$Claim(PE, Sim, 1) = 0$

$Siniestro(PE, Sim, 1) = 0$

$Siniestro_Ret_CP(PE, Sim, 1) = 0$

$Siniestro_Ret_Exc(PE, Sim, 1) = 0$

Si $Nstros(PE, Sim) > 0$

$\forall Nstros(PE, Sim)$

$X = Aleatorio [0,1]$

$Claim(PE, Sim, Nstros) = Sev(X)$

Donde Sev es la función de probabilidad discreta acumulada definida en la ilustración de caracterización cartera: severidad

$$Siniestro (PE, Sim, Nstros) = VA(PE) * Claim(PE, Sim, Nsiniestros)$$

$$Siniestro_Ret_CP (PE, Sim, Nstros) = Siniestro (PE, Sim, Nstros) * \%Ret_{CP}$$

$$Siniestro_Ret_Exc (PE, Sim, Nstros) = Siniestro (PE, Sim, Nstros) * \%Ret_{Exc}(PE)$$

$$Siniestro_Total (Sim) = \sum_{PE=1}^{PE} \sum_{Nsiniestros=0}^{Nsiniestros} Siniestro (PE, Sim, Nsiniestros)$$

$$Siniestro_Total_Ret_CP (Sim) = \sum_{PE=1}^{PE} \sum_{Nstros=0}^{Nstros} Siniestro_Ret_CP (PE, Sim, Nstros)$$

$$Siniestro_Total_Ret_Exc (Sim)$$

$$= \sum_{PE=1}^{PE} \sum_{Nstros=0}^{Nstros} Siniestro_Ret_Exc (PE, Sim, Nstros)$$

4.2.4 Resultados de la aseguradora

Estructura de cuota parte:

$\forall Sim$

Utilidad (Sim)

$$= (Prima_Retenida_CP + Siniestro_Total_Ret_CP (Sim) + Gastos \text{ t\u00e9c. y admon. + Comisi\u00f3n de Reaseguro}) * (1 - \%Imp.)$$

RC (Sim)

$$= \frac{Siniestro_Total_Ret_CP (Sim) + Gastos \text{ t\u00e9c. y admon. + Comisi\u00f3n de Reaseguro}}{Prima_Retenida_CP}$$

Estructura de excedente:

$\forall Sim$

Utilidad (Sim)

$$= (Prima_Retenida_Exc + Siniestro_Total_Ret_Exc (Sim) + Gastos \text{ t\u00e9c. y admon. } + Comisi\u00f3n \text{ de Reaseguro}) * (1 - \%Imp.)$$

RC (Sim)

$$= \frac{Siniestro_Total_Ret_Exc (Sim) + Gastos \text{ t\u00e9c. y admon. } + Comisi\u00f3n \text{ de Reaseguro}}{Prima_Retenida_Exc}$$

4.3 Frontera eficiente de reaseguro

Seg\u00fan Markowitz (1952), la curva de portafolios \u00f3ptimos de portafolio de inversi\u00f3n se construye por medio del rendimiento esperado y de la varianza del rendimiento y su dispersi\u00f3n.

Si este planteamiento se lleva al sector asegurador y su decisi\u00f3n de reaseguro \u00f3ptima, el rendimiento esperado se podr\u00eda ver como la utilidad esperada en cada estructura de reaseguro establecida y el nivel de riesgo como el capital basado en riesgo con un nivel de confianza del 99.5%.

El objetivo con dicha asignaci\u00f3n es lograr entender cu\u00e1les estructuras de reaseguro son \u00f3ptimas para diferentes niveles de exposici\u00f3n al riesgo, para de esta forma poder escoger la estructura que de mejor manera se acomode al perfil de riesgo de la aseguradora al tener en cuenta los est\u00e1ndares internacionales de medici\u00f3n del riesgo de Solvencia II.

4.3.1 Utilidad esperada

$$VE(Utilidad) = Promedio (Utilidad (Sim))$$

4.3.2 Capital basado en riesgo

Para determinar el capital basado en riesgo que exige Solvencia II para las aseguradoras, se tuvo en cuenta como único riesgo el de suscripción, dado que:

- Se desconoce el portafolio financiero y, por ende, el riesgo financiero al que la aseguradora estaría expuesta.
- Dada la complejidad en la medición del riesgo operacional, la forma de medición establecida por Solvencia II para este riesgo es un porcentaje de la prima emitida, por lo que cualquier decisión de reaseguro tendría el mismo impacto para el requerimiento de capital.

Debido a ello, el capital basado en riesgo se mide como:

$$VE(RC) = \text{Promedio (Razón Combinada (Sim))}$$

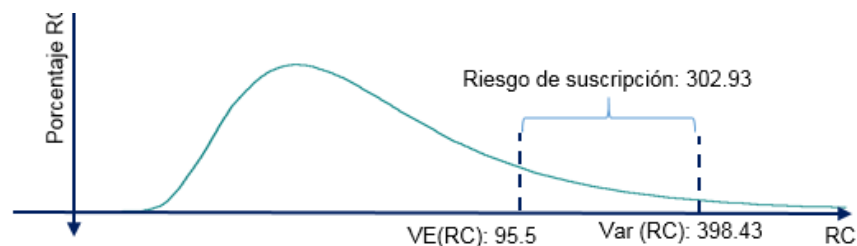
$$Var(RC) = P99.5 \text{ (Razón Combinada (Sim))}$$

$$\% \text{ Riesgo de Suscripción} = Var(RC) - VE(RC)$$

$$\text{Riesgo de Suscripción} = \% \text{ Riesgo de Suscripción} * \text{Prima_Retenida_CP}$$

$$\text{Capital Basado en Riesgo} = \text{Riesgo de Suscripción}$$

Ilustración 10. Distribución de la razón combinada



Fuente: elaboración propia

4.4 Consecución de resultados

Para ejemplificar la toma de decisión para una cartera con diferentes estructuras de reaseguro, se tuvieron en cuenta 22 estructuras diferentes (de excedente y de cuota parte), cada una con 400 iteraciones.

Las estructuras que se tuvieron en cuenta para el ejercicio fueron:

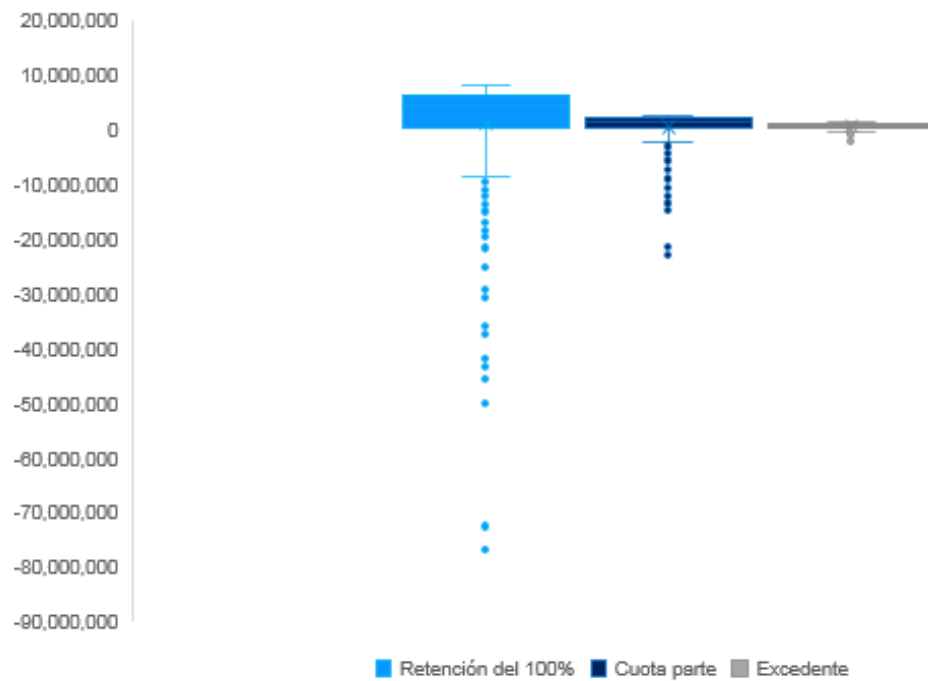
Ilustración 10. Estructuras de reaseguro evaluadas

Estructura de reaseguro de cuota parte	Estructura de reaseguro de excedente
5%	85,000
10%	70,000
20%	50,000
30%	8,000
40%	4,500
50% de retención	4,000 mil unidades monetarias de retención
60%	3,500
70%	3,000
80%	2,500
90%	2,000
100%	1,200

Fuente: elaboración propia

4.4.1 Volatilidad en los resultados de la aseguradora

Ilustración 11. Gráfico de bigotes de las estructuras de reaseguro



Fuente: elaboración propia

Retención del 100%

Ilustración 12. Resultados de la utilidad con retención del 100%

Promedio	997,945	Sigma	10,067,805	Percentil 99.5	(49,933,112)
Percentil 25%		Coefficiente de variación	10.09		

Fuente: elaboración propia

Si bien la aseguradora, dados los parámetros que toma en cuenta en su tarificación, tiene una mayor probabilidad para obtener resultados positivos, presentó una alta desviación en sus utilidades, lo que se reflejó en su coeficiente de variación. Esta desviación tuvo gran cantidad de valores atípicos (observados en el gráfico de bigotes), por lo que uno de dichos resultados pudo hacer que la aseguradora

perdiera las utilidades que pudo haber acumulado varios años atrás en su patrimonio.

Contrato de reaseguro de cuota parte

Ilustración 13. Resultados de la utilidad con contrato de cuota parte

Promedio	489,405	Sigma	3,003,420	Percentil 99.5	(14,744,104)
Percentil	25%	Coefficiente de variación	6.14		

Fuente: elaboración propia

El contrato de reaseguro de cuota parte limitó las pérdidas de la aseguradora; sin embargo, no homogenizó las utilidades porque el coeficiente de variación fue superior a 1.

Si se compara el percentil en el que se ubicó el promedio de la retención del 100% (25%) con el del contrato de cuota parte (25%), se evidencia que fueron iguales, puesto que el último lo que hizo fue limitar la exposición de la aseguradora, sin quitar desviaciones, tanto positivas como negativas.

Contrato de reaseguro de excedente

Ilustración 14. Resultados de la utilidad con contrato de excedente

Promedio	733,360	Sigma	471,862	Percentil 99.5	(851,452)
Percentil	42%	Coefficiente de variación	0.64		

Fuente: elaboración propia

El contrato de reaseguro de excedente limitó las pérdidas de la aseguradora y logró homogenizar de mejor modo las utilidades porque el coeficiente de variación fue superior a 1.

Si se compara el percentil en el que se ubicó el promedio de la retención del 100% (25%) con el del excedente (42%), se evidencia que fue más alto, lo que permitió

mayor certidumbre en las utilidades de la aseguradora. El promedio de la utilidad se redujo en un 26% mientras que el percentil 99.5 de pérdidas disminuyó en un 98%, lo que permitió que los resultados de la aseguradora se mantuvieran más estables y con un buen rendimiento del negocio.

4.4.2 Frontera eficiente de reaseguro

Se tomaron las 22 estructuras, y para cada una se obtuvieron la utilidad esperada y el capital basado en riesgo al que expuso la compañía:

Se tuvo en cuenta que los siguientes rubros son estables para cualquier estructura de reaseguro planteada:

*Gastos técnicos y administrativos = 29% * Prima_Emitida*

*Comisión de reaseguro = 33% * Prima_Cedida*

*Impuestos = 25% * Utilidad_Antes_de_Impuestos*

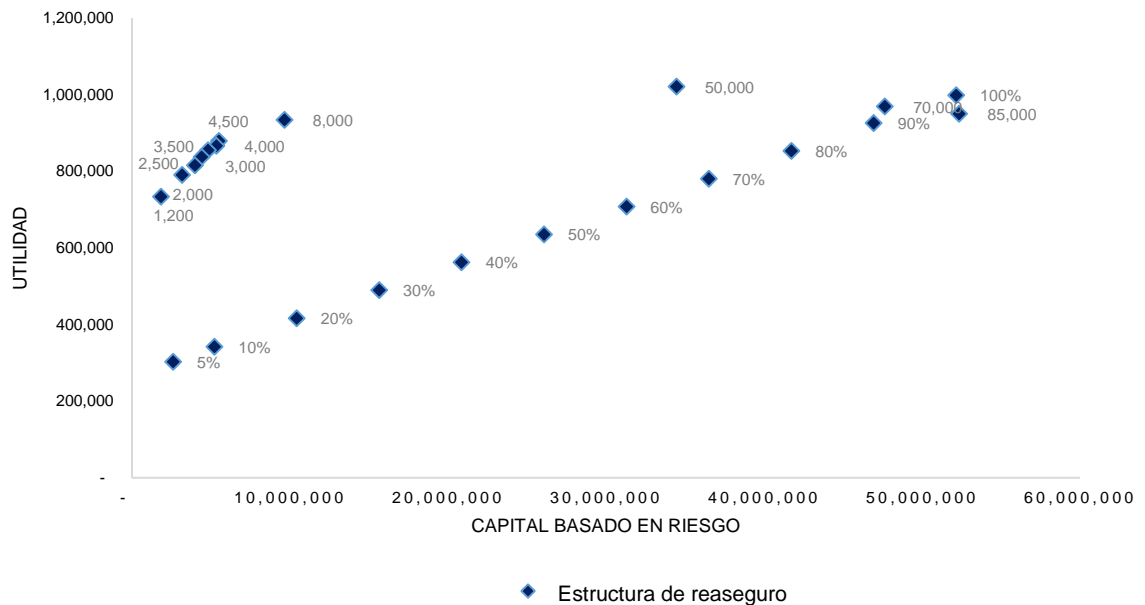
Ilustración 15. Utilidad neta: capital basado en riesgo de las estructuras de reaseguro

Estructura de reaseguro		Capital basado en riesgo	Utilidad
100%	de retención total por parte de la compañía	52,156,855	997,945
5%	de retención de cuota parte	2,607,843	302,746
10%		5,215,686	341,725
20%		10,431,371	416,093
30%		15,647,057	489,405
40%		20,862,742	562,344
50%		26,078,428	635,078
60%		31,294,113	707,705
70%		36,509,799	780,295
80%		41,725,484	852,872
90%		46,941,170	925,418
85,000	de excedente por cada mil unidades monetarias de retención	52,342,522	949,831
70,000		47,653,007	968,436
50,000		34,472,889	1,020,575
8,000		9,653,197	933,719
4,500		5,507,789	878,292
4,000		5,336,765	865,952
3,500		4,823,511	854,318
3,000		4,403,006	837,279
2,500		3,979,026	815,435
2,000		3,167,613	790,223
1,200	1,836,881	733,360	

Fuente: elaboración propia

A partir de esta información, construida por medio del modelo planteado, fue posible crear la frontera eficiente de reaseguro, con la que el administrador evaluará las estructuras con los diferentes niveles de exposición al riesgo (por medio de estándares internacionales de Solvencia II) y tendrá una apreciación visual clara de cuáles estructuras permitirán mayor generación de valor al accionista.

Ilustración 16. Frontera eficiente de reaseguro



Fuente: elaboración propia

Por medio de la frontera anterior, el administrador podrá determinar cuál estructura maximiza su utilidad con el capital basado en riesgo (patrimonio) que esté dispuesta a tener en su compañía.

Es importante determinar que si hay dos estructuras que necesiten el mismo capital basado en riesgo, se debe escoger la que maximice las utilidades, como en el caso de la estructura de reaseguro de excedente y las de cuota parte que se encuentran en la parte más baja de la gráfica.

En la medida en que el accionista escoja tener más capital basado en riesgo con unas utilidades que no crecen a la misma tasa que el primero, se verá más presión sobre la generación de valor exigida por el accionista.

5. Conclusiones

El primer objetivo de este trabajo fue evidenciar la volatilidad a la que se exponen las compañías aseguradoras y la mejor forma de disminuir ese riesgo por medio del reaseguro.

Por medio de variables claves de la cartera de una línea de negocio, se evidenció la dispersión en función de los valores asegurados, por lo que, de manera recíproca, un siniestro que ocurra con un alto valor asegurado puede llevar a que los ingresos percibidos por la aseguradora para la totalidad de sus expuestos sean menores que el valor de un solo siniestro, lo que implica la necesidad un ente externo, como el reasegurador, para ayudar a contrarrestar dicha volatilidad.

Además, se consideraba fundamental cómo las diferentes estructuras de reaseguro proporcional encontradas en el mercado apalancaban de una forma u otra la consecución de los resultados, según las características particulares de cada cartera del negocio asegurador (las de frecuencia o las de severidad).

En los resultados se constató que las características encontradas en la literatura se evidenciaron de muy buena manera en la medición de volatilidad, los coeficientes de variación y los valores promedio, y se confirmó que cada estructura tiene fines diferentes, lo que mostró la necesidad de tener un entendimiento de la cartera y de sus variables claves para poder tomar la decisión.

Después de comprobar los resultados anteriores, por medio de la aproximación a la medida de riesgo por medio del VaR y el riesgo de suscripción planteada por Solvencia II, se evidenció con claridad cómo la mayor retención de un riesgo aumenta el capital basado en riesgo que necesita la aseguradora para operar.

Por último, uno de los mayores aportes de este trabajo fue el de argumentar cómo todos los resultados necesarios para la toma de decisiones se evidenciaron en una sola herramienta, llamada frontera eficiente de reaseguro, que permite ver, en una sola perspectiva, cómo el administrador puede establecer un apetito de riesgo

alrededor del patrimonio que tenga para operar y maximizar su utilidad a partir de dicho valor.

Esta aproximación es de gran utilidad en la medida que se presenten dos o más estructuras que expongan a la compañía al mismo nivel de requerimiento patrimonial, puesto que la decisión que se debe tomar a partir de este conjunto de estructuras es la que le genere mayor valor al accionista.

Para futuros trabajos, se considera interesante incluir un análisis referente a cómo incluir en la perspectiva de frontera eficiente estructuras de reaseguro no proporcionales, que amplíen la cantidad de puntos de la frontera y que permitan la mejor toma de decisiones.

Después de plantear una metodología de análisis que tenga en cuenta elementos financieros y de análisis del sector asegurador, esta herramienta podrá ser utilizada en la industria como una perspectiva de entendimiento para el administrador en la toma de decisiones relativas al reaseguro.

Para terminar, es importante mencionar que las mencionadas son herramientas para respaldar la decisión del administrador, pero que debe ser complementadas con la mirada del experto y las diferentes negociaciones que alcance a encontrar, como mejoras en la comisión de reaseguro, etc., que harán necesarias nuevas versiones del ejercicio.

Referencias

- Allianz Compañía de Seguros (s.f.). *Cartera de seguros*. Bogotá: Allianz Compañía de Seguros. Recuperado el 6 de marzo de 2019 de <https://www.allianz.es/mediadores/glosario/c/cartera-de-seguros>
- Balbás, A., Balbás, B., Balbás, R., & Heras, A. (2015). Optimal reinsurance under risk and uncertainty. *Insurance: Mathematics and Economics*, 60(C), 61-74. doi: 10.1016/j.insmatheco.2014.11.001
- Balbás, A., Balbás, B., & Heras, A. (2011). Stable solutions for optimal reinsurance problems involving risk measures. *European Journal of Operational Research*, 214(3), 796-804. doi: 10.1016/j.ejor.2011.05.035
- Betancourt Bejarano, K., García Díaz, C. M., y Lozano Riaño, V. L. (2013). Teoría de Markowitz con metodología EWMA para la toma de decisión sobre cómo invertir su dinero. *Atlantic Review of Economics*, 1. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4744218>
- Betancur Betancur, D., y Palacio Orozco, J. C. (2015). *Marco regulatorio Solvencia II – Pilar cuantitativo aplicado a las condiciones de riesgo de una compañía aseguradora en Colombia* (trabajo de grado, Maestría en Administración Financiera, Escuela de Economía y Finanzas, Universidad EAFIT, Medellín). Recuperado de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/9225>
- Carrera, S. (2012). *Riesgo de Contraparte y Operacional*. Madrid: Ministerio de Economía y Competitividad.
- Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisor (2008). *Quantitative Impact Study 2*. Frankfurt: CEIOPS.
- Cuesta, F. (2011). El riesgo de tipo de interés. Experiencia española y Solvencia II. *Gerencia de Riesgos y Seguros*, 40-45.

- Durán Santomil, P., Otero González, L., Vivel Bua, M., & Fernández López, S. (2012). Análisis de Riesgo de Tipo Cambio en Solvencia II. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- Eckles, D. L., Hoyt, R. E., & Miller, S. M. (2014). The impact of enterprise risk management on the marginal cost of reducing risk: evidence from the insurance industry. *Journal of Banking Finance*, 43(1), 247-261. doi: 10.1016/j.jbankfin.2014.02.007
- Esteva Fischer, E. (1994). *Guía básica de reaseguro*. Ciudad de México: Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, serie documentos de trabajo N° 38. Recuperado de <https://www.cnsf.gob.mx> › Difusion › OtrasPublicaciones
- Esteve Casablanca, S. (2006). *La dirección de reaseguro. Manual de reaseguro* (trabajo de grado, Maestría en Dirección de Entidades Aseguradoras y Financieras, Barcelona, Universitat de Barcelona). Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Impact-of-Enterprise-Risk-Management-on-the-of-Eckles-Hoyt/b1720fc144431cdd25924f18260a14c1be977e9b>
- Fundación Mapfre (2019). *Cúmulo de riesgos (accumulation of risks)*. Madrid: Fundación Mapfre. Recuperado el 27 de abril de 2019 de https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/publicaciones/diccionario-mapfre-seguros/c/cumulo-de-riesgos.jsp
- Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro (2010). *Introducción al reaseguro*. Madrid: Fundación Mapfre, Instituto de Ciencias del Seguro. Recuperado de <https://www.mapfre.com> › cs-seguro › libros › *Introduccion_al_Reaseguro*
- Fundación Mapfre (2019). *Ley de los grandes números (law of large numbers)*. Madrid: Fundación Mapfre. Recuperado el 27 de abril de 2019 de https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/publicaciones/diccionario-mapfre-seguros//ley-de-los-grandes-numeros.jsp

- González, P. A., & Albarrán, I. (2007). Análisis de Riesgo en Seguros en el Marco de Solvencia II. Madrid: Fundación Mapfre.
- Krvavych, Y. y Sherris, M. (2005). Enhancing insurer value through reinsurance optimization. *Insurance: Mathematics and Economics*, 38(3), 495-517. doi: 10.1016/j.insmatheco.2005.11.004
- Markowitz, H. (1952). *Portfolio selection*. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91. Recuperado de https://www.math.ust.hk/~maykwok/courses/ma362/07F/markowitz_JF.pdf
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Colombia (2010). decreto 2954 de 2010.
- Superintendencia de Seguros y Valores de Chile. (2015). Borrador de Metodología para la Determinación del Capital Basado en Riesgo (Tercera Versión). Santiago de Chile: SVS.
- Swiss Re (2015). *La regulación de la solvencia del seguro en Latinoamérica: modernización a diferentes velocidades*. Zurich: Swiss Re. Recuperado de https://www.swissre.com/latin_america/regulacion_solvencia_america_latina_evolutionando_diferentes_velocidades.html
- Towers Watson. (2015, 12 03). Principios de Solvencia II, organismos e instituciones. Retrieved from www.watsonwyatt.com:www.acturios.org/privado/solvencia/principiossolvencia
- UNESPA. Asociación Empresarial del Seguro (2016, 02 22). Informe del departamento de análisis y estudios. Solvencia II. De un vistazo. Retrieved from <http://www.unespa.com/:http://www.unespa.com/frontend/unespa/Solvencia-II--De-Un-Vistazo-vn3324-vst16>
- Van Lelyveld, Liedorp y Kampman (2011). An empirical assessment of reinsurance risk. *Journal of Financial Stability*, 7(4), 191-203. doi: 10.1016/j.jfs.2011.02.003

- Verlaak, R., & Beirlant, J. (2003). Optimal reinsurance programs: an optimal combination of several reinsurance protections on a heterogeneous insurance portfolio. *Insurance: Mathematics and Economics*, 33(2), 381-403. doi: 10.1016/j.insmatheco.2003.08.002
- Willis Re (2016). *Global reinsurance and risk appetite report 2016*. Recuperado de http://www.willisre.com/documents/Media_Room/Publication/Willis_Re_Global_Risk_Appetite_Report_2016.pdf?scRef=slipcase
- Zhang, N., Jin, Z., Li, S., & Chen, P. (2016). Optimal reinsurance under dynamic VaR constraint. *Insurance: Mathematics and Economics*, 71, 232-243. doi: 10.1016/j.insmatheco.2016.09.011