

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

**ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS CON ÉNFASIS EN
FINANZAS Y BANCA**

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS CON
ÉNFASIS EN FINANZAS Y BANCA**

**“Análisis de la utilización del modelo de triángulos de
Chain Ladder para el cálculo de la provisión de siniestros
ocurridos y no reportados en una compañía aseguradora
en la línea de seguros de salud, para el cierre de
diciembre 2018”**

Sustentante:

Édgar Esteban Bermúdez Vargas

Tutor:

MBA. José Ismael Alpízar Vargas

San José, Costa Rica, 2019

Contenido

Capítulo I.....	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Justificación.....	4
1.3. Tema de investigación.....	6
1.4. Pregunta de investigación.....	6
1.5. Objetivo general.....	6
1.6. Objetivos específicos.....	7
1.7. Alcances y limitaciones.....	7
1.7.1. Alcances.....	7
1.7.2. Limitaciones.....	7
Capítulo II.....	9
Marco teórico.....	9
2.1. Marco teórico.....	10
2.1.2. Conceptos generales del mercado de seguros.....	10
2.1.3. El mercado de seguros en Costa Rica, su historia y sus participantes.....	13
2.1.4. Marco regulatorio del mercado de seguros.....	20
2.1.5. Modelo para el cálculo de provisiones para siniestros pendientes ocurridos y no reportados.....	24
Capítulo III.....	37
Marco metodológico.....	37

3.1. Tipo de investigación.....	38
3.2. Población y sujetos de estudio	38
3.2.1 Fuentes de información	38
3.3. Procedimiento, definición de variables e instrumentos de recolección de datos ...	38
3.4. Técnicas e implementación de los modelos.....	39
3.5. Tratamiento de la información.....	41
3.6. Operacionalización de las variables.....	42
Capítulo IV	44
Aplicación y resultados	44
4.1 Aplicación y resultados.....	45
4.1.1 Chain Ladder metodología supervisor.....	48
4.1.2 Chain Ladder metodología alternativa.	52
4.2 Enfoques Chain Ladder.....	56
4.2.1 Chain Ladder Multiplicativo Factores Razón de Sumas	56
4.2.2 Chain Ladder Multiplicativo Factores Geométricos.	60
4.2.3 Chain Ladder Multiplicativo Factores Aritméticos.....	65
4.3 Cálculo error de muestreo en intervalos de confianza mediante Bootstrap.....	69
4.3.1 Pasos.....	69
4.4 Resultados remuestreos.....	74
4.4.1 Resultados Bootstrap Chain Ladder Razón de sumas bajo metodología alterna.	74

4.4.2 Resultados Bootstrap Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología alterna.	76
4.4.3 Resultados Bootstrap Chain Ladder factores geométricos bajo metodología alterna.	77
4.4.4 Resultados Bootstrap Chain Ladder razón de sumas bajo metodología supervisor.	78
4.4.5 Resultados Bootstrap Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología supervisor.	80
4.4.6 Resultados Bootstrap Chain Ladder factores geométricos bajo metodología supervisor.	81
Capítulo V	84
Conclusiones	84
Capítulo VI	90
Propuesta de implementación	90
6. Propuesta	91
6.1. El problema	91
6.1.1. Formulación del problema	91
6.1.2. Delimitaciones del estudio propuesto	91
6.1.3. Análisis biográfico, documental y recursos disponibles	92
6.2. Plan de trabajo	92
6.2.1. Consideraciones generales	92

6.2.2.	Etapas del trabajo.....	92
6.2.2.1.	Principales actividades	92
6.2.3.	Aspectos metodológicos	93
6.2.4.	Cronograma	93
6.3.	Recursos	95
6.3.1.	Humanos.....	95
6.3.2.	Instalaciones y equipo	95
	Bibliografía.....	96

Índice de tablas

Tabla 1: Primas brutas totales del mercado de seguros, según categoría y aseguradora, acumulados a enero 2015 – 2019.	18
Tabla 2: Crecimiento nominal por primas acumuladas por categoría a marzo periodo 2015 - 2019	20
Tabla 3: Estructura del triángulo Chain Ladder	25
Tabla 4: Estructura del triángulo de razones entre periodos de desarrollo.....	31
Tabla 5: Representación de tasas de inflación en Chain Ladder.	33
Tabla 6: Operacionalización de las variables	42
Tabla 7: Variación Interanual Índice Subyacente de Inflación.	46
Tabla 8: Triángulo de siniestros pagados metodología supervisor.....	48
Tabla 9: Triángulo acumulado de siniestros pagados metodología supervisor	49
Tabla 10: Triángulo de siniestros pendientes metodología supervisor.....	49
Tabla 11: Triángulo agregado de siniestros pendientes y siniestros pagados metodología supervisor.....	50
Tabla 12: Triángulo de factores de desarrollo metodología supervisor	50
Tabla 13: Desviación estándar y coeficiente variación de factores de desarrollo metodología supervisor.....	51
Tabla 14: Triángulo de siniestros liquidados metodología alternativa.	52
Tabla 15: Triángulo de siniestros liquidados acumulada metodología alternativa.	53
Tabla 16: Triángulo de siniestros pendientes metodología alternativa.	53
Tabla 17: Triángulo de siniestros pendientes acumulada metodología alternativa.	54

Tabla 18: Triángulo agregado de siniestros pendientes y siniestros pagados metodología alternativa.	54
Tabla 19: Triángulo de factores de desarrollo metodología alternativa.	55
Tabla 20: Desviación estándar y coeficiente variación de factores de desarrollo metodología alternativa.	55
Tabla 21: Factores de Desarrollo metodología del supervisor.	56
Tabla 22: Factores de Desarrollo metodología alternativa.	56
Tabla 23: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.....	57
Tabla 24: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología alternativa.	57
Tabla 25: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.....	59
Tabla 26: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología alternativa.	60
Tabla 27: Factores geométricos bajo metodología del supervisor.	60
Tabla 28: Factores geométricos bajo metodología alternativa.	61
Tabla 29: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología del supervisor.....	62
Tabla 30: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología alterna.	62
Tabla 31: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología del supervisor.....	64

Tabla 32: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología alternativa.	64
Tabla 33: Factores aritméticos bajo metodología del supervisor.	65
Tabla 34: Factores aritméticos bajo metodología alternativa.	65
Tabla 35: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología del supervisor.....	66
Tabla 36: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología alternativa.	66
Tabla 37: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología del supervisor.....	68
Tabla 38: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología alternativa.	68
Tabla 39: Triángulo agregado de siniestros y factores de desarrollo metodología alternativa.	69
Tabla 40: Triángulo de siniestros calculados de forma recurrente a partir de la diagonal metodología alternativa.	70
Tabla 41: Triángulo de incrementos anuales a partir de siniestros calculados de forma recurrente a partir de la diagonal metodología alternativa.	70
Tabla 42: Triángulo de residuos adimensionales de Pearson metodología alternativa.	71
Tabla 43: Triángulo del resultado de remuestreo a partir de Bootstrap.	71
Tabla 44: Triángulo de resultado de incrementos a partir del remuestreo Bootstrap.	72
Tabla 45: Triángulo acumulado a partir del remuestreo Bootstrap.	72
Tabla 46: Factores de desarrollo remuestreo Bootstrap.	73
Tabla 47: Resultado calculo reservas a partir de remuestreo Bootstrap.....	73

Tabla 48: Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo según enfoque factores de desarrollo metodología alternativa.	74
Tabla 49: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores de desarrollo metodología alternativa.	75
Tabla 50: Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo según enfoque factores aritméticos metodología alternativa.	76
Tabla 51: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores aritméticos metodología alternativa.	76
Tabla 52: Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo según enfoque factores geométricos metodología alternativa.	77
Tabla 53: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores geométricos metodología alternativa.	78
Tabla 54: Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo según enfoque factores de desarrollo metodología supervisor.	79
Tabla 55: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores de desarrollo metodología supervisor.	79
Tabla 56: Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo según enfoque factores aritméticos metodología supervisor.	80
Tabla 57: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores aritméticos metodología supervisor.	81
Tabla 58: Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo según enfoque factores geométricos metodología supervisor.	82
Tabla 59: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores geométricos metodología supervisor.	82

Tabla 60: Cuadro Comparativo de volatilidad relativa y amplitud de intervalo de confianza entre metodología supervisor y alternativa para el total de reservas.....	87
Tabla 61: Cuadro Comparativo de volatilidad relativa y amplitud de intervalo de confianza entre metodología supervisor y alternativa para las dotaciones.	87

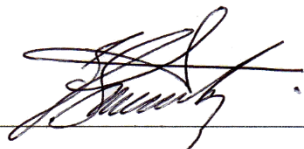
Índice de gráficos

Gráfico 1: Evolución interanual del Índice Subyacente de Inflación, periodo 2000-2018.....	47
Gráfico 2: Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.	58
Gráfico 3: Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología alternativa.....	58
Gráfico 4: Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder factores geométricos bajo metodología del supervisor.	63
Gráfico 5: Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder factores geométricos bajo metodología alternativa.	63
Gráfico 6: Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología del supervisor.	67
Gráfico 7: Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología alternativa.	67
Gráfico 8: Gráfico de Gantt para la implementación en el cambio del cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados.	94

Declaración jurada

Yo **Édgar Esteban Bermúdez Vargas**, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número **1-0795-0014**, egresado de la carrera de Administración de Negocios con énfasis en Banca y Finanzas de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: *“Análisis de la utilización del modelo de triángulos de Chain Ladder para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados en una compañía aseguradora en la línea de seguros de salud para el cierre de diciembre 2018”*, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que estos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 06 días del mes de junio del año dos mil diecinueve.



Édgar Esteban Bermúdez Vargas

Cédula: 1-0795-0014

CARTA DEL TUCTOR

San José, 06 de junio de 2018.

Jorge Vega Antonini
Dirección de Carrera – Administración de Negocios
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante **Edgar Esteban Bermúdez Vargas**, cédula de identidad No **1-0795-0014**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado ***“Análisis de la utilización del modelo de triángulos de Chain Ladder para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados en una compañía aseguradora en la línea de seguros de salud para el cierre de diciembre 2018”***, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Administración de Empresas con énfasis en Finanzas y Banca.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	Originalidad del tema	10%	10%
b)	Cumplimiento de entrega de avances	20%	20%
c)	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación	30%	30%
d)	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones	20%	20%
e)	Calidad, detalle del marco teórico	20%	18%
	TOTAL		98%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente:

**JOSE ISMAEL
 ALPIZAR
 VARGAS (FIRMA)**

Firmado digitalmente por
 JOSE ISMAEL ALPIZAR
 VARGAS (FIRMA)
 Fecha: 2019.06.06 15:06:55
 -06'00'

José Ismael Alpízar Vargas
Cédula 2-0529-0967
Carné de Colegio Profesional No 11587

CARTA DE LECTOR

22 de julio del 2019

Jorge Eduardo Vega Antonini, MBA
Director Administración de Negocios
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante **Édgar Esteban Bermúdez Vargas**, cédula de identidad número **0107950014**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **“Análisis de la utilización del modelo de triángulos de “Chain Ladder” para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados en una compañía aseguradora en la línea de seguros de salud para el cierre de diciembre 2018”**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Administración de Negocios, con énfasis en Finanzas y Banca.

He revisado y he hecho observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados, la coherencia entre éstos y las conclusiones, asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en defensa pública.

Atentamente,

LUIS ALBERTO
VARGAS ZUÑIGA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO VARGAS ZUÑIGA (FIRMA)
Fecha: 2019.07.22 13:25:42 -06'00'

Luis Vargas Zuñiga
Cédula identidad N 0107090057
Carné Colegio Profesional N 33896

Carta revisión filológica

Alajuela, 03 de agosto del 2019

MBA.

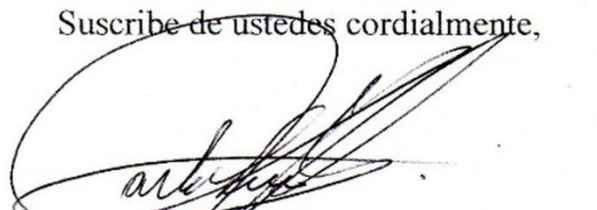
Jorge Eduardo Vega Antonini
Director Administrativo de Negocios
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

Hago constar que he revisado la tesis del estudiante **Édgar Esteban Bermúdez Vargas**, cédula de identidad **0107950014**, denominado **“Análisis de la utilización del modelo de triángulos de *Chain Ladder* para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados en una compañía aseguradora en la línea de seguros de salud, para el cierre de diciembre 2018”**, para optar por el grado académico de **Licenciatura en Administración de Empresas con Énfasis en Finanzas y Banca**.

Corregí el trabajo en aspectos tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico, y desde ese punto de vista considero que está listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación; por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad.

Suscribe de ustedes cordialmente,



Master Carlos Blanco Benavides
Cédula de identidad 204040301
Carné de Colegio Profesional 012450

CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, 27 de agosto 2019

Señores:

Universidad Hispanoamericana

Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:


El suscrito Édgar Esteban Bermúdez Vargas con número de identificación 1-0795-0014, autor del trabajo de graduación titulado:

“Análisis de la utilización del modelo de triángulos de Chain Ladder para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados en una compañía aseguradora en la línea de seguros de salud para el cierre de diciembre 2018”.

Presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar por el título de Licenciatura en Administración de Empresas con énfasis en Finanzas y Banca; **SI** autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento **hasta después de 5 años, debido a que la información utilizada para el desarrollo del mismo se considera de carácter confidencial.**

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

 1-0795-014

Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.

b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana

c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres quienes con sus enseñanzas me han motivado a trabajar para alcanzar las metas que me he propuesto, por enseñarme que los sueños son alcanzables y porque siempre me inculcaron los valores que me han formado como persona. Mi padre (q.D.g.) fue un ejemplo de perseverancia y de valentía y mi madre que siempre ha sido un ángel protector, un apoyo invaluable y un motor de perseverancia, gracias por su amor incondicional.

A mi amigo incondicional y pilar fundamental de este logro, Sr. Juan Carlos Méndez, a mi amada familia y amigos que siempre han estado ahí para apoyarme en todo momento.

Muchas gracias a todos por siempre creer en mí.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme lograr esta nueva meta, por ser siempre el centro de mi vida y por ser mi guía.

A mis formadores a largo de toda la carrera, a mis compañeros de trabajo por toda su colaboración para lograr llevar a cabo esta investigación y sus valiosos aportes de información para finalizarlo de forma exitosa.

Un especial agradecimiento a mi tutor, MBA. José Ismael Alpízar Vargas por su guía y profesionalismo.

Resumen

Las reservas técnicas en una compañía aseguradora son un rubro de suma importancia, ya que representan una porción muy significativa de las partidas en los estados financieros. Las reservas para siniestros pendientes provisionan altas cantidades de dinero, de ahí su importancia para las finanzas de toda empresa de seguros. La provisión de siniestros pendientes es un cálculo sencillo ya que se conforma de los montos provisionados para cubrir aquellos siniestros que han sido presentados y que, al cierre de cada mes, continúa en ese estado. Si bien es cierto es una provisión importante para las finanzas de la empresa esta no requiere de un mayor cálculo más que la sumatoria de todo lo que está pendiente de pago.

Sin embargo, existe otra provisión técnica que conlleva un alto grado de cálculo y que es sumamente importante para toda compañía, ya que se compone de todos aquellos siniestros que en teoría han ocurrido pero que no han sido reportados para su indemnización o provisionamiento por parte de la aseguradora.

Como se mencionó, no existe certeza de si estos siniestros han ocurrido o no, sin embargo, desde la apertura del mercado de seguros en Costa Rica y con la entrada en funcionamiento de la Superintendencia de Seguro como ente regulador, es obligación para toda compañía calcular una provisión para los siniestros que no ha recibido pero que existe una alta probabilidad de que ocurran.

Esta investigación realiza un análisis del método utilizado para calcular la provisión de siniestros ocurridos y no reportados, el cual consiste en un cálculo estimado, basado en los siniestros pendientes y el comportamiento de los siniestros que han sido presentados para su indemnización.

En la actualidad se utiliza el método conocido como Modelo de Triángulos *Chain Ladder* bajo un esquema especificado por el ente regulador. Sin embargo, existen métodos alternativos que podrían proporcionar un cálculo que se aproxime más a la realidad y que propicia que, de esta manera, la compañía de seguros no incurra en provisiones sobrevaluadas que llevarían a que sus recursos no puedan ser utilizados como activos que podrían ser invertidos en otros campos que generen utilidades para la empresa.

En esta investigación se empleará un método alternativo para valorar si puede proporcionar una mejora al método utilizado, y que se acerque más a la probable realidad en el comportamiento de los siniestros. Como complemento a la investigación, se empleará un modelo denominado *Bootstrap* para determinar los márgenes de error de cada uno de estos métodos y poder determinar la confiabilidad del método propuesto.

Capítulo I

1.1. Introducción

La apertura del mercado de seguros en Costa Rica y el establecimiento de la Ley Reguladora del Mercado de Seguros (Gaceta, 2008), implicó, para las entidades aseguradoras, nuevas obligaciones y requerimientos respecto a la información y registro contable sobre cuentas y las provisiones técnicas. De esta manera, las entidades de seguros deben constituir y mantener, en todo momento, suficientes provisiones técnicas para garantizar el cumplimiento de las obligaciones asociadas con sus contratos de seguros, así como a lo relacionado con los contratos que cuentan con contratos de reaseguro.

Mediante esta ley, se crea el marco legal para la operación del mercado de seguros y, a la vez, se produce la emisión de la reglamentación relacionada con el establecimiento de provisiones técnicas mínimas para garantizar la solvencia de las entidades aseguradoras que operan en el mercado costarricense.

La reglamentación emitida pretende dar una mayor transparencia en la administración de riesgos de las entidades aseguradoras que operan en Costa Rica. Adicionalmente, estimula a dichas entidades a aplicar herramientas de medición para asegurar la solvencia de las entidades aseguradoras y reaseguradoras que actualmente operan en el mercado de seguros del país. Este tipo de herramientas, además de ser un parámetro utilizado a nivel internacional que contribuye a fortalecer la reputación de confiabilidad y solidez para la empresa, constituyen un estándar mínimo de monitoreo que debe ser desarrollado por cada ente asegurador. Un aspecto importante para tomar en cuenta es que, al tener que reportar estos cálculos técnicos a la Superintendencia General de Seguros con el fin de cumplir con los

requerimientos mínimos de capital para operar, deben tener un sustento técnico y confiable que respalde su cálculo.

Por esta situación, surge la necesidad, de las compañías aseguradoras y reaseguradoras, de contar con herramientas técnicas apropiadas que permitan cumplir con la normativa vigente. Es por ello por lo que nace la iniciativa de realizar este estudio, el cual pretende mostrar y valorar un método reconocido al nivel mundial y que resulta una opción atractiva a los tradicionalmente planteados por la SUGESE para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados (OYNR o IBNR por sus siglas en inglés).

Este trabajo se organiza en seis capítulos. En el primero, se presentan los antecedentes, la justificación e importancia del problema de investigación; luego se plantean los objetivos y, finalmente, se establece los alcances y limitaciones del estudio.

El segundo capítulo se refiere al marco teórico. Se desarrollan cinco temas: conceptos básicos del mercado de seguros en Costa Rica y sus participantes; una reseña de la actualidad del mercado de seguros nacional; el marco regulatorio del mercado de seguros y el modelo para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados.

El tercer capítulo presenta la estrategia metodológica de la investigación: tipo de investigación, definición de la población y fuentes de información, así como la definición de las variables necesarias para la ejecución de la técnica. Por último, se presentan las técnicas e implementación de los modelos en estudio.

En el cuarto capítulo se desarrolla la aplicación de los modelos propuestos para el cálculo de la provisión técnica de siniestros ocurridos y no reportados (OYNR) para la línea de seguros

de salud. Adicionalmente, se demuestra la validación del modelo seleccionado mediante comparación con el método propuesto por la SUGESE y una validación mediante el método del *Bootstrapping*.

Finalmente, en el quinto capítulo, se presentan y exponen las conclusiones del trabajo de investigación.

1.2. Justificación

De acuerdo con la legislación vigente, (SUGESE, Reglamento sobre la Solvencia de Entidades de Seguros y Reaseguros, 2013), en su capítulo II, artículo 18, sobre provisiones técnicas, (Alvarez Jareño & Coll Serrano, 2012) indica:

Las entidades de seguros y reaseguros deben mantener provisiones técnicas para todas las obligaciones de seguro y de reaseguro que asuman frente a los tomadores, asegurados y beneficiarios de contratos de seguro y reaseguro.

A partir de la apertura del mercado de seguros, en el año 2008, todas las entidades supervisadas que operan en el país deben reportar su información contable, incluyendo sus reservas técnicas, de manera que la Superintendencia General de Seguros disponga de la información para monitorear a cada uno de los participantes del mercado.

Las entidades supervisadas deben presentar la información requerida en los plazos establecidos por la Superintendencia. De lo contrario, se exponen a sanciones por parte del ente regulador, por lo que, para cualquier entidad aseguradora, es de suma importancia y una obligación remitir oportunamente la información contable. La sanción por incumplimiento consiste en pagar a la SUGESE un monto de hasta el 5% del patrimonio de la entidad

supervisada, de aquí la importancia de cumplir con lo establecido de una manera correcta y oportuna.

Las provisiones técnicas constituyen una partida del pasivo en los estados financieros de las entidades aseguradoras supervisadas. Por lo tanto, son consideradas para la publicación de los Estados Financieros y deben estar debidamente contabilizadas en los primeros cinco días hábiles del mes. La necesidad de contar con estos datos somete a la entidad supervisada a prever, de manera contingente, estimaciones de dichas provisiones que reflejen, en la medida de lo posible su realidad.

Dada la relevancia que tiene el cálculo de las provisiones técnicas, tanto por la estabilidad que pueden brindar a las finanzas de las entidades, como por la sanción que su incumplimiento lleva consigo, es necesario desarrollar métodos alternos que permitan validar y adaptar los cálculos a las realidades de cada una de las entidades supervisadas. Por eso es importante probar nuevas maneras de cálculo que validen los métodos propuestos actualmente por la SUGESE y, en el caso de este estudio, proponer otra herramienta para el cálculo de la provisión de siniestros OYNR, en este caso, en la línea de seguros de Salud.

Para efectos de esta investigación, se eligió analizar la línea de salud, ya que, en el mercado de seguros voluntarios, representa una de las líneas más importantes y atractivas, pues aportan una gran proporción de ingresos por primas de seguros y han experimentado un crecimiento en el mercado, como una alternativa para las personas que prefieren la atención de la medicina privada. A manera de referencia, según datos publicados por la SUGESE, a enero 2018 las entidades aseguradoras en el país registran y comercializan un total de 89 productos dirigidos a gastos médicos, los ingresos por primas del ramo de seguros de salud,

representaron un 18% del total del mercado de seguros personales y un 9% del total del mercado asegurado, incluyendo los seguros generales.

Se espera que el resultado de esta investigación sirva de insumo para proporcionar nuevos modelos estadísticamente significativos que pronostiquen la provisión de siniestros ocurridos y no reportados con una alta confiabilidad de los datos.

1.3. Tema de investigación

Análisis de la utilización del modelo de triángulo de *Chain Ladder* para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados en una compañía aseguradora en la línea de seguros de salud, para el cierre de diciembre 2018.

1.4. Pregunta de investigación

¿Cuál es el criterio de aplicación del modelo de triángulos de *Chain Ladder* para la estimación de la provisión técnica de siniestros ocurridos y no reportados para la línea de seguros de salud y si este es el más idóneo?

1.5. Objetivo general

Desarrollar el modelo de triángulos de *Chain Ladder* de acuerdo con los criterios considerados óptimos para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados en la línea de seguros de salud para una entidad aseguradora y comparar sus resultados con el cálculo obtenido por medio de otro modelo de simulación.

1.6. Objetivos específicos

1. Evaluar dos diferentes enfoques para realizar el cálculo de la provisión técnica de siniestros ocurridos y no reportados.
2. Estimar la provisión de siniestros ocurridos y no reportados para la línea de salud de manera que esta cumpla con la normativa vigente para las compañías aseguradoras.
3. Comparar los resultados del modelo *Chain Ladder* con respecto a otro modelo de simulación y valorar la calidad de los datos obtenidos.

1.7. Alcances y limitaciones

1.7.1. Alcances

- El trabajo de graduación tiene como objetivo proponer un método adicional que permita el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados (OYNR) para la línea de seguros de salud y que posteriormente pueda ser aplicado a otras líneas de seguros.
- Se espera que, con la utilización de diferentes métodos de cálculo, se pueda estimar la provisión de siniestros ocurridos y no reportados (OYNR) con mayor exactitud, obteniendo resultados óptimos y oportunos.

1.7.2. Limitaciones

- Debido a la competencia y lo establecido por la ley de seguros en cuanto a la confidencialidad de los datos procedentes de algunas de las aseguradoras existentes

y reguladas a la fecha de este estudio, se ha optado por inferir algunos de los datos y utilizar una muestra con comportamiento basado en datos reales, pero ella consta de datos ficticios.

Adicionalmente, los datos utilizados podrían estar afectados por eventos que generan volatilidad, tal es el caso de las líneas de seguros de salud que incluyen eventos como brotes virales, padecimientos estacionales y epidemias menores de otros tipos: Un buen ejemplo de esto es el brote de la epidemia de gripe o influenza tipo A (N1H1) durante los años 2009-2010.

- El cálculo realizado a partir de las bases de datos obtenidas se basa en la información suministrada por las aseguradoras para la generación de datos ficticios; no obstante, dentro de esta información se pueden presentar eventos externos que afecten la veracidad del modelo sugerido como óptimo.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Marco teórico.

2.1.2 Conceptos generales del mercado de seguros.

El mercado de seguros surge a partir de la necesidad de los individuos por mitigar las pérdidas por riesgos ante las diferentes situaciones de incertidumbre a las que se ven expuestos, de tal manera que el individuo asegurado, mediante el pago de una prima, transfiere sus riesgos a la entidad aseguradora y esta, a su vez, se compromete a indemnizarlo en caso de ocurrencia del evento adverso en cuestión, siempre y cuando este ocurra dentro de los lineamientos establecidos en el contrato de seguro.

Por otro lado las entidades aseguradoras estructuran su negocio a partir de la ley de los grandes números, la cual fundamenta su tesis en el hecho de que los fenómenos que circunstancialmente se manifiestan al ser examinados continuamente y al aumentar el número de veces en que se realiza el experimento o, bien, al aumentar la masa de datos analizados, se observa que su irregularidad decrece hasta adquirir una constante. Por esta razón, dicha ley, cuando se aplica de forma adecuada y sobre una base estadística suficiente, permite determinar el grado de posibilidad de que se produzca determinado acontecimiento. (Fundacion Mapfre, 2015). Es así como las aseguradoras pueden calcular la probabilidad de que ocurra un siniestro sobre un grupo homogéneo de individuos y de una línea específica de seguros; con esto establecen el costo de las primas que les permita cubrir las indemnizaciones y, a su vez, obtener una utilidad, la cual es la razón financiera del negocio.

Así mismo, un buen funcionamiento del mercado de seguros proporciona un mecanismo de seguridad eficiente para la aseguradora, el cual genera un buen clima de negocios que, así mismo, lleva a un mayor crecimiento económico. Dado lo anterior, el mercado de seguros

juega un papel muy importante que hace que típicamente sea un mercado muy regulado por su importancia sistémica y, por lo tanto, que el regulador juegue un papel preponderante dentro de su funcionamiento.

El mercado de seguros involucra una serie de términos técnicos que, para los alcances de la presente investigación, resulta esencial conocer dado que constituyen el marco teórico básico. Seguidamente se expone una lista de esos términos:

- Seguro: es el intercambio de riesgos ligados a pérdidas inciertas en magnitudes desconocidas por una pequeña y a la vez conocida pérdida, que es la tarifa o prima pagada. (Zweifel)
- Contrato de seguros: es aquel compromiso legal en que el asegurador adquiere la obligación contra pago de una prima, de indemnizar en el caso de materialización del riesgo que es objeto de cobertura, a la persona asegurada dentro de los límites y las cláusulas contenidas en el mismo contrato. (SUGESE, 2011)
- Asegurado: persona física o jurídica que, por cuenta propia o de un tercero, suscribe un contrato de seguros en el cual se compromete a realizar pagos periódicos de primas a cambio de trasladar riesgos al asegurador.
- Aseguradora: entidad que asume los riesgos que el tomador del contrato de seguros le transfiere, por lo que, en caso de materialización de riesgos, debe indemnizar o cumplir las prestaciones contenidas en el contrato.
- Reaseguradora: entidad que, mediante la suscripción de un contrato de reaseguro, acepta cubrir riesgos totales o parciales de compañías aseguradoras, las cuales se ven beneficiadas porque trasladan riesgo asumido a un tercero y con esto logran diluir su exposición a determinados riesgos.

- Intermediario de seguros: son los encargados del manejo de las relaciones con el cliente final en cuanto a comercialización de seguros, renovación de pólizas, aplicación de coberturas o cualquier otro servicio que demande el asegurado. Así mismo, el intermediario de seguros asume tareas de asesoramiento en la elección de coberturas, así como asesoramiento para el reclamo de una indemnización, en caso de que ocurra un siniestro; como ejemplo de ellos se puede mencionar: corredoras de seguros y agentes seguros representantes de una casa aseguradora.
- Regulador: entidad encargada de definir las reglas de operación de las entidades aseguradoras dentro de un país, así como de dictar y supervisar directrices dirigidas a salvaguardar la solvencia de las aseguradoras, además de velar por la protección de los asegurados, razón por la cual dicha entidad juega un papel importante dentro de la seguridad jurídica del mercado.
- Interés asegurable: se refiere al vínculo económico del asegurado con los bienes o personas que se está asegurando. Es decir, cuál es la motivación económica que, por ejemplo, puede salvaguardar sus activos o bien cubrir a una tercera persona y, para este caso, las aseguradoras prefieren que se tenga un vínculo familiar.
- Siniestro: evento adverso que sucede por la materialización del riesgo, produce daños cubiertos por la póliza dentro de determinados límites, la ocurrencia de este obliga a la entidad aseguradora a satisfacer total o parcialmente el capital asegurado mediante el contrato de seguros.
- Provisión: son obligaciones específicas o tácitas, de las cuales se conoce su existencia, pero no se conoce el monto exacto de la obligación ni la fecha en que se deberán cancelar. Sin embargo, se estima la cuantía del monto y se invierte en activos

con características de riesgo bajo y liquidez alta, ya que se necesita tener disponibilidad para hacer frente en el momento que se materialice el gasto.

2.1.3 El mercado de seguros en Costa Rica, su historia y sus participantes.

Desde mediados del siglo diecinueve, se hablaba en Costa Rica de los seguros como un medio de protección para las mercaderías que se importaban y exportaban a Europa.

A pesar de que la independencia del país se dio en 1821 y que esta era la provincia más pobre del Reino de Guatemala, el mercado del café hacia Europa y las importaciones del Viejo Mundo hacia Costa Rica generaron un gran auge en el comercio, así como en el desarrollo del país, a tal punto que llegó a superar económicamente a Guatemala y a los otros estados centroamericanos en un lapso de 25 años. Una de las ventajas fue la ausencia de intensas guerras civiles y de luchas entre liberales y conservadores (salvo la guerra de Ochomogo de 1823 y la Guerra de la Liga en 1838) como sí las hubo en las otras naciones del istmo, todo lo cual generó una bonanza en la economía del país.

En el desarrollo de la actividad aseguradora en Costa Rica, en 1843 se vende el primer seguro de carga en Puntarenas, cuando la compañía de William Le Lacheur hace el primer embarque de café con destino a Inglaterra. Ya para 1850 operan en el país varias compañías aseguradoras, generalmente inglesas y norteamericanas. Las primeras operaban los seguros de incendio mientras que las segundas lo hacían con los seguros de vida. Claro está que solo la clase adinerada tenía acceso a estos seguros y en cuanto a los seguros de incendio, la mayoría se daban para garantizar las operaciones crediticias de los cafetaleros que se daban a través del Banco Anglo Costarricense, fundado en 1863. Para obtener un seguro de incendio se pedían requisitos tales como que la construcción del edificio fuera buena, hecha en ladrillo,

piedra o en otro material incombustible como madera de cedro u otra similar o en otro material difícil de que se quemara.

En Costa Rica, se desarrolló el seguro mutuo, conocido como montepío en el régimen militar, cuyo fin era proteger a todos los agremiados de la casta militar, sobre todo en las ramas de seguros de incendio y de vida. Esta modalidad de seguro había aparecido en España en la segunda mitad del SXVIII; previamente habían aparecido las Hermandades del Socorro auspiciadas por la Iglesia Católica, con el fin de solidarizar a la población en momentos de desastres, fue el exponente más interesante de la previsión social en España durante los siglos XVI y XVII.

Consolidadas las relaciones diplomáticas entre Costa Rica y España en 1850, nació un interés por parte de España en el campo de los seguros de vida. Es así como se establece en el país La Tutelar o Compañía General Española de Seguros Mutuos sobre la Vida; después, La Caja Universal de Capitales – española-, La Paternal o Compañía Peruana de Seguros Mutuos sobre la Vida – peruana-, cuyos agentes representantes fueron don Ernesto Rohrmoser en Puntarenas y don Manuel Luján en San José; La Equitativa o Compañía de Seguros sobre la Vida (The Equitable Life Assurance Society)-norteamericana- con su representante, don Manuel Luján. Esta compañía, como lo señala Bernardo Villalobos Vega “educó al pueblo costarricense, mejor dicho, a la plutocracia sobre la bondad del seguro de vida”.

En el año de 1882, inicia sus operaciones en el país The New York Life Insurance Company (Compañía de Seguros de Vida de Nueva York) – norteamericana- y su representante por

San José fue la firma Luján & Mora. Posteriormente, llegan The Sun Life Insurance Company of Canada (El Sol, Compañía de Seguros de Vida de Canadá) –canadiense-.

En ese contexto, en las altas esferas de la sociedad, poseer un seguro de vida es visto como un sinónimo de distinción y poderío, en vista de que solo las personas adineradas y los miembros de la oligarquía cafetalera lo poseían y disfrutaban de sus beneficios. Solo esa minoría podía constituir un patrimonio a favor de la familia.

En vista del crecimiento de la actividad cafetalera en el país y del nacimiento de instituciones de crédito, como el Banco Anglo Costarricense (1863), se propicia la implementación del seguro de incendio y, a partir del 1° de julio de 1865, la compañía de seguros Allan Wallis y Co. –cofundadora del Banco Anglo Costarricense- inició el negocio del seguro de incendio en el país, como agente de The Royal Insurance Company, compañía de seguros inglesa establecida en Liverpool en 1845.

Los bienes asegurables eran casas, mercaderías, edificios, maquinaria y equipos; el costo del seguro era doble para la zona de Puntarenas, pues en San José y en el Valle Central las edificaciones estaban mejor construidas y contaban con medios de prevención de incendios. Además, San José contaba con un sistema de cañería y el 27 de julio de 1865 se estableció en esta capital la Compañía de Bomberos. También se aseguraban café, frutas del país, mercaderías en tránsito; y se podían asegurar por períodos de uno, tres y seis meses.

De acuerdo con el éxito obtenido por el Banco Anglo Costarricense, así se medía la prosperidad de la venta de seguros de incendio por parte de The Royal Insurance Company, por lo que Inglaterra se apoderó de este negocio y formó un monopolio del mercado costarricense del seguro de incendio.

El 5 de diciembre de 1910, se estableció la Compañía Nacional de Seguros con capital mixto costarricense, panameño y colombiano, la cual operó hasta 1921. El señor Félix Weiss, quien más tarde desempeñara un importante papel en el Banco Nacional de Seguros, fue nombrado por la Junta Directiva como Gerente de la Compañía. Esta empresa comercializaba los seguros de incendio, vida, transporte marítimos fluvial o terrestre, fianza de empleados, rentas viajeras entre otros. La Compañía creció gracias al apoyo que encontró en los tres bancos emisores nacionales, pero era necesaria la elaboración de una ley general sobre seguros.

En 1915, en el gobierno del Lic. Alfredo González Flores, se crea la Ley de Accidentes de Trabajo, cuya administración se le concede al recién establecido Banco Internacional de Costa Rica. La creación de esta ley se originó con el fin de brindar protección a aquellos trabajadores que sufrían accidentes de trabajo, así como dar el auxilio a sus familiares, en caso de fallecimiento del trabajador.

En 1924, don Tomás Soley Güell, entonces Secretario de Hacienda del gobierno del Lic. Ricardo Jiménez Oreamuno (1924-1928) sugiere la monopolización de la actividad aseguradora y su administración a cargo del Estado costarricense, para lo cual elabora un proyecto que se lleva a discusión al Congreso de la República en los meses de setiembre y octubre de 1924.

Se abre un debate entre don Tomás Soley Güell y don Benjamín Piza, principal representante y vocero de las compañías aseguradoras extranjeras asentadas en Costa Rica. Triunfa la tesis de don Tomás y el 30 de octubre de 1924 se aprueba la Ley N°12 que crea el monopolio de los seguros en Costa Rica y, para su administración, se instituye el Banco Nacional de Seguros como única compañía por cuanto “el mercado de los seguros en Costa Rica es muy pequeño como para que lo absorban varias compañías, y las reservas queden en nuestro país

y no vayan a alimentar las matrices en Europa y Estados Unidos y que con las mismas se logren construir obras públicas que impulsarán el desarrollo del país”.

Con la aprobación del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos, después del referendo celebrado el 7 de octubre del 2007, Costa Rica se comprometió a aprobar legislación que genere el marco jurídico necesario para la apertura del mercado de seguros y, una vez aprobada la agenda de implementación del TLC, en el 2009, se autorizara la entrada al país de las primeras compañías aseguradoras provenientes del mercado extranjero y, a su vez, llegaba a su fin el monopolio estatal controlado desde el año 1977 por el Instituto Nacional de Seguros, entidad que existe desde el año 1924.

Mediante un decreto del 21 de mayo de 1948, emitido por la Junta Fundadora de la Segunda República, el Banco Nacional de Seguros cambia su nombre al de Instituto Nacional de Seguros y pasa a ser una institución autónoma adscrita al gobierno central de la República. El hecho significó que dentro de su Junta Directiva hubiera un representante del Consejo de Gobierno con voz y voto y que era el mediador entre el gobierno y la institución; por lo general este representante era un Ministro de Estado que tenía esta representación como recargo a sus funciones.

El INS tuvo a su cargo la administración del monopolio de los seguros desde su creación hasta el 07 de agosto del 2008, fecha en que entró en vigor la Ley número 8653 “Ley Reguladora del Mercado de Seguros”, la cual abrió el mercado y permitió la competencia.

En la actualidad, diversas empresas aseguradoras participan en el mercado costarricense. De acuerdo con información de la SUGESE, estas son esas empresas, a enero 2019, con sus primas brutas totales por ramo de seguros:

Tabla 1: *Primas brutas totales del mercado de seguros, según categoría y aseguradora, acumulados a enero 2015 – 2019.*

Ramo y aseguradora	(Millones de Colones)				
	ene-15	ene-16	ene-17	ene-18	ene-19
Primas totales	75.170,3	114.014,8	150.292,0	161.410,9	172.111,1
Obligatorios	30.827,7	57.646,6	85.616,2	85.798,6	90.410,5
INS	30.827,7	57.646,6	85.616,2	85.798,6	90.410,5
Personales	16.720,7	23.552,4	28.181,1	32.823,1	40.128,3
INS	10.552,8	14.944,1	16.259,2	17.804,0	19.978,0
Pan American Life Insurance	4.199,1	5.032,7	7.016,3	9.699,2	13.817,0
ASSA Compañía de Seguros	207,4	518,1	455,6	807,3	2.394,9
Aseguradora del Istmo (ADISA)	1.321,9	1.837,9	1.813,8	2.275,5	1.627,5
Triple-S Blue Inc.	99,6	234,6	342,7	456,9	838,2
Best Meridian Insurance Company	169,6	258,7	382,8	530,3	638,8
Seguros del Magisterio	70,0	130,1	1.204,9	305,6	263,1
MAPFRE | Seguros Costa Rica	86,6	457,7	644,6	606,8	241,5
Aseguradora Sagicor Costa Rica	7,1	21,6	30,1	134,7	171,6
Davienda Seguros (Costa Rica), S.A.	6,5	116,9	31,1	202,7	157,8
Generales	27.622,0	32.815,8	36.494,7	42.789,3	41.572,3
INS	24.466,7	28.894,1	30.547,5	30.026,3	33.934,8
ASSA Compañía de Seguros	1.353,5	1.738,2	2.774,9	3.664,1	3.922,9
Seguros Lafise Costa Rica	61,8	278,3	493,5	1.023,6	1.172,9
Quálitas Compañía de Seguros (CR)	556,1	684,1	1.056,8	1.297,5	1.078,0
Oceánica de Seguros	253,8	268,1	772,2	1.549,3	755,0
MAPFRE | Seguros Costa Rica	741,1	434,1	712,3	4.986,1	531,6
Aseguradora del Istmo (ADISA) 2/	126,9	324,9	105,1	209,4	168,6
Aseguradora Sagicor Costa Rica	3,1	22,3	16,9	61,1	32,4
Davienda Seguros (Costa Rica), S.A.	59,0	171,7	15,4	-28,0	-23,9

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la SUGESE (2019).

En el marco de la apertura, el panorama del mercado de seguros empezó a cambiar con la entrada en escena de compañías como Seguros el Magisterio, empresa a la que, incluso antes de la apertura, se le permitía ofrecer cierto tipo de pólizas enfocadas al gremio de los educadores. Sin embargo, en el año 2009 también ingresaron compañías de capital foráneo, con experiencia en mercados regionales como Assa Seguros y compañías con presencia en el mercado norteamericano, como Alico y Aseguradora Mundial-Mapfre, propiedad de una de las multinacionales españolas más importantes.

A noviembre 2018, el mercado de seguros en Costa Rica presenta un aumento de ingresos totales por primas de ¢28 mil millones (4%) respecto a noviembre 2017 (Boletín SUGESE, noviembre 2018). Los ingresos por primas en todos los ramos de seguros aumentaron; pero, solo en el caso de los seguros personales lo hicieron a razones superiores a las de los principales índices de precios y producción de Costa Rica, los seguros de salud se encuentran dentro de esta categoría.

Para marzo del año 2019, un total de 13 compañías aseguradoras estaban autorizadas para operar en Costa Rica, además de 31 sociedades corredoras, 670 corredores de seguros, 54 sociedades agencia y 2.382 agentes de seguros. La apertura ha tenido un efecto importante en cuanto a la oferta de productos que tiene a su disposición el consumidor, situación que se evidencia en el hecho de que, en el año 2009, el número de productos registrados fue de 77, mientras que, para marzo del 2019, se contaba con un total de 743 productos.

En este incremento de oferta de productos se demuestra la reacción del Instituto Nacional de Seguros frente la apertura, ya que es la entidad que, en términos absolutos, ha agregado más productos, pasando, en el mismo periodo, de 77 a 382. Como resultado, el Instituto Nacional de Seguros ha mantenido el liderazgo en el mercado de seguros; sin embargo, a lo largo del tiempo su participación se ha visto disminuida, situación que se comprueba según información extraída de los boletines estadísticos de la SUGESE, que, a su vez, indican que, al cierre del 2010, el INS concentraba el 98,8% del mercado, para el cierre del 2011 su participación rondaba el 94%, en diciembre del 2012 alcanzó 92%, el 2013 un 89,2%, en el 2014 un 85%, para el 2015 del 81% y a marzo del año 2019 su participación alcanza el 83,9%.

Dentro de las categorías de ramos de seguros, el que ha mantenido más dinamismo ha sido el de seguros personales, ya que, de acuerdo con datos estadísticos de la SUGESE, su

participación de mercado ha pasado de un 13,5% en diciembre de 2010 a un 30,4% para noviembre del 2018. La línea de seguros generales mantiene la mayor participación con un 44,2% y el restante 25,5% para los seguros obligatorios. Es importante destacar que la línea de seguros personales es en la que el Instituto Nacional de Seguros presenta una menor participación de mercado, con un 51% a marzo del 2019; el segundo lugar le corresponde a Pan American Life Insurance con un 24%, compañía que adquirió la operación de Alico en Costa Rica. La siguiente tabla ilustra la evolución en crecimiento de primas del mercado costarricense para las líneas de seguros generales y personales:

Tabla 2: *Crecimiento nominal por primas acumuladas por categoría a marzo periodo 2015 - 2019*

Período	mar-15	mar-16	mar-17	mar-18	mar-19
Personales	ND	-3%	26%	13%	14%
Generales	ND	7%	6%	11%	0%
Total seguros voluntarios	ND	4%	13%	12%	5%

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la SUGESE (2018).

2.1.4 Marco Regulatorio del mercado de seguros.

El marco regulatorio costarricense gira en torno a la ley Reguladora de Mercado de Seguros (LRMS), que nació con el principal objetivo de crear las condiciones para desarrollar un mercado de seguros moderno y con un entorno competitivo, efectivo y que beneficie al consumidor con una mayor oferta e innovación, entre las principales características de la LRMS se destacan las siguientes:

- Establece medidas para salvaguardar los derechos de los consumidores, establece la obligatoriedad de proveer información oportuna que requiera el consumidor y norma la

confidencialidad de los datos aportados por el asegurado a la entidad con la cual suscriba contratos de póliza.

- Delimita la definición de la actividad aseguradora, así también define las obligaciones que deben cumplir cada uno de los actores que operan en el mercado de seguros.
- Establece los requisitos en cuanto a capital mínimo y procedimientos que deben cumplir las entidades que requieran la autorización para operar en el mercado de acuerdo con los tratados de solvencia.
- Establece los principios de inversión para los participantes de mercado.
- El artículo 13 establece que los participantes de mercado deberán construir y mantener provisiones técnicas suficientes para garantizar los cumplimientos de las obligaciones contraídas por la aseguradora.
- El artículo 28 crea la figura de supervisor que recae en la SUGESE, a la cual le da la potestad de formular la normativa que considere pertinente para cumplir con los principios y lineamientos de la Ley Reguladora del Mercado de Seguros.

Antes de la apertura, el mercado de seguros costarricense carecía de un supervisor en lo operativo, situación que, dada la condición de monopolio estatal que ostentaba el Instituto Nacional de Seguros, le brindaba un amplio grado de libertad en cuanto a su operatividad. Sin embargo, con la aprobación de la ley Reguladora de Mercado de Seguros No. 8653 del 7 de agosto del 2008, no solo se decretó la apertura del mercado de seguros, sino que también significó el nacimiento de la Superintendencia General de Seguros (SUGESE), entidad adscrita al Baco Central de Costa Rica que funciona bajo la dirección del Consejo Nacional de Supervisión del Sistema Financiero. El objetivo principal de la SUGESE es velar por la

estabilidad y eficiente funcionamiento del mercado de seguros y entre sus funciones principales destacan:

- Establecer el proceso de autorización y registro de participantes en el mercado de seguros (oferentes), así como productos o líneas de seguros nuevas. Este proceso debe buscar asegurar la calidad de participantes y productos.
- Desarrollar una normativa adecuada, eficiente y acorde a buenas prácticas y estándares internacionales.
- Establecer un modelo de supervisión que permita evaluar los principales riesgos que enfrentan las entidades, así como prever acciones correctivas oportunas, en caso de ser necesario.
- Supervisar y autorizar posibles fusiones o adquisidores entre participantes del mercado, como también los adquisidores totales o parciales de carteras que se realicen en el mercado costarricense.
- Contar con un registro completo de productos ofrecidos por las diferentes aseguradoras y que estos cuenten con sus respectivas bases técnicas.

En el campo de los derechos e intereses de los consumidores, la aprobación de la Ley Reguladora del Contrato de Seguros tiene como objetivo principal brindar protección jurídica al asegurado, ya que este no tiene un papel muy activo en la elaboración de términos y cláusulas del contrato de seguros que suscribe, pues es importante que a los consumidores se les proteja de prácticas abusivas por parte de las compañías aseguradoras.

Entre las principales características de la ley se encuentran las siguientes:

- Establece que los contratos de seguros deben especificar claramente cuál es el mecanismo de resolución de controversias que se va a seguir, en caso de ser necesario.
- Establece los elementos esenciales que deberá tener todo contrato de seguros y, así mismo, indica que todo contrato que no cumpla con estos elementos básicos será considerado nulo.
- Define, como deber de la entidad aseguradora y de los intermediarios, informar por escrito y explicar ampliamente al asegurado, las características más importantes del contrato, como la explicación del alcance de la cobertura, periodo de vigencia, procedimiento de pago de la prima, procedimiento de reclamo de indemnización y los riesgos asociados.
- Exige que el contrato de seguros sea escrito en un lenguaje sencillo y accesible para la población.

Por otro lado, en cuanto a provisiones de siniestros, como se mencionó, la Ley Reguladora de Mercado de Seguros faculta a la SUGESE para emitir la normativa correspondiente al respecto. Por tal razón se creó el Reglamento sobre Solvencia de Entidades de Seguros y Reaseguros, cuyo objetivo principal es establecer normas de valoración de activos y pasivos, así como los requerimientos del régimen de suficiencia de capital y provisiones técnicas. El anexo PT-4 de ese reglamento enmarca los lineamientos del cálculo de provisiones para siniestros, en el cual se desarrolla un apartado específico para el cálculo de la provisión para siniestros ocurridos y no reportados (OYNR), campo en el que se basa el presente trabajo de investigación.

La metodología propuesta por la SUGESE para el cálculo de esta provisión presenta las siguientes características:

- Se calcula para riesgos homogéneos y, como mínimo, para líneas de seguros.
- Debe reflejar la suma estimada de siniestros ocurridos antes de la fecha de cálculo y que no han sido declarados a esa fecha de corte.
- Utiliza el método triángulo de siniestros ocurridos

2.1.5 Modelo para el cálculo de provisiones para siniestros pendientes ocurridos y no reportados.

En el pasado, las compañías aseguradoras, para hacer frente a los reclamos recibidos por siniestros, acostumbraban a utilizar el ingreso por primaje del año en curso, sin importar si tales indemnizaciones correspondían a reclamos por siniestros ocurridos en años anteriores.

No obstante, con el paso del tiempo, fue necesario contar con una estimación de cuántos siniestros habían ocurrido en un periodo, pero no fueron reportados, así como una estimación de cuánto sería el monto final de un reclamo en trámite, esto con el objetivo de ir provisionando previamente el monto de las futuras reclamaciones y lograr que estos reclamos fueran atendidos con primas recibidas en los años donde se originó el siniestro. Esta práctica reforzó una sana posición de solvencia y liquidez de la entidad aseguradora.

Dado lo anterior, ha surgido una serie de modelos para estimación de provisiones técnicas de siniestros, así como del cálculo de siniestros ocurridos, pero no reportados, entre los cuales se puede mencionar como principales:

- Método costo promedio por caso.
- Método Bornhuetter-Ferguson.
- Método de Bootstrap.
- Método *Chain Ladder*

- Método *Chain Ladder* con inflación.

La presente investigación se basa en las dos últimas técnicas. Antes de presentarlas con más detalle, se exponen una serie de términos importantes, utilizados en el desarrollo del método *Chain Ladder*.

- Triángulo de desarrollo: es una estructura bidimensional donde se presenta la información histórica de siniestralidad para modelos de cálculo de siniestros pendientes de declaración. La dimensión vertical corresponde al periodo de ocurrencia, mientras que la dimensión horizontal corresponde al periodo de pago o en desarrollo. Por medio de triángulos se analiza la siniestralidad a lo largo del tiempo y así mismo sirve como base para los cálculos. Por otro lado, los siniestros estimados se presentan debajo de la diagonal del triángulo, a continuación, se presenta el ejemplo de un triángulo:

Tabla 3: *Estructura del triángulo Chain Ladder*

Período de origen	1	2	3	....	....	j-1	j
1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	....	....	$C_{1,j-1}$	$C_{1,j}$
2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	....	....	$C_{2,j-1}$	
....		
....			
....				
i-1	$C_{i-1,1}$	$C_{i-1,2}$					
i	$C_{i,1}$						

Fuente: Elaborado por el autor.

Algunos de los elementos históricos que componen o se deben tomar en cuenta para la realización del triángulo de *Chain Ladder* son los siguientes:

- Fecha de origen: fecha exacta en la que ocurrió el siniestro que generó el reclamo a la aseguradora.
- Periodo de origen: corresponde al periodo donde se agrupan los siniestros originados; a manera de ejemplo, si se utilizan años como unidad de agrupación, el periodo de origen para el año 2017 incluye todas las fechas de origen que se presenten en ese año.
- Fecha de pago: fecha exacta donde se desembolsa el monto correspondiente a la indemnización por el siniestro ocurrido por parte de la compañía de seguros.
- Fecha de recepción: corresponde a la fecha exacta en que el afectado reporta el siniestro a la aseguradora.
- Periodo en desarrollo: corresponde al lapso donde se agrupan los siniestros que previamente fueron reportados; así, por ejemplo, si la unidad de agrupación es el año, para el 2017 se agruparían todas las fechas de recepción o pago que estén dentro del periodo.
- Provisión de siniestros pendientes de liquidación: se refiere a aquellos siniestros que ya fueron reportados y se encuentran en estudio y trámite para hacer efectiva la indemnización, si así corresponde.
- Provisión de siniestros pendientes de declaración: se refiere a la estimación de siniestros ocurridos en el año en ejercicio, pero que no han sido incluidos en la provisión de siniestros pendientes de liquidación, ya que no han sido reportados.

Métodos *Chain Ladder*.

El modelo *Chain Ladder* ha sido el primer método basado en triángulos en desarrollarse para el cálculo de siniestros incurridos, pero no reportados y se categoriza como un modelo IBNR (*Incurred But Not Reported*) por sus siglas en inglés. Este se basa en el supuesto de que, en periodos futuros, se observará el mismo comportamiento y patrón de pago observado en el periodo bajo estudio; además, *Chain Ladder* asume que para cada periodo de origen se mantiene la proporcionalidad de siniestro en cada uno de los periodos en desarrollo.

La metodología *Chain Ladder* puede ser aplicada por la línea de seguro, por producto o bien por tipo de cobertura, por lo cual resulta un método bastante flexible y que puede ser utilizado de acuerdo con el estudio que se necesite realizar. Como requisito, resulta importante contar como mínimo con un periodo de 5 años de información, con al menos 300 casos, esto con el objetivo de poder lograr una mayor precisión del cálculo.

Para construir el triángulo sobre el cual se proyectarán los siniestros, se deben agrupar las observaciones de la base de datos, para lo que existen varios criterios de agrupación y, en esta investigación, se hará referencia al criterio utilizado por el supervisor y al criterio alternativo propuesto.

Agrupación de acuerdo con el ente supervisor.

De acuerdo con el reglamento sobre solvencia de entidades de seguros y reaseguros, específicamente en la sección del método OYNR, para la implementación del método *Chain Ladder* el supervisor pide dos bases de datos con información correspondiente a un mínimo de cinco años, con información básica de siniestros, la cual se detallan a continuación:

- Base de datos de siniestros pagados: debe contener la siguiente información:

1. Grupo de riesgo homogéneo, ejemplo, línea de seguro.
 2. Número de siniestro
 3. Fecha de ocurrencia del siniestro.
 4. Fecha de declaración del siniestro.
 5. Fecha de liquidación: el supervisor interpreta como fecha de liquidación la fecha en que se pagó al beneficiario de póliza.
 6. Monto liquidado: monto pagado por la entidad relacionado con el siniestro, incluyendo gastos imputables a las prestaciones.
- Base de datos de siniestros provisionados: debe contener la siguiente información:
 1. Grupo de riesgo homogéneo, para este caso la línea de seguro.
 2. Número de siniestro.
 3. Fecha de ocurrencia del siniestro.
 4. Fecha de declaración del siniestro.
 5. Monto provisionado: debe incluir todas las obligaciones pendientes de la entidad relacionadas al siniestro.

Para efectos de la presente investigación, los siniestros provisionados que se mencionan en la normativa serán llamados siniestros pendientes o triángulo de pendientes. Es importante destacar que al construir este triángulo aplicando la metodología del ente supervisor, los siniestros provisionados no se acumulan, sino que simplemente se suma el monto que se dio en el periodo de origen y desarrollo en cuestión.

Agrupación de acuerdo con la metodología alterna.

La agrupación mediante la metodología propuesta presenta diferencias de criterio específicamente en cuanto a la interpretación de la fecha de liquidación. Tal como se

mencionó en el apartado anterior, el supervisor considera como fecha de liquidación la fecha en que se dio el pago del siniestro, no obstante, la metodología alterna considera como fecha de liquidación el momento en que el siniestro es reportado o provisionado, ya que desde ese momento la entidad aseguradora empieza a guardar recursos relacionados con el reclamo que se haga posteriormente.

La diferencia de criterio en cuanto a la fecha de liquidación implica cambios en el momento de construir el triángulo de siniestros pendientes, esto porque al tomar como criterio de fecha de provisión, los únicos siniestros pendientes que se incluirán serán solo los que no han sido pagados a la fecha de construcción de los triángulos y se colocarán en el periodo donde se originaron. Además, por un tema de consistencia con el triángulo de siniestros liquidados, el triángulo de pendientes también será acumulado, lo que implica que el triángulo final sobre el cual se realizaran los cálculos tendrá la contabilización de todos los siniestros desde su fecha de provisión, independientemente de si han sido o no pagados.

Definición del modelo.

El modelo *Chain Ladder* sin inflación se puede definir de la siguiente manera:

$$C_{ij} = S_i R_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

C_{ij} = Representa los reclamos que se ubican dentro del triángulo de desarrollo en el año origen i y por el desarrollo j .

S_i = Representa el nivel de reclamos final del origen i .

$R_j =$ Representa la proporción, en términos reales, del reclamo definitivo que se espera obtener al final del j -ésimo período de desarrollo.

Para calcular los siniestros incurridos, pero no reportados, bajo el método de *Chain Ladder* sin inflación, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Construir el triángulo de desarrollo con los datos de reclamos incurridos de manera incremental bajo el periodo de estudio, donde las filas corresponden al periodo de origen y las columnas al periodo de desarrollo.
2. Se realiza la acumulación de reclamos incrementales de la siguiente manera:

$$\hat{C}_{ij} = \sum_{k=1}^j C_{ik}$$

3. Se calculan las razones entre periodos de desarrollo sucesivos, lo cual resulta útil para observar si existen patrones incoherentes en los datos y de ser así tomar decisiones en cuanto al tratamiento que se debe dar a estos datos. Las razones se calculan de la siguiente manera:

Tabla 4: *Estructura del triángulo de razones entre periodos de desarrollo*

Período de origen	1	2	...	...	...	j-1 j
1	$\hat{C}_{1,2}/\hat{C}_{1,1}$	$\hat{C}_{1,3}/\hat{C}_{1,2}$	...	...	...	$\hat{C}_{1,j}/\hat{C}_{1,j-1}$
2	$\hat{C}_{2,2}/\hat{C}_{2,1}$	$\hat{C}_{2,3}/\hat{C}_{2,2}$	...	...	...
...	
...	
...	
i-1	$\hat{C}_{i-1,2}/\hat{C}_{i-1,1}$					
i						

Fuente: Elaborado por el autor

4. Se procede a calcular los factores de desarrollo, los cuales serán utilizados para el cálculo de los siniestros proyectados en el triángulo inferior de la tabla. Dichos factores se calculan por medio de la siguiente fórmula:

$$f_{j \rightarrow j+1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} C_{ij+1}}{\sum_{i=1}^{n-j} C_{ij}}$$

Donde:

- n: corresponde al número de periodos de origen utilizados.
 - j: corresponde al periodo en desarrollo que se le está calculando el factor.
5. Se calculan los valores proyectados de la última columna o periodo de desarrollo; para esto se utiliza el último dato real que se tiene en la fila o bien el dato de la diagonal y se multiplica por los factores de desarrollo que faltan para llegar a la celda en cuestión. Así, por ejemplo, en un triángulo de seis periodos de origen y seis periodos de desarrollo, para calcular el valor de la celda de la fila tres y la columna cinco, se toma el valor de la diagonal de la fila tres y se multiplica por el producto de

los factores de desarrollo tres y cuatro, mientras que para calcular el valor de la celda de la fila tres y la columna seis se toma el producto del factor de los factores de desarrollo tres, cuatro y cinco.

La metodología descrita presenta el inconveniente de no tomar en cuenta la inflación, por lo que los factores de desarrollo calculados excluyen este efecto. Esto provoca un problema ya que, si la inflación esperada a futuro es muy diferente al comportamiento histórico, los factores de desarrollo pueden presentar un sesgo que afecte su capacidad de predicción; es por esto que con los datos oficiales de inflación se deben actualizar los datos de siniestros presentes en el triángulo de desarrollo, con el objetivo de aislar el efecto inflación de estos datos.

El método *Chain Ladder* con el ajuste de inflación se puede calcular de la siguiente manera:

$$C_{ij} = S_i R_j \lambda_{i+j-1} + \varepsilon_{ij}$$

C_{ij} = Representa los reclamos que se ubican dentro del triángulo de desarrollo en el año origen i y por el desarrollo j .

S_i = Representa el nivel de reclamos final del origen i .

R_j = Representa la proporción, en términos reales, del reclamo final que se espera obtener al final del j -ésimo período de desarrollo.

λ_{i+j-1} = Representa el índice de inflación para el periodo calendario.

ε_{ij} = Representa al término de error.

Para calcular los siniestros incurridos, pero no reportados, mediante el método *Chain Ladder* con ajuste de inflación se siguen los siguientes pasos:

1. Se colocan los reclamos incurridos del periodo en el triángulo de desarrollo y de manera incremental, es decir no acumulado.
2. En una tabla de soporte se colocan las tasas de inflación entre los periodos de estudio de la siguiente manera:

Tabla 5: *Representación de tasas de inflación en Chain Ladder.*

Periodo de Desarrollo	Inflación
1_2	$\Delta\%_{1,2}$
2_3	$\Delta\%_{2,3}$
3_4	$\Delta\%_{3,4}$
...	...
i-1_i	$\Delta\%_{i-1,i}$

Fuente: Elaborado por el autor

Una vez tabulados los datos de inflación, se procede a ajustar cada uno de los montos incrementales del triángulo de desarrollo. Para aislar el efecto de inflación en el cálculo de factores de desarrollo, el cálculo de dicho ajuste se puede realizar siguiendo los siguientes ejemplos:

$$C_{1,1} \text{ ajustado} = C_{1,1} * (1 + \Delta\%_{1,2}) * (1 + \Delta\%_{2,3}) * (1 + \Delta\%_{3,4}) * \dots * (1 + \Delta\%_{i-1,i})$$

$$C_{3,3} \text{ ajustado} = C_{3,3} * (1 + \Delta\%_{3,4}) * \dots * (1 + \Delta\%_{i-1,i})$$

3. Una vez ajustados los datos por el efecto inflación, se procede a realizar los mismos procedimientos, seguidos para el cálculo de provisiones de siniestros sin ajuste de inflación, por lo que se procede a colocar los datos de manera acumulada y de manera ascendente por cada fila. Posteriormente, se calculan los factores de desarrollo utilizando la metodología y fórmulas descritas y, por último, se utilizan estos mismos factores para proyectar los siniestros incurridos, pero no reportados.

Otros Métodos Chain Ladder.

Adicionalmente a la metodología Chain Ladder presentada, también existe la vertiente *Chain Ladder* Multiplicativo, ideada para líneas de negocio en las cuales no hay mucha información histórica y su variante respecto al método anterior radica en el cálculo en las razones de crecimiento, para las cuales existen las siguientes metodologías:

- ***Chain Ladder multiplicativo - Promedios aritméticos:*** se calcula el promedio simple de las razones de crecimiento en cada año de desarrollo. Puede usarse los tres, cinco últimos años de origen o todos.
- ***Chain Ladder multiplicativo - Promedios geométricos:*** similar al anterior, cambiando promedio simple por promedio geométrico ($\sqrt[n]{x_1 * x_2 * \dots * x_n}$)

Técnica Bootstrap.

Como método de validación de los resultados desarrollados a partir de la metodología *Chain Ladder*, se empleará la técnica *Bootstrap*, debido a que su versión no paramétrica de este análisis no requiere ningún supuesto de la distribución poblacional y está basado totalmente en la distribución empírica (Alvarez Jareño & Coll Serrano, 2012).

Se desarrolla de la siguiente manera: sea $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ el vector de datos y $T_n(X)$ el estadístico de interés calculado a partir de ellos; la dinámica mediante *bootstrap* consiste básicamente en extraer de la población X un número B grande de muestras aleatorias (generalmente entre 50 y 200) con reemplazamiento de tamaño n . Así, los datos de la muestra original pueden aparecer una o más veces, o pueden no aparecer, en las sucesivas muestras generadas. Estos B valores forman una distribución de frecuencias a partir de la cual pueden obtenerse características de la muestra, por ejemplo: la media o la desviación típica (esperanza de T_n , error de muestreo de T_n), adicionalmente la propia distribución de frecuencias construida a partir de las repeticiones *bootstrap* se denomina “estimador *Bootstrap* de la distribución en el muestreo T_n ”. (Alvarez Jareño & Coll Serrano, 2012)

La esperanza de T_n o media aritmética de las repeticiones *Bootstrap* se define como:

$$T_n(\cdot) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B T_n(X^{*b})$$

Mientras el error de muestreo se define como:

$$\hat{\epsilon}_{boot} = \sqrt{\frac{1}{B} \sum_{b=1}^B [T_n(X^{*b}) - T_n(\cdot)]^2}$$

Capítulo III

Marco metodológico

3.1. Tipo de investigación

Este estudio se ajusta al enfoque cuantitativo y de alcance descriptivo. Se establece como período de estudio del 1 de enero del 2014 al 31 de diciembre 2018.

3.2. Población y sujetos de estudio

La investigación se desarrolla contemplando los siguientes sujetos y fuentes de información:

La población de estudio la constituyen todos los siniestros ocurridos desde el 01 de enero del 2013 hasta el 31 de diciembre del 2015. Se contemplan tanto los siniestros indemnizados durante este periodo como los siniestros pendientes de pago a la fecha de corte para la línea de seguros de salud. Los sujetos de información los constituyen una simulación basada en datos reales de los siniestros reportados por los ejecutivos del Departamento Actuarial de la entidad aseguradora, ya que, por motivo de la confidencialidad de la información, no hay posibilidad de utilizar los datos verídicos.

3.2.1 Fuentes de información

Las fuentes de información son bases de datos basadas en los datos reales y que se administran en formato electrónico de Excel de la entidad aseguradora, correspondientes al período comprendido del 01 de enero 2013 al 31 de diciembre 2018, provistos por los sujetos de información.

3.3. Procedimiento, definición de variables e instrumentos de recolección de datos

Una vez realizada la investigación teórica sobre el modelo the Chain Ladder y la definición del diseño de investigación, así como su aplicación, se inició el trabajo de campo. El punto de partida fue la recolección de la información, revisión de su consistencia y calidad y

definición de las variables necesarias para la realización de la estimación de los siniestros OYNR. Luego, se implementaron diversos criterios para la comparación y validación de los métodos utilizados. Finalmente, se realiza la estimación de siniestros OYNR con los datos obtenidos basados en el período de estudio.

3.4. Técnicas e implementación de los modelos

Se inicia con la aplicación del modelo sugerido por la SUGESE, el cual servirá de parámetro para la medición de los métodos alternos propuestos para el cálculo de la provisión de siniestros OYNR.

A continuación, se indica la metodología aplicable para la estimación de la provisión con cada uno de los modelos indicados en esta investigación:

Al inicio, se toman las bases de datos correspondientes al histórico acumulado de los siniestros pagados de la línea en estudio, en este caso, la línea de Salud, además de los siniestros pendientes, reportados a la fecha de corte. Se revisa la información para descartar posibles errores, como formato, validación de fechas, si se localizan valores extremos (siniestros extremos) que podrían distorsionar la aplicación del modelo, para ser extraídos de las bases de datos.

Posteriormente, se procede a seleccionar solo las variables dentro de las bases de datos que serán necesarias para la elaboración de los triángulos de desarrollo, las cuales se enumeran a continuación:

- Número de siniestro
- Fecha del siniestro

- Fecha de presentación del siniestro a la aseguradora
- Fecha de pago (en el caso de la base de siniestros pagados)
- Fecha de corte del reporte (en el caso de siniestros pendientes reportados)

Con estas variables de las fechas, se comienzan a definir los periodos de ocurrencia de los siniestros y el periodo de desarrollo de cada uno de ellos. Además, se utilizan para la aplicación del factor inflacionario que será empleado en el método de cálculo en estudio.

Seguidamente, se procede con la conformación de los triángulos de desarrollo, se realiza el cálculo de los factores de desarrollo y se determina el monto correspondiente a los siniestros ocurridos y no reportados para cada uno de los periodos de ocurrencia.

A continuación, se describe el proceso que se seguirá para el cálculo de la provisión de siniestros OYNR:

Método de los triángulos de siniestros ocurridos

Para la aplicación de este método, deberá contarse con las bases de datos que contengan la siguiente información, correspondiente como mínimo a los últimos 5 años hasta la fecha de cálculo: (en el ejercicio que se desarrolla para este trabajo se consideran 6 años)

Base de siniestros pagados:

- Grupo de riesgo homogéneo, como mínimo a nivel de línea de seguro
- Número de siniestro
- Fecha de ocurrencia
- Fecha de declaración

- Fecha de liquidación
- Monto liquidado: debe incluir los importes pagados por la entidad relacionados con el siniestro, incluyendo los gastos imputables a las prestaciones que correspondan.

Base de siniestros provisionados:

- Grupo de riesgo homogéneo, como mínimo línea de seguro
- Número de siniestro
- Fecha de ocurrencia
- Fecha de declaración
- Monto provisionado: debe incluir el importe total de las obligaciones pendientes de la entidad, derivadas de los siniestros, incluyendo los gastos imputables a las prestaciones, cualquiera que sea el origen, que se puedan producir hasta la total liquidación y pago del siniestro.

3.5. Tratamiento de la información

La información utilizada corresponde a la base de datos de siniestros ocurridos (pagados y pendientes) existente en un archivo en formato Excel. Posteriormente, se aplican y analizan cada uno de los modelos, citados en el apartado anterior, con el fin de realizar la estimación de cada modelo en el período en estudio y se compara con los resultados obtenidos con el método sugerido por la SUGESE mediante cuadros comparativos y las medidas estadísticas antes descritas.

Adicionalmente, si bien los datos no son exactamente los reales, sino una base generada a partir de ellos, se les aplicará un factor de distorsión con el fin de mantener su confidencialidad.

3.6. Operacionalización de las variables

Tabla 6: *Operacionalización de las variables*

<i>Objetivo específico</i>	<i>Variable</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operacional</i>	<i>Definición Instrumental</i>	<i>Fuentes</i>
1. Evaluar los diferentes enfoques para realizar el cálculo de la provisión técnica de siniestros ocurridos y no reportados.	Método utilizado para la elaboración de los triángulos Chain Ladder para la estimación de la provisión para siniestros ocurridos y no reportados.	Forma de cálculo de Triángulos <i>Chain Ladder</i> para la estimación de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados.	Aplicación de una variación en la forma de calcular la provisión para siniestros ocurridos y no reportados.	Triángulos <i>Chain Ladder</i> para la estimación de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados con la forma tradicional y una variación alternativa.	Reporte de siniestros pagados al corte. Reporte de siniestros pendientes al corte.
3. Estimar la provisión de siniestros	Cálculo de montos para la estimación	Análisis de dos diferentes metodologías	Forma de cálculo de triángulos	Triángulos <i>Chain Ladder</i> para la	Reporte de siniestros

<p>ocurridos y no reportados para la línea de salud, de manera que esta cumpla con la normativa vigente para las compañías aseguradoras.</p>	<p>de siniestros ocurridos y no reportados.</p>	<p>para la estimación de provisiones de siniestros ocurridos y no reportados bajo dos modalidades.</p>	<p>la <i>Chain Ladder</i> para la estimación de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados.</p>	<p>estimación de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados con la forma tradicional y una variación alternativa.</p>	<p>pagados al corte. Reporte de siniestros pendientes al corte.</p>
<p>4. Comparar los resultados del modelo <i>Chain Ladder</i> con respecto a otro modelo de simulación y valorar la calidad de los datos obtenidos.</p>	<p>Montos estimados bajo las modalidades tradicional y alternativa.</p>	<p>Valoración de los resultados por medio de un método alternativo para calcular la desviación de los resultados obtenidos.</p>	<p>Utilización del método Bootstrap para determinar la desviación para cada método utilizado para el cálculo de la provisión de siniestros ocurrido y no reportado.</p>	<p>Método de Bootstrap para los cálculos de la desviación de datos obtenidos por medio de los triángulos Chain Ladder.</p>	<p>Montos estimados para la provisión de siniestros ocurridos y no reportados mediante metodología tradicional y alternativa.</p>

Capítulo IV

Aplicación y

resultados

4.1 Aplicación y resultados

En el presente capítulo se procederá a aplicar la estimación de siniestros incurridos, pero no reportados, así como la estimación del monto de provisiones bajo la metodología *Chain Ladder* con criterio de agrupación alternativo y de la metodología propuesta por la SUGESE previamente mencionada. Dado lo expuesto, se tomó una base de datos real para la generación de nuevos datos y a la cual, por razones de confidencialidad, se le aplicó un factor de distorsión, cuyas características y proceso de selección se explicó con detalle en el capítulo anterior.

Antes de realizar los cálculos, se debe evaluar la conveniencia de realizar el ajuste de inflación a los datos y, para eso, se analiza el comportamiento del índice subyacente de inflación, indicador de precios que refleja más fielmente el comportamiento de la inflación y captura el comportamiento más permanente del nivel de precios, aislando variaciones de precios energéticos y alimenticios, los cuales sufren fuertes fluctuaciones debido a conflictos internacionales y problemas climáticos (Banco Central de Costa Rica, 2002).

Para analizar el comportamiento de la inflación, se presenta el siguiente cuadro referente a la variación interanual del Índice Subyacente de Inflación:

Tabla 7: *Variación Interanual Índice Subyacente de Inflación.*

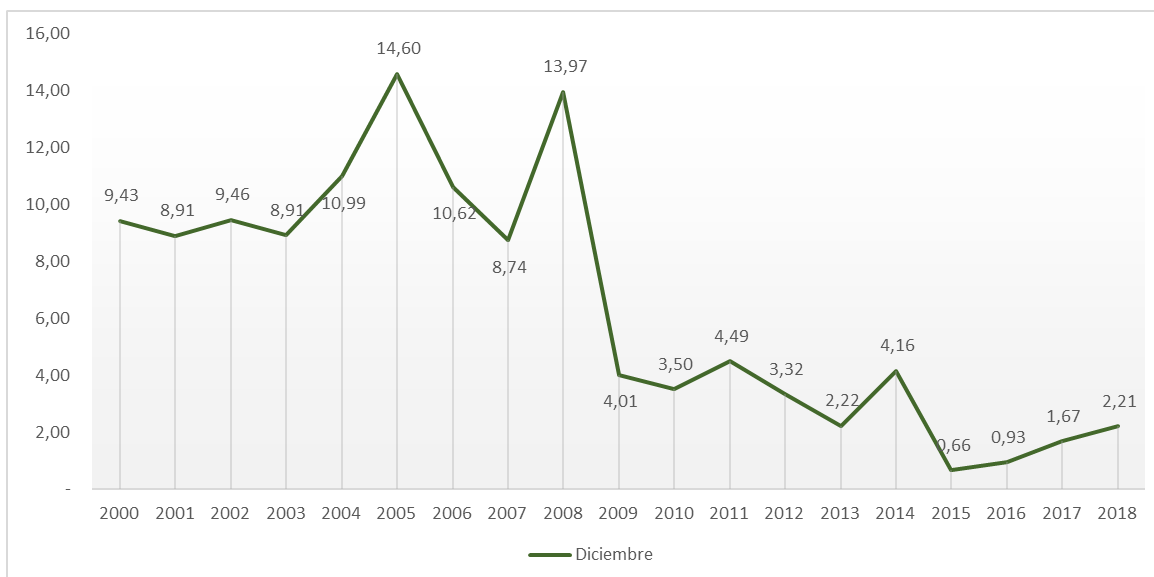
<i>Variación Interanual Índice Subyacente de Inflación</i>																			
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Enero	8,92	9,63	8,78	9,39	9,29	11,68	13,60	10,18	8,46	13,99	4,14	3,56	4,48	3,27	2,09	4,17	0,74	0,94	1,59
Febrero	8,74	9,67	8,73	9,77	9,05	11,95	13,46	9,79	9,15	13,19	4,09	3,45	4,58	3,04	2,48	3,92	0,59	1,06	1,56
Marzo	8,84	9,56	8,67	9,91	9,02	12,30	13,10	9,53	9,28	12,67	4,00	4,02	4,07	2,87	3,17	3,69	0,25	1,07	1,53
Abril	8,83	9,81	8,32	9,93	9,41	12,33	12,73	9,30	9,89	11,79	3,85	4,55	3,69	2,78	3,63	2,93	0,27	1,20	1,46
Mayo	8,67	10,01	8,07	10,05	9,72	12,65	12,25	8,99	10,64	10,67	3,87	4,56	3,84	2,65	3,77	2,55	0,28	1,41	1,20
Junio	8,75	9,82	8,23	9,91	10,03	13,09	11,74	8,76	11,39	9,79	3,53	4,63	3,85	2,62	3,88	2,55	- 0,01	1,49	1,29
Julio	9,32	9,42	8,92	9,28	10,24	13,95	11,25	7,96	13,49	7,98	3,18	4,78	3,61	2,74	3,91	1,58	0,29	1,48	1,47
Agosto	9,35	9,49	9,05	9,08	10,43	14,04	11,17	8,11	14,12	6,70	3,16	4,75	3,70	2,57	3,91	1,38	0,46	1,35	1,35
Septiembre	9,17	9,84	8,92	8,99	10,43	14,41	10,65	8,27	14,48	6,10	2,89	4,88	3,56	2,68	3,90	1,18	0,71	1,57	1,30
Octubre	9,34	9,61	9,03	8,95	10,56	14,90	10,21	8,08	14,78	5,67	2,68	5,26	3,21	2,65	4,04	1,16	0,70	1,60	1,70
Noviembre	9,45	9,49	9,20	9,11	10,72	14,83	10,38	8,36	14,79	4,15	3,33	4,81	3,42	2,37	4,16	0,85	0,79	1,65	1,89
Diciembre	9,43	8,91	9,46	8,91	10,99	14,60	10,62	8,74	13,97	4,01	3,50	4,49	3,32	2,22	4,16	0,66	0,93	1,67	2,21

Fuente: Banco Central de Costa Rica

Con base en la información expuesta en el cuadro, tomando como referencia las variaciones interanuales correspondientes al mes de diciembre, se aprecia que, a partir del año 2009, el comportamiento de la inflación se estabilizó, ya que su tasa de crecimiento disminuyó su variabilidad y el promedio, a partir del 2009, ha presentado un incremento interanual para el mes de diciembre de 3,26%, el cual es un nivel bastante bajo, en comparación a los niveles inflacionarios precedentes.

A continuación, se presenta un gráfico que refleja el comportamiento interanual del Índice Subyacente de Inflación:

Gráfico 1: *Evolución interanual del Índice Subyacente de Inflación, periodo 2000-2018*



Fuente: Elaborado por el autor con base en información del Banco Central de Costa Rica.

Como se aprecia en el gráfico, la variabilidad de la inflación disminuyó sensiblemente a partir del año 2009, lo que indica que a partir de ese año el comportamiento de la inflación se consolidó en torno a una tasa promedio baja y con variaciones interanuales menores, lo anterior como resultado de la política del BCCR orientada a metas de inflación. Así mismo, a partir del año 2016, el BCCR publica este índice con datos del IPC (Índice de Precios al Consumidor) logrando que, en este periodo, la inflación se ubique dentro de su rango meta.

Por consiguiente, se espera que el comportamiento de la inflación en el mediano plazo sea estable, en vista del éxito que ha tenido el Banco Central en su política monetaria. Por esta razón no se considera necesario realizar el ajuste por inflación en los datos, debido a la estabilidad y previsión de que se mantenga tal comportamiento, ya que para el período de estudio no se verá afectado por la entrada en vigencia de la reforma fiscal monetaria que

aplicará el Ministerio de Hacienda en el año 2019, así que el efecto inflacionario no provoca un sesgo en los datos.

4.1.1 Chain Ladder metodología supervisor.

Para la aplicación del método de triángulos de *Chain Ladder*, primero se debe extraer la información de la base de datos, con el objetivo de colocarla en un triángulo de siniestros. Para construir ese triángulo, la información se debe procesar de acuerdo con la metodología definida por la SUGESE, la cual define que los siniestros se clasifican por fecha de origen, mientras que la fecha de liquidación, para efectos de la Superintendencia, se refiere al momento de pago del siniestro, la cual define el periodo de desarrollo donde se ubica cada siniestro. Siguiendo los anteriores criterios, primero se procede a construir un triángulo para los siniestros pagados, el cual se presenta a continuación:

Tabla 8: *Triángulo de siniestros pagados, metodología supervisor.*

Período Origen	Período de Desarrollo incremental según pago					
	1	2	3	4	5	6
2013	17.139.498.219	1.847.375.462	45.032.106	6.620.369	797.425	975.733
2014	16.155.378.992	3.616.977.540	52.829.801	26.449.526	17.779.417	
2015	16.822.053.304	3.937.719.301	212.326.499	134.854.600		
2016	14.913.692.000	3.447.480.883	315.664.216			
2017	14.780.018.750	3.033.964.057				
2018	14.342.782.093					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Una vez construido el triángulo de siniestros pagados, se procede a realizar la acumulación de los reclamos incrementalmente, los cuales representan la suma de todos los pagos realizados en el periodo de origen i, hasta el periodo j. Así, triángulo acumulado se vería de la siguiente manera:

Tabla 9: *Triángulo acumulado de siniestros pagados, metodología supervisor*

Período Origen	Período de Desarrollo acumulado según pago					
	1	2	3	4	5	6
2013	17.139.498.219	18.986.873.680	19.031.905.787	19.038.526.155	19.039.323.580	19.040.299.313
2014	16.155.378.992	19.772.356.532	19.825.186.333	19.851.635.859	19.869.415.276	
2015	16.822.053.304	20.759.772.605	20.972.099.105	21.106.953.705		
2016	14.913.692.000	18.361.172.883	18.676.837.100			
2017	14.780.018.750	17.813.982.807				
2018	14.342.782.093					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Una vez construido el triángulo acumulado de siniestros pagados, se procede a construir el triángulo de siniestros pendientes el cual se presenta a continuación:

Tabla 10: *Triángulo de siniestros pendientes, metodología supervisor*

Período Origen	Período de desarrollo de provisión de siniestros					
	1	2	3	4	5	6
1	1.734.660.374	148.444.791	27.687.137	305.393	149.185	-
2	1.583.533.294	109.756.733	2.778.505	2.972.692	-	
3	1.621.213.653	54.109.778	1.485.435	3.631.320		
4	2.280.497.408	145.120.269	6.880.034			
5	2.094.705.758	102.092.347				
6	3.994.356.144					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Posteriormente, de acuerdo con la metodología SUGESE, se debe agregar el triángulo de pendientes al triángulo de siniestros acumulados, lo que resulta en el triángulo que se presenta a continuación:

Tabla 11: *Triángulo agregado de siniestros pendientes y siniestros pagados, metodología supervisor*

Período Origen	Período de Desarrollo de Costos Totales					
	1	2	3	4	5	6
2013	18.874.158.592	19.135.318.471	19.059.592.923	19.038.831.548	19.039.472.765	19.040.299.313
2014	17.738.912.286	19.882.113.265	19.827.964.838	19.854.608.551	19.869.415.276	
2015	18.443.266.957	20.813.882.384	20.973.584.540	21.110.585.025		
2016	17.194.189.408	18.506.293.152	18.683.717.134			
2017	16.874.724.507	17.916.075.154				
2018	18.337.138.236					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Con la finalidad de observar el patrón seguido por los datos extraídos y tomar decisiones en cuanto al tratamiento de la información, en el caso de que se observen comportamientos extraños, a continuación, se presentan las razones entre periodos de desarrollo sucesivos para cada periodo de origen:

Tabla 12: *Triángulo de factores de desarrollo, metodología supervisor*

Período Origen	Factores de Desarrollo				
	2 - 1	3 - 2	4 - 3	5 - 4	6 - 5
2013	1,014	0,996	0,999	1,000	1,000
2014	1,121	0,997	1,001	1,001	
2015	1,129	1,008	1,007		
2016	1,076	1,010			
2017	1,062				

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Con el objetivo de analizar la variabilidad de los datos y determinar si es necesario realizar un ajuste por variaciones en los datos anormales, se elabora el siguiente cuadro:

Tabla 13: *Desviación estándar y coeficiente variación de factores de desarrollo, metodología supervisor.*

Periodo Origen	Desviación Estándar	Coeficiente Variación
2 - 1	4,68%	4,3%
3 - 2	0,70%	0,7%
4 - 3	0,39%	0,4%
5 - 4	0,05%	0,1%
Total Datos	4,59%	4,5%

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Tanto la desviación estándar como el coeficiente de variación son indicadores de volatilidad, con la diferencia de que la segunda se trata de una medida relativa. El anterior cuadro está construido a partir de los factores de desarrollo calculados entre periodos sucesivos y, al analizar la volatilidad para cada una de las columnas del triángulo de factores de desarrollo, tomando como criterio el coeficiente de variación, se encuentra que, en términos relativos, ninguna de las columnas presenta una volatilidad con respecto a la media mayor a 10.15%. Adicionalmente, el coeficiente de variación, para todo el conjunto de factores, corresponde a 13.03%.

Con base en lo expuesto, se puede concluir que, si bien es cierto que existe cierto grado de volatilidad relativa, dicha volatilidad disminuye conforme se avanza entre periodos y, así mismo, siendo la media del total de factores de 1.098, se puede constatar que no existe un solo factor ubicado a más de 2.5 desviaciones estándar de distancia de la media general. Por esta razón se decide no realizar ningún ajuste a los datos, por volatilidades anormales.

4.1.2 Chain Ladder metodología alternativa.

En este apartado se muestra una metodología alterna para extraer los datos y, por consiguiente, construir los triángulos necesarios para desarrollar *Chain Ladder*. Consiste en un método alternativo al expuesto para al tratamiento propuesto por la SUGESE. Para la construcción del triángulo de siniestros liquidados se utiliza la fecha de origen, y la fecha de liquidación define el periodo de desarrollo donde se sumará cada siniestro, donde, a diferencia de la metodología del supervisor para el método alterno, la fecha de liquidación se refiere a la fecha en que se reporta el siniestro a la aseguradora, ya que desde este momento se procede a provisionar el monto correspondiente para cada reclamo. A continuación, se presenta el triángulo de siniestros liquidados:

Tabla 14: *Triángulo de siniestros liquidados, metodología alternativa.*

Período Origen	Período de Desarrollo incremental según pago alternativo					
	1	2	3	4	5	6
2013	17.780.588.881	1.279.123.486	32.765.554	6.473.002	502.235	233.323
2014	17.659.413.427	2.131.391.919	49.016.061	19.395.109	5.420.442	
2015	18.521.625.275	2.328.827.455	171.767.753	83.449.540		
2016	16.212.054.907	2.211.714.434	253.067.759			
2017	15.653.539.770	2.160.331.322				
2018	14.342.760.196					

Fuente: Elaborado por el auto con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018.

Una vez construido el triángulo de siniestros liquidados, se procede a realizar la acumulación de los reclamos incrementales. Posterior a esa acumulación, el triángulo se vería de la siguiente manera:

Tabla 15: *Triángulo de siniestros liquidados acumulada, metodología alternativa.*

Período Origen	Período de Desarrollo acumulado según pago alternativo					
	1	2	3	4	5	6
2013	17.780.588.881	19.059.712.366	19.092.477.921	19.098.950.923	19.099.453.158	19.099.686.481
2014	17.659.413.427	19.790.805.346	19.839.821.407	19.859.216.515	19.864.636.958	
2015	18.521.625.275	20.850.452.730	21.022.220.483	21.105.670.023		
2016	16.212.054.907	18.423.769.340	18.676.837.100			
2017	15.653.539.770	17.813.871.092				
2018	14.342.760.196					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Luego de construir el triángulo de siniestros liquidados, se procede a construir el triángulo de siniestros pendientes, del modo como se presenta a continuación:

Tabla 16: *Triángulo de siniestros pendientes, metodología alternativa.*

Período Origen	Período de desarrollo de provisión de siniestros					
	1	2	3	4	5	6
2013	3.994.356.144	102.092.347	6.880.034	3.631.320	-	5.046.657
2014	2.094.705.758	145.120.269	1.485.435	2.972.692	149.185	
2015	2.280.497.408	54.109.778	2.778.505	305.393		
2016	1.621.213.653	109.756.733	27.687.137			
2017	1.583.533.294	148.444.791				
2018	1.734.660.374					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

A diferencia de la metodología de la SUGESE, antes de agregar el triángulo de pendientes al triángulo acumulado de siniestros liquidados, se procede a acumular el triángulo de siniestros pendientes y, una vez acumulado, se agrega al triángulo de liquidados. A continuación, se presenta la acumulación de siniestros pendientes:

Tabla 17: *Triángulo de siniestros pendientes acumulada, metodología alternativa.*

Período Origen	Período de desarrollo de provisión de siniestros					
	1	2	3	4	5	6
2013	3.994.356.144	4.096.448.491	4.103.328.525	4.106.959.845	4.106.959.845	4.112.006.501
2014	2.094.705.758	2.239.826.027	2.241.311.462	2.244.284.154	2.244.433.339	
2015	2.280.497.408	2.334.607.187	2.337.385.692	2.337.691.085		
2016	1.621.213.653	1.730.970.385	1.758.657.522			
2017	1.583.533.294	1.731.978.084				
2018	1.734.660.374					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Posterior a acumular el triángulo de pendientes se procede a sumar este triángulo con el triángulo de liquidados, como se presenta a continuación:

Tabla 18: *Triángulo agregado de siniestros pendientes y siniestros pagados, metodología alternativa.*

Período Origen	Período de desarrollo de provisión alternativo					
	1	2	3	4	5	6
2013	3.994.589.467	4.097.184.049	4.110.537.085	4.146.933.959	5.426.057.445	23.211.692.982
2014	2.100.126.200	2.264.641.577	2.315.143.074	4.449.507.684	22.109.070.296	
2015	2.363.946.948	2.589.824.480	4.921.430.440	23.443.361.108		
2016	1.874.281.412	4.195.752.579	20.435.494.622			
2017	3.743.864.616	19.545.849.176				
2018	16.077.420.569					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

El patrón histórico de los datos se puede analizar con el siguiente triángulo de factores de desarrollo de periodos sucesivos:

Tabla 19: *Triángulo de factores de desarrollo, metodología alternativa.*

Período Origen	Período de desarrollo método alternativo				
	2 - 1	3 - 2	4 - 3	5 - 4	6 - 5
2013	1,0634	1,0017	1,0004	1,0000	1,0002
2014	1,1152	1,0023	1,0010	1,0003	
2015	1,1146	1,0075	1,0036		
2016	1,1302	1,0139			
2017	1,1339				

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Para analizar la variabilidad de los datos se presenta el siguiente cuadro:

Tabla 20: *Desviación estándar y coeficiente variación de factores de desarrollo, metodología alternativa.*

Periodo Origen	Desviación Estándar	Coficiente Variación
2 - 1	2,82%	2,54%
3 - 2	0,57%	0,56%
4 - 3	0,17%	0,17%
5 - 4	0,02%	0,02%
Total Datos	5,51%	5,30%

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Como se observa en el cuadro, tanto la volatilidad absoluta como la relativa bajo el método alterno, es inferior que la volatilidad de la metodología del supervisor. Adicionalmente, es importante destacar que ninguno de los factores de desarrollo se encuentra a más de dos desviaciones estándar alrededor de la media, por lo que no se requiere hacer ningún ajuste a los datos, por presencia de patrones extraños.

4.2 Enfoques *Chain Ladder*

4.2.1 Chain Ladder Multiplicativo Factores Razón de Sumas

El método *Chain Ladder Multiplicativo Factores Razón de Sumas* es uno de los enfoques sobre los cuales se aplica este modelo (aplicado por SUGESE). Es una metodología que utiliza toda la información disponible y se ajusta para series de datos donde la tendencia no es volátil y existe información suficiente para llevar a cabo el análisis.

A continuación, se presenta el cálculo de factores de desarrollo a partir de la información del triángulo de siniestros acumulados bajo la metodología del supervisor, siguiendo la fórmula denotada en el paso 4 de la explicación esbozada en el marco teórico. Estos factores serán utilizados para el cálculo de las proyecciones de siniestros:

Tabla 21: *Factores de Desarrollo, metodología del supervisor.*

Factores de desarrollo	1,0800	1,0026	1,0024	1,0004	1,0000	1,0000
-------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Bajo el método alternativo los factores de desarrollo que serán utilizados para la proyección de siniestros serán:

Tabla 22: *Factores de Desarrollo, metodología alternativa.*

Factores de desarrollo	1,0143	1,0011	1,0014	1,0001	1,0000	1,0000
-------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Para la proyección de los siniestros, se utilizan los factores de desarrollo y el paso cinco presentado en la explicación del modelo *Chain Ladder* del marco teórico. A continuación, se

presentan los resultados del cálculo de las estimaciones de siniestros bajo la metodología del supervisor:

Tabla 23: *Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder, factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.*

Costos Totales	Período de Desarrollo					
Período de Ocurrencia del Siniestro	1	2	3	4	5	6
1	18.874.158.592	19.135.318.471	19.059.592.923	19.038.831.548	19.039.472.765	19.040.299.313
2	17.738.912.286	19.882.113.265	19.827.964.838	19.854.608.551	19.869.415.276	19.870.277.853
3	18.443.266.957	20.813.882.384	20.973.584.540	21.110.585.025	21.118.969.860	21.119.886.683
4	17.194.189.408	18.506.293.152	18.683.717.134	18.691.138.051	18.698.561.915	18.699.373.663
5	16.874.724.507	17.916.075.154	17.958.839.112	18.001.705.143	18.008.855.174	18.009.636.980
6	18.337.138.236	18.385.651.482	18.434.293.076	18.478.293.970	18.485.633.296	18.486.435.800

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

A partir del método alterno la proyección de siniestro es la siguiente:

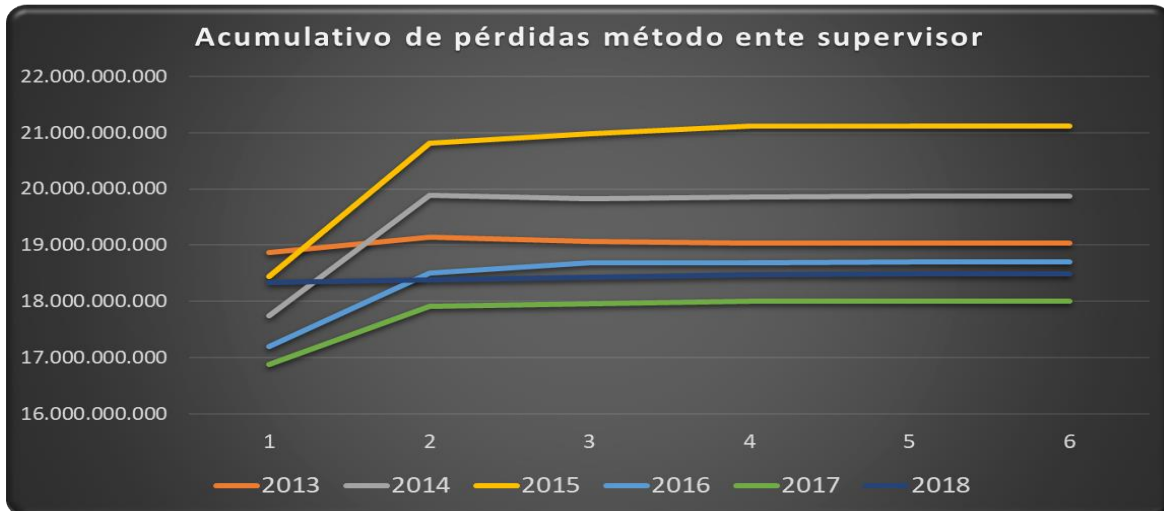
Tabla 24: *Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder, factores de desarrollo bajo metodología alternativa.*

Costos Totales	Período de Desarrollo					
Período de Ocurrencia del Siniestro	1	2	3	4	5	6
1	18.874.158.592	19.135.318.471	19.059.592.923	19.038.831.548	19.039.472.765	19.040.299.313
2	17.738.912.286	19.882.113.265	19.827.964.838	19.854.608.551	19.869.415.276	19.869.502.805
3	18.443.266.957	20.813.882.384	20.973.584.540	21.110.585.025	21.112.098.785	21.112.191.788
4	17.194.189.408	18.506.293.152	18.683.717.134	18.685.056.873	18.686.396.707	18.686.479.025
5	16.874.724.507	17.916.075.154	17.941.245.742	17.966.451.692	17.967.739.998	17.967.819.150
6	18.337.138.236	18.357.676.913	18.378.238.595	18.404.058.484	18.405.378.169	18.405.459.249

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Gráficamente, la evolución de los siniestros acumulados en cada uno de los años, incluyendo las proyecciones para la metodología del supervisor:

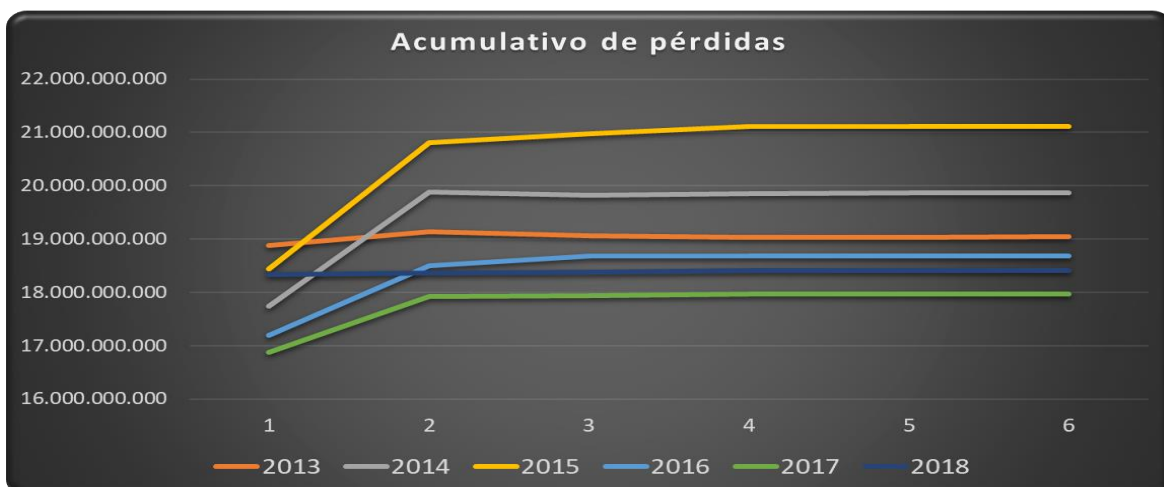
Gráfico 2: *Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder, factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.*



Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Mientras que la representación gráfica de la evolución de los siniestros bajo la metodología alterna:

Gráfico 3: *Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder, factores de desarrollo bajo metodología alternativa.*



Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Una vez obtenidas las estimaciones de siniestros para la parte inferior de la matriz, se puede calcular el monto de estimación por siniestros incurridos, pero no reportados, que la aseguradora debe hacer para la línea de seguros que se está analizando. Con el objetivo de calcular el monto a provisionar, se procede a restar los datos de la columna seis, a partir del periodo de origen uno del último dato real para cada fila de la matriz (la diagonal). La siguiente tabla presenta el resultado del cálculo por periodo de origen bajo la metodología del supervisor:

Tabla 25: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder, factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.

Período de origen	Provisión de siniestros
2013	-
2014	862.577
2015	9.301.659
2016	15.656.529
2017	93.561.827
2018	149.297.564
Total	268.680.155

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

El resultado de la provisión de siniestros bajo la metodología alterna queda de la siguiente forma:

Tabla 26: *Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder, factores de desarrollo bajo metodología alternativa.*

Período de origen	Provisión de siniestros
2013	-
2014	87.529
2015	1.606.763
2016	2.761.891
2017	51.743.996
2018	68.321.012
Total	124.521.192

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

4.2.2 Chain Ladder Multiplicativo de Factores Geométricos.

Con el objetivo de aplicar el método de *Chain Ladder multiplicativo de factores geométricos* se utiliza el mismo triángulo de desarrollo que se presentó en el anterior ejemplo; sin embargo, como variación del ejemplo anterior, para esta metodología se utilizan factores de promedios geométricos para las proyecciones. A continuación, se presenta un cuadro con el resultado del cálculo de factores geométricos los cuales se calculan a partir de las razones entre periodos de desarrollo mostradas en la Tabla 10 para los últimos 3 y 5 periodos y para todos los periodos bajo la metodología del supervisor:

Tabla 27: *Factores geométricos bajo metodología del supervisor.*

Media Geométrica, últimos 5 años	1,027	1,002	1,001	1,000	1,019
Media Geométrica, últimos 3 años	1,022	1,001	1,001	1,000	1,019
Media Geométrica, todos los años	1,027	1,002	1,001	1,000	1,019

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

En tanto, bajo el método alterno, se utiliza las razones entre periodos de desarrollo de la tabla 17. Los factores geométricos para proyectar los siniestros se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 28: *Factores geométricos bajo metodología alternativa.*

Media Geométrica, últimos 5 años	1,038	1,003	1,001	1,000	1,025
Media Geométrica, últimos 3 años	1,025	1,002	1,001	1,000	1,025
Media Geométrica, todos los años	1,038	1,003	1,001	1,000	1,025

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Las medias geométricas resultan más apropiadas que las aritméticas para explicar el pasado, porque capturan de mejor manera la relación entre distintos periodos. Esto se debe a que su resultado produce la tasa de crecimiento que se debe generar en cada periodo para alcanzar el monto final de siniestros por periodo de origen, es decir la media geométrica es la tasa de crecimiento media entre los distintos periodos.

La metodología de medias geométricas, que para los últimos 5 y 3 años capturan con mayor precisión los últimos acontecimientos, resulta útil para el análisis donde la tendencia de los datos ha variado claramente en los últimos periodos y se requiere dar mayor ponderación a los nuevos acontecimientos o patrones. Esta metodología de cálculo para medias geométricas resulta muy útil para situaciones donde no se cuenta con abundante cantidad de datos.

Con el objetivo de proyectar los siniestros, se utilizará la media geométrica para todos los periodos, dado que el comportamiento de los datos bajo ambas metodologías se considera

estable. Adicionalmente, se aplica el paso 5 del marco teórico para realizar la proyección del siniestro. La proyección basada en la metodología del supervisor corresponde a:

Tabla 29: *Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología del supervisor.*

Costos Totales	Período de Desarrollo					
Período de Ocurrencia del Siniestro	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	18.874.158.592	19.135.318.471	19.059.592.923	19.038.831.548	19.039.472.765	19.040.299.313
2	17.738.912.286	19.882.113.265	19.827.964.838	19.854.608.551	19.869.415.276	20.244.635.823
3	18.443.266.957	20.813.882.384	20.973.584.540	21.110.585.025	21.116.305.624	21.515.072.856
4	17.194.189.408	18.506.293.152	18.683.717.134	18.707.325.231	18.712.394.589	19.065.765.578
5	16.874.724.507	17.916.075.154	17.948.477.573	17.971.156.647	17.976.026.516	18.315.491.689
6	18.337.138.236	18.832.974.013	18.867.034.705	18.890.874.436	18.895.993.532	19.252.831.664

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

A partir de la metodología alterna la proyección sería la siguiente:

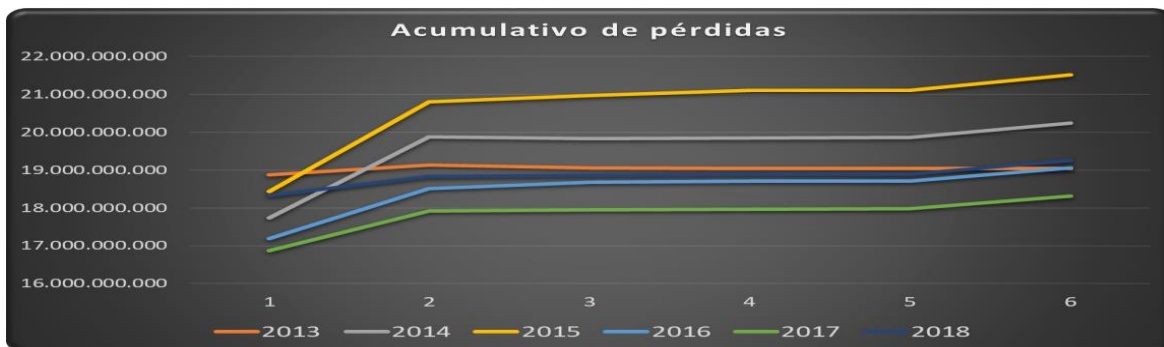
Tabla 30: *Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología alterna.*

Costos Totales	Período de Desarrollo					
Período de Ocurrencia del Siniestro	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	18.874.158.592	19.135.318.471	19.059.592.923	19.038.831.548	19.039.472.765	19.040.299.313
2	17.738.912.286	19.882.113.265	19.827.964.838	19.854.608.551	19.869.415.276	20.368.814.914
3	18.443.266.957	20.813.882.384	20.973.584.540	21.110.585.025	21.114.111.396	21.644.795.335
4	17.194.189.408	18.506.293.152	18.683.717.134	18.700.939.368	18.704.063.225	19.174.172.802
5	16.874.724.507	17.916.075.154	17.971.454.043	17.988.019.729	17.991.024.498	18.443.212.496
6	18.337.138.236	19.032.078.761	19.090.907.236	19.108.504.809	19.111.696.747	19.592.051.820

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Se muestra, a continuación, la evolución de los siniestros acumulados en cada uno de los periodos, incluyendo las proyecciones bajo la metodología del supervisor, al aplicar los factores geométricos:

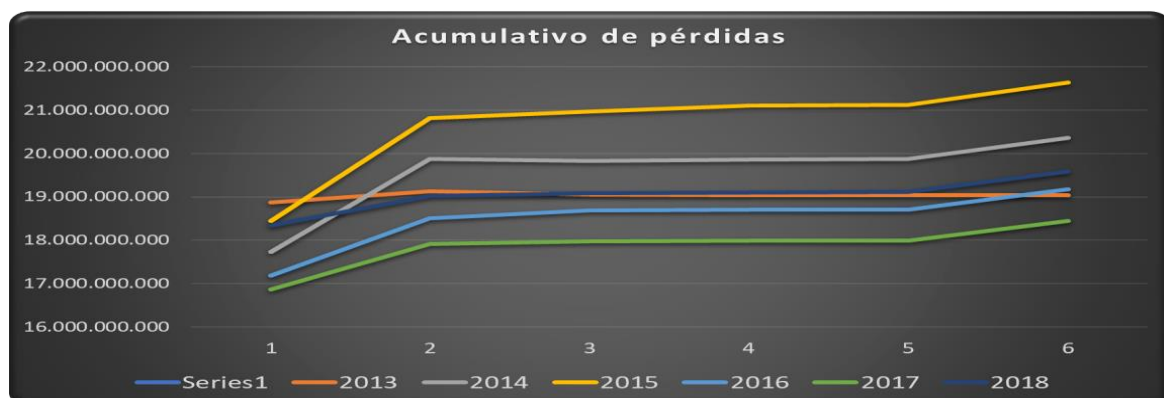
Gráfico 4: *Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder, factores geométricos bajo metodología del supervisor.*



Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

La evolución de siniestros, basada en la metodología alterna, se grafica de la siguiente manera:

Gráfico 5: *Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder, factores geométricos bajo metodología alternativa.*



Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

La estimación por siniestros que la aseguradora debería provisionar al aplicar la metodología de medias geométricas bajo el método del supervisor se presenta a continuación:

Tabla 31: *Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder, factores geométricos bajo metodología del supervisor.*

Período de origen	Provisión de siniestros
2013	-
2014	375.220.547
2015	404.487.832
2016	382.048.444
2017	399.416.535
2018	915.693.428
Total	2.476.866.786

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

La estimación de provisiones de método alternativo corresponde a:

Tabla 32: *Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder, factores geométricos bajo metodología alternativa.*

Período de origen	Provisión de siniestros
2013	-
2014	499.399.638
2015	534.210.311
2016	490.455.667
2017	527.137.342
2018	1.254.913.584
Total	3.306.116.542

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

4.2.3 Chain Ladder Multiplicativo de Factores Aritméticos.

Para la aplicación de la metodología *Chain Ladder multiplicativo de factores aritméticos* se utilizará el mismo triángulo de desarrollo que se originó con las metodologías presentadas. Los factores de promedios aritméticos utilizados para la proyección de los siniestros bajo la metodología del supervisor se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 33: *Factores aritméticos bajo metodología del supervisor.*

Media Aritmética, últimos 5 años	1,028	1,002	1,001	1,000	1,020
Media Aritmética, últimos 3 años	1,023	1,001	1,001	1,000	1,020
Media Aritmética, todos los años	1,028	1,002	1,001	1,000	1,020

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Con base en la metodología alterna, los factores de promedios aritméticos corresponden a:

Tabla 34: *Factores aritméticos bajo metodología alternativa.*

Media Aritmética, últimos 5 años	1,039	1,003	1,001	1,000	1,026
Media Aritmética, últimos 3 años	1,026	1,002	1,001	1,000	1,026
Media Aritmética, todos los años	1,039	1,003	1,001	1,000	1,026

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Al igual que en la metodología de medias geométricas, los factores aritméticos calculados para 3 y 5 años resultan convenientes para casos donde la información es muy escasa y se requiere capturar patrones recientes. Para la aplicación de esta metodología en este ejemplo, se utilizó la media aritmética para todo el horizonte de tiempo. Al aplicar el paso 5 del marco teórico se obtiene la siguiente proyección, basada en la metodología del supervisor:

Tabla 35: *Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder, factores aritméticos bajo metodología del supervisor.*

Costos Totales Período de Ocurrencia del Siniestro	Período de Desarrollo					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	18.874.158.592	19.135.318.471	19.059.592.923	19.038.831.548	19.039.472.765	19.040.299.313
2	17.738.912.286	19.882.113.265	19.827.964.838	19.854.608.551	19.869.415.276	20.259.855.386
3	18.443.266.957	20.813.882.384	20.973.584.540	21.110.585.025	21.116.306.813	21.531.248.725
4	17.194.189.408	18.506.293.152	18.683.717.134	18.707.382.000	18.712.452.427	19.080.157.862
5	16.874.724.507	17.916.075.154	17.948.644.552	17.971.378.372	17.976.249.313	18.329.488.131
6	18.337.138.236	18.849.834.919	18.884.101.786	18.908.020.460	18.913.145.267	19.284.794.378

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Con base en la metodología alterna la proyección sería la siguiente:

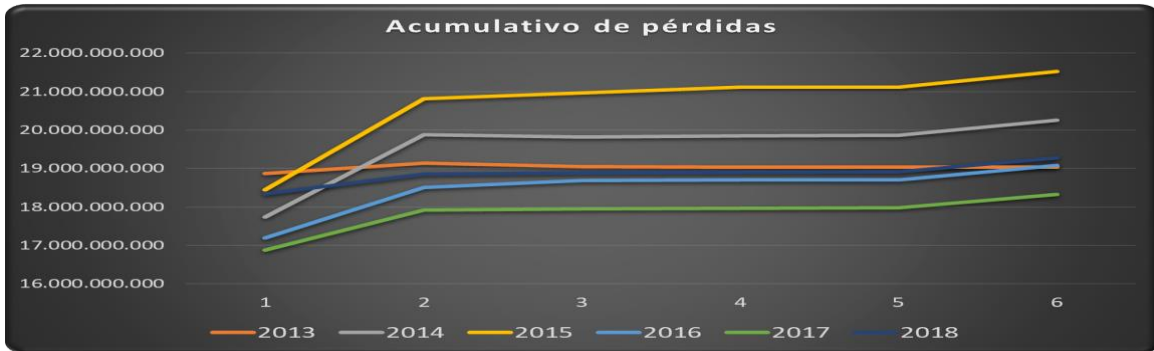
Tabla 36: *Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder, factores aritméticos bajo metodología alternativa.*

Costos Totales Período de Ocurrencia del Siniestro	Período de Desarrollo					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	18.874.158.592	19.135.318.471	19.059.592.923	19.038.831.548	19.039.472.765	19.040.299.313
2	17.738.912.286	19.882.113.265	19.827.964.838	19.854.608.551	19.869.415.276	20.388.658.573
3	18.443.266.957	20.813.882.384	20.973.584.540	21.110.585.025	21.114.111.508	21.665.882.193
4	17.194.189.408	18.506.293.152	18.683.717.134	18.700.953.476	18.704.077.435	19.192.867.201
5	16.874.724.507	17.916.075.154	17.971.611.380	17.988.190.781	17.991.195.674	18.461.355.849
6	18.337.138.236	19.056.373.746	19.115.444.668	19.133.079.292	19.136.275.437	19.636.359.743

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Gráficamente, la evolución para la proyección de siniestros utilizando la metodología de medias aritméticas bajo la metodología del supervisor se ve de la siguiente manera:

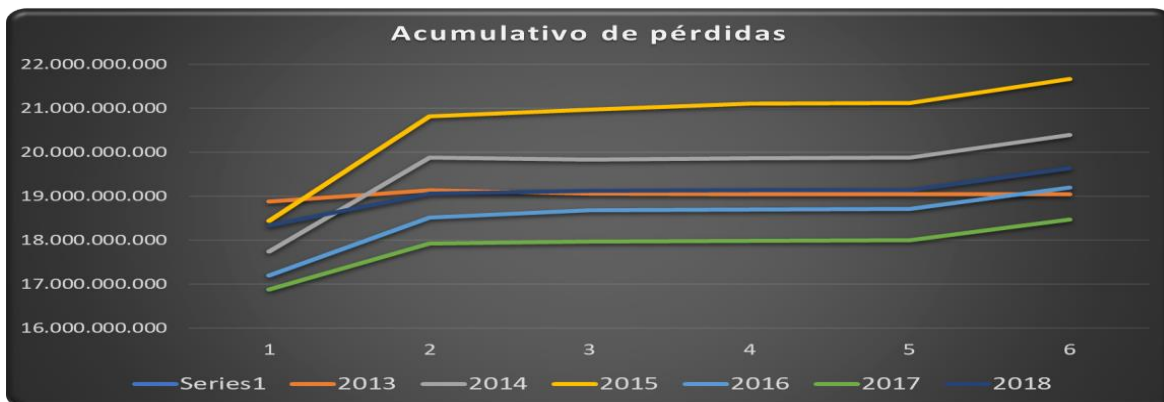
Gráfico 6: *Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder, factores aritméticos bajo metodología del supervisor.*



Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

La evolución bajo la metodología alterna de manera gráfica:

Gráfico 7: *Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder, factores aritméticos bajo metodología alternativa.*



Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

La estimación por siniestros que la aseguradora debería provisionar, aplicando la metodología de medias aritméticas con base en el método del supervisor, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 37: *Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder, factores aritméticos bajo metodología del supervisor.*

Período de origen	Provisión de siniestros
2013	-
2014	390.440.110
2015	420.663.700
2016	396.440.728
2017	413.412.977
2018	947.656.142
Total	2.568.613.657

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Las provisiones, aplicando la metodología alterna correspondiente, quedarían de la siguiente manera:

Tabla 38: *Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder, factores aritméticos bajo metodología alternativa.*

Período de origen	Provisión de siniestros
2013	-
2014	519.243.297
2015	555.297.169
2016	509.150.066
2017	545.280.695
2018	1.299.221.507
Total	3.428.192.734

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

4.3 Cálculo de error de muestreo en intervalos de confianza mediante Bootstrap

La técnica de validación de resultados *Bootstrap* se aplicó mediante el algoritmo de ocho pasos presentado por Álvarez Jareño & Coll Serrano en la Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, edición diciembre 2012.

4.3.1 Pasos

Seguidamente, se ilustra, paso a paso, la validación con *Bootstrap* para un remuestreo de *Chain Ladder Factores Razón de Sumas bajo la metodología alterna* (Ver Capítulo 3, sección 4.1.2).

Primero, se presenta el triángulo de desarrollo, tal como fue calculado bajo la metodología alternativa y los factores de desarrollo, sobre el cual se realizarán los cálculos:

Tabla 39: *Triángulo agregado de siniestros y factores de desarrollo, metodología alternativa.*

Período Origen	Período de desarrollo de provisión alternativo					
	1	2	3	4	5	6
2013	21.774.945.024	23.156.160.857	23.195.806.446	23.205.910.768	23.206.413.003	23.211.692.982
2014	19.754.119.185	22.030.631.373	22.081.132.869	22.103.500.669	22.109.070.296	
2015	20.802.122.684	23.185.059.916	23.359.606.175	23.443.361.108		
2016	17.833.268.560	20.154.739.726	20.435.494.622			
2017	17.237.073.063	19.545.849.176				
2018	16.077.420.569					
Factores de desarrollo	1,014255580	1,001120059	1,001404916	1,000071706	1,000004405	

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

- Paso 1: a partir de la diagonal de forma recurrente, se calculan los valores de los años anteriores, tomando el valor del periodo en desarrollo t , dividido entre el factor de desarrollo $t-1$. Así, por ejemplo, si se va a calcular el valor para el periodo en desarrollo 5 del periodo de origen 2013, se toma el valor de la diagonal para el año

2013 correspondiente a 23.211.692.982 colones y se divide entre el factor de desarrollo 1.000004405; la siguiente tabla muestra los resultados:

Tabla 40: *Triángulo de siniestros calculados de forma recurrente a partir de la diagonal, metodología alternativa.*

	1	2	3	4	5	6
2013	21.774.945.024	23.156.160.857	23.195.806.446	23.205.910.768	23.206.413.003	23.211.590.730
2014	19.754.119.185	22.030.631.373	22.081.132.869	22.103.500.669	22.107.485.053	
2015	20.802.122.684	23.185.059.916	23.359.606.175	23.410.471.352		
2016	17.833.268.560	20.154.739.726	20.412.631.270			
2017	17.237.073.063	19.271.128.061				
2018	16.077.420.569					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

- Paso 2: a partir de los valores calculados en el paso 1, se calculan los incrementos anuales siguiendo la siguiente fórmula:

$$m_{i,j} = \begin{cases} \hat{C}_{i,j} & j=1 \\ \hat{C}_{i,j} - \hat{C}_{i,j-1} & 1 < j ; j=N-i \end{cases}$$

Los resultados serían los siguientes:

Tabla 41: *Triángulo de incrementos anuales a partir de siniestros calculados de forma recurrente a partir de la diagonal, metodología alternativa.*

	1	2	3	4	5	6
2013	21.774.945.024	1.381.215.833	39.645.589	10.104.322	502.235	5.177.727
2014	19.754.119.185	2.276.512.187	50.501.496	22.367.800	3.984.383	
2015	20.802.122.684	2.382.937.233	174.546.259	50.865.177		
2016	17.833.268.560	2.321.471.166	257.891.544			
2017	17.237.073.063	2.034.054.997				
2018	16.077.420.569					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

- Paso 3: Se procede a calcular los residuos adimensionales de Pearson, siguiendo la siguiente fórmula:

$$\hat{r}_{ij} = \frac{C_{ij} - m_{ij}}{\sqrt{m_{ij}}}$$

Se presenta el resultado del cálculo de residuos:

Tabla 42: *Triángulo de residuos adimensionales de Pearson, metodología alternativa.*

	1	2	3	4	5	6
2013	- 0,600	3,222	0,755	- 1,207	- 1,415	-
2014	- 0,344	- 0,453	0,565	- 1,105	1,236	
2015	- 1,141	3,389	0,177	- 2,806		
2016	1,764	2,228	- 2,615			
2017	0,551	- 0,259				
2018	-					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

- Paso 4: A partir del resultado de los residuos adimensionales de Pearson calculados en el paso anterior, se procede a remuestrear, utilizando la técnica *Bootstrap* con la condición de que todos los residuos tengan la misma probabilidad de ser tratados. Como resultado de un remuestreo se obtiene:

Tabla 43: *Triángulo del resultado de remuestreo a partir de Bootstrap.*

	1	2	3	4	5	6
2013	- 2,615	- 0,344	3,846	- 2,313	1,664	4,068
2014	0,948	3,222	0,948	- 2,313	3,341	
2015	0,085	- 1,753	- 6,685	- 1,753		
2016	- 3,323	- 0,063	- 3,199			
2017	0,259	-				
2018	4,676					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

- Paso 5: A partir de la muestra obtenida en el paso anterior, se calculan los incrementos mediante la siguiente expresión:

$$\hat{C}_{ij} = \hat{r}_{ij} \cdot \sqrt{m_{ij}} + m_{ij}$$

Con base en lo expuesto, los incrementos para la muestra obtenida se exponen del siguiente modo:

Tabla 44: *Triángulo de resultado de incrementos a partir del remuestreo Bootstrap.*

	1	2	3	4	5	6
2013	20.806.435.444	2.233.935.377	116.020.402	17.404.537	31.132.001	14.946.058
2014	19.832.117.467	1.646.898.012	128.660.574	30.571.113	2.191.802	
2015	22.478.592.416	2.242.949.215	17.581.637	82.641.041		
2016	18.338.849.456	2.010.111.253	119.804.105			
2017	17.402.785.886	1.795.386.959				
2018	16.077.553.402					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

- Paso 6: A partir de los incrementos calculados en el paso anterior, se procede a acumular los datos. A continuación, se presenta el resultado de la acumulación de los resultados obtenidos:

Tabla 45: *Triángulo acumulado a partir del remuestreo Bootstrap.*

	1	2	3	4	5	6
2013	20.806.435.444	23.040.370.821	23.156.391.222	23.138.986.685	23.107.854.684	23.122.800.742
2014	19.832.117.467	21.479.015.479	21.607.676.054	21.638.247.167	21.640.438.969	
2015	22.478.592.416	24.721.541.631	24.739.123.269	24.821.764.310		
2016	18.338.849.456	20.348.960.709	20.468.764.814			
2017	17.402.785.886	19.198.172.846				
2018	16.077.553.402					

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

- Paso 7: Se vuelven a calcular los factores de desarrollo del *método Chain-Ladder*, a partir de los datos acumulados en el paso anterior. Los resultados corresponden a:

Tabla 46: *Factores de desarrollo remuestreo Bootstrap.*

Factores de desarrollo	0,2452	0,1356	0,1263	0,1268	0,1263	0,1260
-------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

- Paso 8: A partir de la muestra *Bootstrap* acumulada, mostrada en el paso 6, y del cálculo de factores de desarrollo, en el paso 7, se calculan las reservas mediante el método *Chain Ladder Factores Razón de Sumas*. Para este ejemplo:

Tabla 47: *Resultado calculo reservas a partir de remuestreo Bootstrap.*

	1	2	3	4	5	6
2013	21.774.945.024	23.156.160.857	23.195.806.446	23.205.910.768	23.206.413.003	23.211.590.730
2014	19.754.119.185	22.030.631.373	22.081.132.869	22.103.500.669	22.107.485.053	22.112.563.477
2015	20.802.122.684	23.185.059.916	23.359.606.175	23.410.471.352	23.409.414.532	23.414.792.029
2016	17.833.268.560	20.154.739.726	20.412.631.270	20.438.604.803	20.437.682.142	20.442.376.987
2017	17.237.073.063	19.271.128.061	19.416.134.382	19.440.839.948	19.439.962.329	19.444.427.983
2018	16.077.420.569	17.998.095.111	18.133.522.448	18.156.595.987	18.155.776.343	18.159.947.000

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Los resultados se guardan y los 8 pasos anteriores se vuelven a ejecutar de manera iterativa hasta alcanzar las 10000 simulaciones. En las siguientes secciones se presentarán los resultados de aplicar la metodología en cada uno de los casos de estudio.

4.4 Resultados Remuestreos.

Las cifras presentadas en las siguientes secciones corresponden a unidades monetarias que se deben provisionar por siniestros ocurridos y no reportados.

4.4.1 Resultados Bootstrap Chain Ladder Razón de Sumas, bajo metodología alterna.

Los resultados de la simulación para el método *Chain Ladder Factores Razón de Sumas bajo la metodología alterna*:

Tabla 48: *Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo según enfoque factores de desarrollo, metodología alternativa.*

	Total Reservas			Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
2013	3.914.123.956	4.386.164.266	930,35	119,44	745,19	1117,30
2014	3.733.707.664	4.181.615.779	1.601,12	127,05	1403,35	1795,95
2015	3.956.479.155	4.431.311.514	2.134,51	133,08	1929,20	2337,12
2016	3.478.805.132	3.884.744.777	2.511,30	144,08	2289,52	2731,78
2017	3.417.414.376	3.744.995.251	3.693,67	239,69	3320,23	4065,48
2018	4.871.403.455	5.308.852.558	5.215,44	649,32	4197,82	6221,38
Total	23.371.933.738	25.937.684.147	16.086,39	1.412,67	13.885	18.269

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

El cuadro anterior presenta el total de reservas estimables por periodo de desarrollo. La primera columna corresponde al periodo de origen, la segunda, al cálculo total de reservas bajo la metodología *Chain Ladder* (en este caso Factores de Desarrollo, método alterno), la tercera corresponde al estimador *Bootstrap*, que se obtiene de calcular el promedio del total de reservas para cada uno de los periodos de origen en los 10.000 remuestreos, la cuarta columna corresponde a la desviación estándar del estimador *Bootstrap* y, por último, las columnas cinco y seis corresponden a los intervalos de confianza que se calculan por medio de los percentiles 5 y 95 de las estimaciones *Bootstrap*.

Así, por ejemplo, la primera fila significa que, para el periodo de origen 2013, la metodología *Chain Ladder* Factores de Desarrollo estima 3.914.123.956 de reservas totales estimadas; el valor esperado del estimador *Bootstrap* es de 4.386.164.266; el error de muestreo, para ese periodo de origen, es 119.44 y el intervalo de confianza, al 90%, está entre 745,19 y 1.117,30

Seguidamente, se presenta el cuadro con el resultado de dotaciones para provisiones de siniestros, que se refiere al monto agregado que se debe de provisionar dentro de n años. Así, por ejemplo, para la primera fila correspondiente a un año, el valor 3.697.883.651 quiere decir que la metodología estima una provisión para dentro de un año por este monto.

Tabla 49: *Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores de desarrollo, metodología alternativa.*

	Total Reservas			Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	3.697.883.651	4.584.367.731	931,86	119,54	746,30	1.116,80
2 años	3.507.469.914	4.131.257.452	1.600,73	127,36	1.401,68	1.796,52
3 años	3.284.700.460	3.885.072.153	2.130,86	133,37	1.926,10	2.337,82
4 años	1.848.186.307	2.843.318.424	2.510,11	144,85	2.289,10	2.732,10
5 años	975.543.399	360.878.073	3.693,41	242,51	3.319,56	4.065,66
6 años	376.590.067	118.271.981	5.217,29	646,01	4.212,96	6.219,39
Total	13.690.373.798	15.923.165.813	16.084,25	1.413,64	13.895,70	18.268,29

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Los estimadores *Bootstrap*, para el total de reservas en términos agregados (15.923.165.813), difieren 0.93% del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Factores Razón de Sumas (13.690.373.798). El error de muestreo representa un factor de 8,78896 de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90% corresponde a 4.372,59.

4.4.2 Resultados Bootstrap Chain Ladder Factores Aritméticos bajo metodología alterna.

Los resultados de simulación para el total de reservas por periodo de origen y para las dotaciones de provisiones bajo factores aritméticos, metodología alterna se presentan a continuación:

Tabla 50: *Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo según enfoque factores aritméticos, metodología alternativa.*

	Total Reservas			Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
2013	3.899.151.478	4.047.994.655	931,98	118,42	747,27	1115,23
2014	3.654.828.789	3.881.982.685	1.599,72	127,02	1401,65	1796,07
2015	4.195.003.261	4.120.516.548	2.131,36	133,16	1927,75	2337,06
2016	3.488.377.478	3.636.209.873	2.509,55	143,66	2289,94	2730,95
2017	3.404.481.195	3.570.604.238	3.690,78	241,76	3318,41	4065,22
2018	4.871.446.939	5.019.472.960	5.206,76	649,26	4199,09	6223,52
Total	23.513.289.141	24.276.780.957	16.070,15	1.413,28	13.884	18.268

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Tabla 51: *Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores aritméticos, metodología alternativa.*

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	5.359.471.128	4.025.759.467	931,18	117,93	746,87	1.114,16
2 años	5.049.666.087	3.773.503.461	1.599,05	126,39	1.402,81	1.794,69
3 años	5.046.036.819	4.331.217.750	2.134,41	133,83	1.927,73	2.339,55
4 años	3.288.284.199	3.601.647.367	2.508,98	144,96	2.287,56	2.732,04
5 años	2.380.579.488	3.515.026.918	3.691,10	243,61	3.320,00	4.065,32
6 años	2.389.251.419	5.029.625.995	5.211,35	647,33	4.202,10	6.213,68
Total	23.513.289.141	24.276.780.957	16.076,06	1.414,06	13.887,07	18.259,44

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Los estimadores *Bootstrap* para el total de reservas, en términos agregados (24.276.780.957), difieren en un 3% del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Factores Aritméticos (23.513.289.141). El error de muestreo representa un 8,79447% de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90% corresponde a 4.383,94.

4.4.3 Resultados Bootstrap Chain Ladder Factores Geométricos bajo metodología alterna.

Los resultados de la simulación para el total de reservas por periodo de origen y para las dotaciones de provisiones bajo factores geométricos, utilizando la metodología alterna, se muestran a continuación:

Tabla 52: *Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo según enfoque factores geométricos, metodología alternativa.*

	Total Reservas		Estimadores B	Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap		Error muestreo	Inferior	Superior
2013	3.210.727.457	4.047.994.655	931,66	119,22	746,43	1116,94
2014	3.355.722.640	3.881.982.685	1.600,61	127,22	1401,78	1795,26
2015	3.567.795.259	4.120.516.548	2.130,65	133,04	1927,99	2338,34
2016	3.184.161.753	3.636.209.873	2.511,22	145,07	2287,35	2732,75
2017	3.177.122.190	3.570.604.238	3.692,32	241,71	3316,99	4062,52
2018	5.556.093.872	5.019.472.960	5.213,66	646,66	4205,58	6223,05
Total	22.051.623.170	24.276.780.957	16.080,11	1.412,92	13.886	18.269

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Tabla 53: *Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores geométricos, metodología alternativa.*

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	4.607.108.730	3.479.395.503	930,34	119,13	745,80	1.115,84
2 años	4.565.958.679	3.319.549.812	1.598,36	127,29	1.402,03	1.794,68
3 años	4.737.484.540	3.531.640.046	2.133,32	132,24	1.928,35	2.336,84
4 años	3.164.950.193	3.110.910.526	2.509,26	143,89	2.288,19	2.730,62
5 años	2.307.201.084	3.088.600.897	3.691,68	240,57	3.320,40	4.063,90
6 años	2.668.919.943	4.534.383.872	5.204,73	647,57	4.201,74	6.219,76
Total	22.051.623.170	21.064.480.655	16.067,70	1.410,69	13.886,51	18.261,64

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Los estimadores *Bootstrap* para el total de reservas, en términos agregados (24.271.460.765), difieren 1,03% del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Factores Geométricos (22.051.623.170). El error de muestreo representa un 8,78677% de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90% corresponde a 4.382,74. Por otro lado, los estimadores *bootstrap* para las dotaciones en términos agregados (21.064.480.655) difieren -4% del total de dotaciones bajo *Chain Ladder* Factores Geométricos (22.051.623.170). El error de muestreo representa un 8,77968% de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y límite superior al 90% para el total de dotaciones corresponde a 4.375,13.

4.4.4 Resultados Bootstrap Chain Ladder Razón de Sumas bajo metodología supervisor.

Los resultados de simulación para el total de reservas por periodo de origen y para las dotaciones de provisiones bajo razón de sumas metodología definida por el ente supervisor:

Tabla 54: *Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo, según enfoque factores de desarrollo, metodología supervisor.*

	Total Reservas			Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
2013	3.210.727.457	3.822.782.837	931,11	119,30	745,85	1114,62
2014	3.355.722.640	3.646.340.687	1.598,89	126,06	1401,23	1794,96
2015	3.567.795.259	3.871.118.350	2.131,80	133,54	1926,62	2339,28
2016	3.184.161.753	3.403.279.026	2.511,45	145,10	2289,70	2733,50
2017	3.177.122.190	3.388.338.747	3.688,79	241,88	3319,98	4062,53
2018	5.556.093.872	5.080.972.669	5.208,14	657,98	4190,63	6228,14
Total	22.051.623.170	23.212.832.317	16.070,18	1.423,87	13.874	18.273

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Tabla 55: *Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros, según enfoque factores de desarrollo metodología supervisor.*

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	4.329.523.030	4.499.082.465	930,91	119,75	745,05	1.117,54
2 años	4.296.170.986	4.879.967.763	1.597,88	125,82	1.402,06	1.793,57
3 años	6.371.326.067	4.189.842.636	2.134,70	132,46	1.929,29	2.338,36
4 años	2.874.660.640	4.995.746.260	2.511,65	144,05	2.289,62	2.729,68
5 años	2.017.553.305	4.644.023.152	3.690,33	243,45	3.318,86	4.065,69
6 años	2.162.389.142	4.170.041	5.214,48	658,44	4.194,90	6.226,23
Total	22.051.623.170	23.212.832.317	16.079,95	1.423,97	13.879,78	18.271,07

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Los estimadores *Bootstrap* para el total de reservas, en términos agregados (23.212.832.317), difieren 1.05% del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Razón de Sumas (22.051.623.170). El error de muestreo representa un 8,86035% de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90% corresponde a 4.399,02. Por su parte, los estimadores *Bootstrap* para las dotaciones

en términos agregados (23.212.832.317) difieren 1,05% del total de dotaciones bajo *Chain Ladder* Razón de Sumas (22.051.623.170), el error de muestreo representa un 8,85558% de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y límite superior al 90% para el total de dotaciones se mantiene en 4.391,29.

4.4.5 Resultados Bootstrap Chain Ladder Factores Aritméticos bajo metodología supervisor.

Los resultados de simulación para el total de reservas por periodo de origen y para las dotaciones de provisiones bajo factores aritméticos metodología supervisor:

Tabla 56: *Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo, según enfoque factores aritméticos metodología supervisor.*

	Total Reservas		Estimadores B	Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap		Error muestreo	Inferior	Superior
2013	3.210.727.457	4.241.093.436	930,48	119,18	744,95	1116,38
2014	3.355.722.640	4.044.959.605	1.599,22	128,89	1401,45	1795,65
2015	3.567.795.259	4.285.985.852	2.131,86	133,06	1927,67	2337,09
2016	3.184.161.753	3.777.069.137	2.510,99	144,44	2288,39	2731,64
2017	3.177.122.190	3.699.129.902	3.689,61	242,96	3318,48	4063,99
2018	5.556.093.872	5.124.437.537	5.209,78	658,27	4195,41	6222,50
Total	22.051.623.170	25.172.675.469	16.071,94	1.426,81	13.876	18.267

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Tabla 57: *Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros, según enfoque factores aritméticos metodología supervisor.*

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	4.412.244.660	11.337.273.896	928,65	119,11	745,91	1.115,62
2 años	4.465.544.705	10.200.197.633	1.596,30	127,30	1.401,59	1.793,76
3 años	5.698.826.938	9.665.476.605	2.132,96	133,62	1.927,17	2.338,52
4 años	2.986.986.830 -	2.702.627.010	2.511,95	144,84	2.289,42	2.734,05
5 años	2.129.631.162 -	3.382.117.862	3.693,90	242,48	3.318,59	4.066,95
6 años	2.358.388.874	54.472.207	5.206,77	654,76	4.190,25	6.216,36
Total	22.051.623.170	25.172.675.469	16.070,54	1.422,11	13.872,93	18.265,26

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Los estimadores *Bootstrap* para el total de reservas en términos agregados (25.172.672.469) difieren 14,2% del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Factores Aritméticos (22.051.623.170). El error de muestreo representa un 8,87764% de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90% se mantiene en 4.390,90. Por otro lado, los estimadores *Bootstrap* para las dotaciones en términos agregados (25.172.675.469) igualmente difieren en 5,5% del total de dotaciones bajo *Chain Ladder* Factores Aritméticos (22.051.623.170). El error de muestreo representa un 8,84916% de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90% se mantiene en 4.392,33.

4.4.6 Resultados Bootstrap Chain Ladder factores geométricos bajo metodología supervisor.

Los resultados de simulación para el total de reservas por periodo de origen y para las dotaciones de provisiones bajo factores geométricos metodología supervisor dan como resultado las siguientes tablas:

Tabla 58: *Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo, según enfoque factores geométricos metodología supervisor.*

	Total Reservas			Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
2013	3.210.727.457	3.750.779.974	932,00	118,94	745,78	1116,50
2014	3.355.722.640	3.598.633.092	1.598,68	126,61	1402,11	1794,60
2015	3.567.795.259	3.820.252.751	2.132,52	133,42	1927,12	2338,64
2016	3.184.161.753	3.362.643.794	2.511,51	144,86	2288,77	2732,45
2017	3.177.122.190	3.332.131.769	3.687,73	243,39	3316,55	4063,88
2018	5.556.093.872	4.824.932.772	5.206,83	656,72	4190,08	6223,45
Total	22.051.623.170	22.689.374.152	16.069,27	1.423,94	13.870	18.270

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Tabla 59: *Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros, según enfoque factores geométricos metodología supervisor.*

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Bootstrap (90%)		
	Chain Ladder	Bootstrap	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	4.460.276.550	9.758.326.075	932,44	118,94	746,27	1.117,35
2 años	4.507.590.382	9.078.088.962	1.599,96	127,85	1.401,64	1.796,36
3 años	5.441.607.899	7.681.401.652	2.131,75	133,94	1.927,32	2.337,99
4 años	3.031.644.765	2.270.021.394	2.510,08	145,54	2.287,86	2.734,16
5 años	2.174.190.367 -	2.145.914.818	3.692,36	243,69	3.315,01	4.064,00
6 años	2.436.313.206 -	3.952.549.113	5.202,94	658,65	4.189,32	6.221,61
Total	22.051.623.170	22.689.374.152	16.069,53	1.428,62	13.867,42	18.271,47

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa aseguradora 2013-2018

Los estimadores *Bootstrap* para el total de reservas en términos agregados (22.689.374.152) difieren 2,9% del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Factores Geométricos (22.051.623.170). El error de muestreo representa un 8,86126% de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90% se mantiene en 4.399,11. Por su parte, los estimadores *Bootstrap* para las dotaciones en

términos agregados (16.069,53) difieren 5,54% del total de dotaciones bajo Chain Ladder Factores Geométricos (22.051.623.170). El error de muestreo representa un factor de 8,89023% de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y límite superior al 90% para el total de dotaciones se mantiene en 4.404,05.

Capítulo V

Conclusiones

En el mercado de seguros, existen líneas de negocio en las que, por condiciones de contrato y procedimiento, los siniestros no son reportados inmediatamente después de ocurridos. En estas líneas, resulta de vital importancia contar con metodologías, para el cálculo de este tipo de provisiones, que se adapten a la cantidad de datos disponibles y funcionen con un grado de precisión aceptable. Dado que las provisiones que realizan las compañías aseguradoras representan un costo financiero considerable y una parte muy significativa de sus estados financieros, no es conveniente que sean sobreestimadas, como también es perjudicial subestimarlas porque puede poner en riesgo la solvencia de la compañía.

La presente investigación se desarrolló a partir de la línea de seguros de Salud que, por sus características, es sujeto a realizar provisiones por siniestros ocurridos. El comportamiento normal de la línea contempla una alta ocurrencia de siniestros, pero no reportados, cuyos montos pueden, fácilmente, contemplar sumas que superan el millón de dólares, debido a los tratamientos de enfermedades crónicas o tratamientos para padecimientos paliativos; en algunos casos, incluso, se llega a agotar el monto total asegurado. Esta línea se utilizó como ejemplo para desarrollar un caso de aplicación de la metodología *Chain Ladder*, por su alto volumen de siniestros y su amplia variedad de diagnósticos, convirtiéndola en una línea de seguros bastante volátil y diversa: El modelo se aplicó con dos criterios de agrupación de datos para la construcción de los triángulos sobre los cuales se aplicó la metodología, en resumen, estos criterios son:

- ***Criterio del supervisor:*** es el especificado por la normativa de SUGESE y, como característica distintiva, se destaca que interpreta la fecha de liquidación como la fecha en que se realizó el pago; aunado a esto, los siniestros pendientes no se

acumulan, simplemente se suma el monto que se dio en el periodo de origen y período de desarrollo en cuestión.

- **Criterio alterno:** es el criterio propuesto en la presente investigación y plantea utilizar, como regla de agrupación, la fecha de liquidación; pero, en este caso, entendida como la fecha en la que la entidad empieza a provisionar el siniestro, ya que desde este momento se guardan los recursos en las cuentas financieras para las provisiones técnicas. Por otro lado, los siniestros pendientes corresponden a los que no se han pagado en la fecha corte y, para este caso, se acumulan y agregan al triángulo de liquidados; esto hace que el método sea más consistente y real a lo que la compañía tendrá que desembolsar para cubrir los reclamos.

Adicionalmente, para proyectar los siniestros, se utilizaron tres enfoques: factores de desarrollo (enfoque tradicional y sugerido por SUGESE), factores aritméticos y factores geométricos. Los últimos dos enfoques son variaciones a la metodología **Chain Ladder** tradicional; se basan en medias geométricas y aritméticas respectivamente, las cuales son muy utilizadas en aplicaciones financieras.

La metodología *Bootstrap* no paramétrico, la cual no requiere conocer las distribuciones de la variable, se utilizó para calcular los errores de muestreo e intervalos de confianza, que son indicadores de precisión para cada uno de los enfoques que se desarrollaron en este estudio. Estos cálculos se utilizan como criterio para discriminar entre reglas de agrupación y enfoques de proyección de siniestros.

Si bien es cierto, es un método sumamente confiable y un excelente parámetro para medir la precisión de las estimaciones, su utilización no resulta del todo sencilla, ya que, como se mencionó en el estudio, requiere ejecutarse 10 mil veces para lograr determinar el grado de

confiabilidad de un método de estimación. Para esta investigación en particular se utilizó una rutina desarrollada en lenguaje de programación R, que ejecutara los 10 mil ciclos.

Basándose en los resultados de la aplicación de *Bootstrap* (presentados en el capítulo V), al comparar la precisión entre la metodología del supervisor y la metodología alterna, se presentan los siguientes cuadros, como resumen:

Tabla 60: *Cuadro Comparativo de volatilidad relativa y amplitud de intervalo de confianza entre metodología supervisor y alternativa para el total de reservas.*

Enfoque	Volatilidad Relativa		Amplitud IC	
	Metodología Supervisor	Metodología Alterna	Amplitud IC Supervisor	Amplitud IC Alterno
Razón de sumas	8,86%	8,78%	4399,02000	4383,70000
Factores Aritméticos	8,88%	8,79%	4390,90000	4383,94000
Factores Geométricos	8,86%	8,79%	4399,11000	4382,74000

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa Aseguradora 2013-2018.

Tabla 61: *Cuadro Comparativo de volatilidad relativa y amplitud de intervalo de confianza entre metodología supervisor y alternativa para las dotaciones.*

Enfoque	Volatilidad Relativa		Amplitud Intervalo Confianza	
	Metodología Supervisor	Metodología Alterna	Amplitud IC Supervisor	Amplitud IC Alterno
Razón de sumas	8,86%	8,78%	4372,59000	4391,29000
Factores Aritméticos	8,88%	8,79%	4372,37000	4392,33000
Factores Geométricos	8,89%	8,79%	4375,13000	4404,05000

Fuente: Elaborado por el autor con base en información de la empresa Aseguradora 2013-2018

En los cuadros expuestos, la volatilidad relativa se refiere a la división del error de muestreo entre el total de estimadores B, tanto para total de reservas como para dotaciones. Por su parte, la amplitud del intervalo de confianza es la diferencia entre el límite superior e inferior de cada uno de los intervalos de confianza, ambos indicadores se utilizan como referencia para evaluar la precisión de las metodologías y sus enfoques.

Como se aprecia en el cuadro resumen, tanto para los totales de provisiones como para dotaciones, se concluye que el criterio alternativo de agrupación de datos genera resultados más precisos; esto se debe a que la volatilidad relativa es menor en todos los enfoques y la amplitud del rango es considerablemente menor.

Considerando que el criterio supervisor produce provisiones ampliamente mayores al criterio alternativo, este método implica un costo financiero mayor para la empresa, reflejado en la pérdida de rentabilidad que implica no poder colocar los recursos en el giro del negocio o realizar inversiones financieras con esos recursos. Por esta razón, se considera que se debe evaluar la conveniencia de utilizar un criterio más preciso en función de su costo de oportunidad.

En cuanto los enfoques para la proyección de siniestros, tomando como base los resultados esbozados en las anteriores tablas, para la metodología alternativa se considera que el enfoque razón de sumas genera resultados superiores en cuanto a precisión y consistencia, porque, tanto para los totales de reserva como para las dotaciones, cuenta con la volatilidad relativa más baja y la amplitud de intervalo menor.

No obstante, es importante destacar que entre los enfoques factores geométricos y factores aritméticos, el geométrico es superior porque por propiedad estadística, la media geométrica

se ve menos distorsionada por valores extremos y resulta más conveniente para promediar razones como en el caso de *Chain Ladder*. Por otro lado, ambos enfoques resultan muy útiles para ocasiones en las que hay un claro cambio en la tendencia de los datos y se requiere capturar este cambio, en este caso las medias se calculan para periodos menores.

En general, la metodología Bootstrap ha demostrado que el uso del método alternativo que se ha desarrollado en esta investigación implica menores factores de error y provee cálculos más exactos, que se acercan más a la realidad del comportamiento de los siniestros ocurridos y no presentados. Este método alternativo podría ser un complemento idóneo para la metodología utilizada por el ente supervisor en la implementación de un plan de mejoramiento para los procesos establecidos.

Capítulo VI

Propuesta de implementación

6. Propuesta

6.1. El problema

6.1.1. Formulación del problema

En el mundo de los seguros, las provisiones técnicas son cada día más relevantes, sobre todo con la valoración y revisión que realizan las entidades reguladoras de este tipo de cuentas; pero, principalmente aquellas que deben ser estimadas y cuyo cálculo se basa en supuestos y que utilizan datos históricos como insumos para su cálculo.

El cálculo de la provisión de siniestros incurridos y no presentados representa el mayor reto de estas cuentas técnicas, ya que el tema de los siniestros es muy volátil, cambiante e impredecible. De ahí deriva su complejidad y, por lo tanto, las empresas aseguradoras continúan en la búsqueda de métodos más confiables para su cálculo.

El presente estudio tiene como meta proponer un método modificado que logre acercarse más al monto real de esta estimación y que, de esta manera, reduzca el riesgo financiero de las aseguradoras al momento de destinar el dinero necesario para cubrir esta provisión.

6.1.2. Delimitaciones del estudio propuesto

El estudio requiere contar con los insumos necesarios para realizar el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados, los cuales ya fueron detallados.

La aplicación del método se limita a la respectiva Unidad de Provisiones de la compañía aseguradora y que cuenten con los insumos necesarios, así como con la adecuada calidad de los datos y de la información necesaria para poder realizar la estimación.

La propuesta de esta investigación utiliza los campos de información con que ya cuentan las compañías aseguradoras en sus bases de siniestros pagados y pendientes. Así se facilita la

aplicación del método propuesto sin requerir una inversión excesiva de tiempo o de recursos para obtener datos que no se tengan.

6.1.3. Análisis biográfico, documental y recursos disponibles

En la actualidad se cuenta con acceso a recursos literarios y bibliográficos que tratan el tema y detallan la aplicabilidad del método de *Chain Ladder* y sus variaciones. Se trata de la misma que ha sido aplicada en algunas partes del mundo, cuyos resultados obtenidos y su grado de exactitud y confiabilidad han sido documentados.

Uno de los textos que se podrían sugerir es “Modern Actuarial Risk Theory Using R” de R. Kaas, M. Goovarts, J. Dhaene y M. Denuit, el cual detalla la utilización del lenguaje de programación R para realizar las múltiples ejecuciones que algunos métodos requieren.

6.2. Plan de trabajo

6.2.1. Consideraciones generales

Una de las grandes ventajas que ofrece esta modificación en el procedimiento propuesto para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados. Por medio de la modalidad recomendada en esta investigación, no se requiere de más personal o de insumos diferentes a los ya utilizados en las compañías de seguros; por lo tanto, no implica inversión alguna en recursos de personal o equipo, para modificar los reportes ya existentes.

6.2.2. Etapas del trabajo

6.2.2.1. Principales actividades

Realizar sesiones de trabajo y capacitación para explicar la metodología a seguir en la aplicación del nuevo modelo, también los pasos correspondientes para la aplicación del que

sería el nuevo método de cálculo, así como el análisis de los resultados obtenidos y su comparación con datos reales históricos.

6.2.3. Aspectos metodológicos

Sesiones de trabajo para explicar cómo se utilizará la nueva metodología del triángulo Chai Ladder para el cálculo del OYNR (Siniestros ocurridos y no reportados); análisis de las bases de datos y los campos a utilizar para el correcto cálculo de la provisión técnica.

Se deberá contar con un resumen metodológico, como referencia del nuevo cálculo, así como realizar un procedimiento para su respectivo registro, en caso de consulta del ente regulador.

Se deberá elaborar un manual de usuario que quede como referencia en caso de rotación de personal, período de vacaciones o una posible incapacidad. Así se evita que el proceso se vea interrumpido, en caso de presentarse una de estas situaciones.

6.2.4. Cronograma

En vista de que esta propuesta se basa en una modificación al procedimiento existente, la capacitación requerida se podrá realizar con una semana de antelación al cierre mensual y al respectivo cálculo de la provisión de siniestros incurrida y no reportada. No se requiere de una capacitación extensa ni de incurrir en gastos adicionales para la compañía de seguros.

6.2.5. Cronograma para la implementación del nuevo cálculo de la provisión técnica de siniestros ocurridos y no reportados.

A continuación, se presenta la propuesta de un cronograma para la implementación del nuevo cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados en una compañía aseguradora. En vista de que se trata de un cálculo actual de la compañía, solo se requerirá de una

inducción y una explicación de la nueva metodología y de la modificación de las fórmulas utilizadas.

Gráfico 8: *Gráfico de Gantt para la implementación en el cambio del cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados.*

CÁLCULO DE LA PROVISIÓN DE SINIESTROS OCURRIDOS Y NO REPORTADOS (OYNR)

Compañía de Seguros X

Responsable del proyecto:

Inicio del proyecto: lun, 22/7/2019

Dirección Actuarial

Semana para mostrar: 1

22 de jul. de 2019 29 de jul. de 2019



Fuente: Elaborado por el autor

6.3. Recursos

6.3.1. Humanos

No se requerirá de la incorporación de recursos humanos, ya que la nueva metodología puede ser adoptada por el personal ya existente, encargado de realizar el cálculo de esta provisión técnica.

Son funcionarios que forman parte de la planilla de la compañía y que cuentan con conocimientos actuariales y de los procesos mensuales de la Unidad de Provisiones de la compañía aseguradora.

6.3.2. Instalaciones y equipo

No se requiere de nuevas instalaciones ni de equipo adicional para implementar la nueva metodología de cálculo de los triángulos *Chain Ladder*. Este es un aspecto muy positivo ya que la aseguradora no debe incurrir en gastos adicionales.

Bibliografía

Alvarez Jareño, J. A., & Coll Serrano, V. (2012). Estimación de reservas en una compañía aseguradora. Una aplicación Excel del método de Chain-Ladder y Bootstrap.

Revista de Metodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa.

Banco Central de Costa Rica. (2002). *Medidas de Nucleo Inflacionario para Costa Rica.*

Fundacion Mapfre. (2015). *Diccionario de Terminos.*

Jiménez Sandí, Mario (1997). Historia del Seguro Comercial en Costa Rica y del Instituto Nacional de Seguros. *Revista Guía de Seguros.*

Gaceta, D. O. (7 de Agosto de 2008). Ley Reguladora del Mercado de Seguros, Ley No. 8653. San José, Costa Rica.

González, P. A., & Albarrán, I. (2010). *Métodos Estocásticos de Estimación de Provisiones Técnicas en el marco de Solvencia II.* Madrid: Fundacion MAPFRE.

González, P. A., & Albarrán, I. (2018). *Análisis de riesgo de seguros en el marco de Solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas Monte Carlo y Bootstrapping.* Madrid: Fundacion MAPFRE.

Müthrich, M. V. (2008). *Stochastic Claims Reserving. Methods in Insurance.* England: John Wiley & Sons Ltd.

Peterson, T. M. (1981). *Loss Reserving. Property/Casualty Insurance.* USA: Ernst & Whinney.

Rob Kaas, M. G. (2008). *Modern Actuarial Risk Theory.* Belgium: Springer.

SUGESE. (2010). *Disposiciones para la remisión de la información contable y estadística a la SUGESE por parte de las entidades supervisadas*. San José.

SUGESE. (2011). *Ley Reguladora del Contrato de Seguros*. San Jose: SUGESE.

SUGESE. (01 de Agosto de 2013). Reglamento sobre la Solvencia de Entidades de Seguros y Reaseguros. *Acuerdo SUGESE 02-13*. San José, Costa Rica. Recuperado el Junio de 2014

SUGESE. (s.f.). *BOLETÍN SOBRE EL SECTOR SEGUROS, febrero 2019*.

Zweifel, P. (s.f.). *Insurance Economics*.