

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**APLICACIÓN DEL MODELO DE TRIÁNGULOS DE CHAIN LADDER PARA EL
CÁLCULO DE LA PROVISIÓN DE SINIESTROS OCURRIDOS Y NO
REPORTADOS EN LA LÍNEA DE SEGUROS DE INCENDIO**

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Economía para optar por el grado y título de Maestría Profesional en Economía con énfasis en Banca y Gestión de Riesgos.

**JUAN PABLO MURILLO ROJAS
YEUDY ALBERTO MONGE MONGE**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2018

Dedicatoria y Agradecimiento

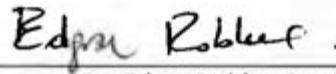
Dedicatoria:

A nuestros padres y familiares cercanos.

Agradecimiento:

Queremos agradecer principalmente a Dios por tantas bendiciones, y por darnos las fuerzas necesarias para terminar con este proceso; a familiares, amigos y compañeros que de alguna u otra forma participaron en la consecución de esta meta.

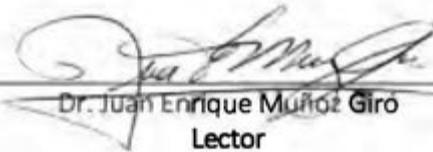
“Este trabajo final de investigación aplicada, fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Economía de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Economía con Énfasis en Banca y Gestión de Riesgos”.



Dr. Edgar Robles Cordero
Representante del Decano
Sistema de Estudios de Posgrado



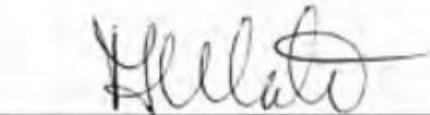
Máster Alvaro David Carballo Ruiz
Profesor Guía



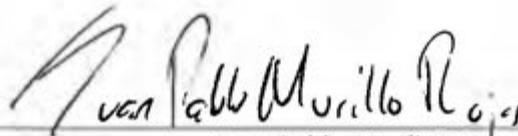
Dr. Juan Enrique Muñoz Giro
Lector



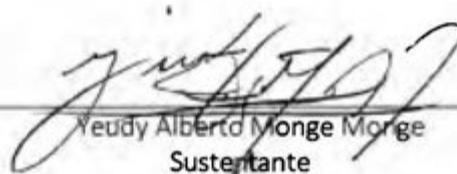
Máster Katia Andrea Espinoza Sanabria
Lectora



Máster Anabelle Ulate Quirós
Representante
Posgrado en Economía



Juan Pablo Murillo Rojas
Sustentante



Yeudy Alberto Monge Monge
Sustentante

Contenido	
Dedicatoria y Agradecimiento.....	ii
Hoja de aprobación.....	iii
Tabla de contenido.....	iv
Resumen.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de gráficos.....	x
Listado de abreviaturas.....	xi
Capítulo I Introductorio	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Tema de Investigación.....	4
1.4. Pregunta de Investigación.....	4
1.5. Objetivo general.....	4
1.6. Objetivos específicos	4
1.7. Alcances y limitaciones	5
1.7.1. Alcances	5
1.7.2. Limitaciones	5
Capítulo II Marco Teórico	6
2.1. Marco Teórico.....	6
2.1.1. Conceptos generales del mercado de seguros y sus participantes:.....	6
2.1.2. El mercado de seguros en Costa Rica.	8
2.1.3. Marco Regulatorio del mercado de seguros.	10
2.1.4. Modelo para el cálculo de provisiones para siniestros pendientes ocurridos y no reportados.	12
Capítulo III Marco Metodológico	21
3.1. Tipo de investigación.....	21
3.2. Población y sujetos de estudio.....	21
3.2.1. Fuentes de información.....	21
3.3. Procedimiento, definición de variables e instrumentos de recolección de datos	21
3.4. Técnicas e implementación de los modelos	22

3.5. Tratamiento de la información.....	23
Capítulo IV Aplicación y Resultados	25
4.1 Aplicación y Resultados.....	25
4.1.1 Chain Ladder metodología supervisor.....	26
4.1.2 Chain Ladder metodología alternativa.....	29
4.2 Enfoques Chain Ladder.....	32
4.2.1 Chain Ladder Multiplicativo Factores Razón de Sumas	32
4.2.2 Chain Ladder Multiplicativo Factores Geométricos.....	35
4.2.3 Chain Ladder Multiplicativo Factores Aritméticos.....	38
Capítulo V Cálculo Error de Muestreo en Intervalos de Confianza Mediante Bootstrap	42
5.1 Pasos.....	42
5.2 Resultados Remuestreos.....	45
5.2.1 Resultados Bootstrap Chain Ladder Razón de Sumas bajo metodología alterna.	45
5.2.2 Resultados Bootstrap Chain Ladder Factores Aritméticos bajo metodología alterna.	47
5.2.3 Resultados Bootstrap Chain Ladder Factores Geométricos bajo metodología alterna.	48
5.2.4 Resultados Bootstrap Chain Ladder Razón de Sumas bajo metodología supervisor.....	49
5.2.5 Resultados Bootstrap Chain Ladder Factores Aritméticos bajo metodología supervisor.....	50
5.2.6 Resultados Bootstrap Chain Ladder Factores Geométricos bajo metodología supervisor.....	51
Capítulo VI Conclusiones.....	53
Bibliografía	57

Resumen

Las aseguradoras procuran que el monto desembolsado por siniestros durante cada período sea atendido por el primaje (ingreso por primas de pólizas) recaudado en ese mismo período, sin embargo por la naturaleza del negocio de seguros, existen casos en los que el asegurado tarda unos cuantos períodos en reportar el siniestro. Por lo tanto por un tema de solvencia, resulta de suma importancia desarrollar técnicas que permitan estimar cuantos siniestros incurridos pero no reportados ocurren en cada ciclo y la magnitud financiera de los mismos.

El presente trabajo de investigación se basa en la metodología de triángulos de desarrollo para el cálculo de los siniestros incurridos y no reportados, cuya metodología es recomendada por el supervisor costarricense.

La propuesta consiste en presentar cambios tanto para la agrupación de los datos en estudio, como cambios a la metodología para proyección de datos, utilizando dos criterios específicos (promedios aritméticos y promedios geométricos), mismos que se basan el método de Chain Ladder para el cálculo de la dicha provisión.

Para la validación de estas propuestas, se aplica la técnica de Bootstrap con el fin de evaluar la precisión y certeza de cada uno de los escenarios analizados y poder así compararlo con el criterio sugerido por el supervisor.

Posterior a la aplicación de las metodologías mencionadas, y sus respectivas validaciones, el criterio alternativo de agrupación de datos propuesto en este trabajo, generó resultados más precisos, esto porque la volatilidad relativa es menor en todos los enfoques y la amplitud del rango es considerablemente menor; adicional a esto, se tuvo que el enfoque razón de sumas (sugerido por el supervisor) genera resultados superiores en cuanto a precisión y consistencia esto porque tanto para los totales de reserva como para las dotaciones, contó con la volatilidad relativa más baja y la amplitud de intervalo menor.

Índice de tablas.

Tabla 1: Crecimiento nominal de los ingresos por primas de seguros voluntarios y por categoría para período 2010-2015	9
Tabla 2: Estructura del triángulo Chain Ladder.....	13
Tabla 3: Estructura del triángulo de razones entre períodos de desarrollo.....	17
Tabla 4: Representación de tasas de inflación en Chain Ladder.	19
Tabla 5: Variación Interanual Índice Subyacente de Inflación.....	25
Tabla 6: Triángulo de siniestros pagados metodología supervisor.....	27
Tabla 7: Triángulo acumulado de siniestros pagados metodología supervisor. ...	27
Tabla 8: Triángulo de siniestros pendientes metodología supervisor.	27
Tabla 9: Triángulo agregado de siniestros pendientes y siniestros pagados metodología supervisor.....	28
Tabla 10: Triángulo de factores de desarrollo metodología supervisor.....	28
Tabla 11: Desviación estándar y coeficiente variación de factores de desarrollo metodología supervisor.....	28
Tabla 12: Triángulo de siniestros liquidados metodología alternativa.....	29
Tabla 13: Triángulo de siniestros liquidados acumulado metodología alternativa.....	30
Tabla 14: Triángulo de siniestros pendientes metodología alternativa.....	30
Tabla 15: Triángulo de siniestros pendientes acumulado metodología alternativa.....	30
Tabla 16: Triángulo agregado de siniestros pendientes y siniestros pagados metodología alternativa.	31
Tabla 17: Triángulo de factores de desarrollo metodología alternativa.	31
Tabla 18: Desviación estándar y coeficiente variación de factores de desarrollo metodología alternativa.	31
Tabla 19: Factores de Desarrollo metodología del supervisor.	32
Tabla 20: Factores de Desarrollo metodología alternativa.....	32
Tabla 21: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.	32
Tabla 22: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología alternativa.....	33
Tabla 23: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.	34
Tabla 24: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología alternativa.....	35
Tabla 25: Factores geométricos bajo metodología del supervisor.	35

Tabla 26: Factores geométricos bajo metodología alternativa.....	35
Tabla 27: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología del supervisor.....	36
Tabla 28: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología alterna.....	36
Tabla 29: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología del supervisor.....	38
Tabla 30: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología alternativa.....	38
Tabla 31: Factores aritméticos bajo metodología del supervisor.....	39
Tabla 32: Factores aritméticos bajo metodología alternativa.....	39
Tabla 33: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología del supervisor.....	39
Tabla 34: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología alternativa.....	39
Tabla 35: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología del supervisor.....	41
Tabla 36: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología alternativa.....	41
Tabla 37: Triángulo agregado de siniestros y factores de desarrollo metodología alternativa.....	42
Tabla 38: Triángulo de siniestros calculados de forma recurrente a partir de la diagonal metodología alternativa.....	42
Tabla 39: Triángulo de incrementos anuales a partir de siniestros calculados de forma recurrente a partir de la diagonal metodología alternativa.....	43
Tabla 40: Triángulo de residuos adimensionales de Pearson metodología alternativa.....	43
Tabla 41: Triángulo del resultado de remuestreo a partir de bootstrap.....	44
Tabla 42: Triángulo de resultado de incrementos a partir del remuestreo bootstrap.....	44
Tabla 43: Triángulo acumulado a partir del remuestreo bootstrap.....	44
Tabla 44: Factores de desarrollo remuestreo bootstrap.....	45
Tabla 45: Resultado calculo reservas a partir de remuestreo bootstrap.....	45
Tabla 46: Resultado simulación del total de reservas por período de desarrollo según enfoque factores de desarrollo metodología alternativa.....	46

Tabla 47: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores de desarrollo metodología alternativa.....	47
Tabla 48: Resultado simulación del total de reservas por período de desarrollo según enfoque factores aritméticos metodología alternativa.	47
Tabla 49: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores aritméticos metodología alternativa.	48
Tabla 50: Resultado simulación del total de reservas por período de desarrollo según enfoque factores geométricos metodología alternativa.....	48
Tabla 51: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores geométricos metodología alternativa.....	49
Tabla 52: Resultado simulación del total de reservas por período de desarrollo según enfoque factores de desarrollo metodología supervisor.	49
Tabla 53: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores de desarrollo metodología supervisor.	50
Tabla 54: Resultado simulación del total de reservas por período de desarrollo según enfoque factores aritméticos metodología supervisor.....	50
Tabla 55: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores aritméticos metodología supervisor.....	51
Tabla 56: Resultado simulación del total de reservas por período de desarrollo según enfoque factores geométricos metodología supervisor.	51
Tabla 57: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores geométricos metodología supervisor.	52
Tabla 58: Cuadro Comparativo de volatilidad relativa y amplitud de intervalo entre metodología supervisor y alternativa para el total de reservas.	54
Tabla 59: Cuadro Comparativo de volatilidad relativa y amplitud de intervalo entre metodología supervisor y alternativa para las dotaciones.	54

Índice de gráficos.

Gráfico 1: Evolución Índice Subyacente de Inflación, período 2005-2015.	26
Gráfico 2: Evolución de las estimaciones por período de origen para Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.	33
Gráfico 3: Evolución de las estimaciones por período de origen para Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología alternativa.	34
Gráfico 4: Evolución de las estimaciones por período de origen para Chain Ladder factores geométricos bajo metodología del supervisor.	37
Gráfico 5: Evolución de las estimaciones por período de origen para Chain Ladder factores geométricos bajo metodología alternativa.	37
Gráfico 6: Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología del supervisor.	40
Gráfico 7: Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología alternativa.	40

Listado de Abreviaturas.

SUGESE:	Superintendencia General de Seguros
OYNR:	Ocurrido y no reportado
LRMS:	Ley Reguladora del Mercado de Seguros
INS:	Instituto Nacional de Seguros
BCCR:	Banco Central de Costa Rica

Capítulo I Introductorio

1.1. Introducción

Con la apertura del mercado de seguros en Costa Rica y el establecimiento de la Ley Reguladora del Mercado de Seguros (Gaceta, 2008), se plantearon a las entidades aseguradoras nuevas obligaciones respecto a la información y registro contable sobre las provisiones técnicas. De esta manera, las entidades de seguros deben constituir y mantener en todo momento provisiones técnicas suficientes para garantizar el cumplimiento de sus obligaciones asociadas a sus contratos de seguros y reaseguros.

Mediante esta ley se crea el marco legal para la operación del mercado de seguros y, a su 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 el país. A su vez, incita 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 de Costa Rica. Este tipo de herramientas constituyen un estándar mínimo de monitoreo que debe ser desarrollado por cada ente asegurador. También debe ser reportado a la Superintendencia General de Seguros con el fin de cumplir con los requerimientos mínimos de capital para operar.

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 que nace la iniciativa de realizar este estudio, el cual pretende mostrar un método alternativo al planteado por la SUGESE para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados OYNR.

Este trabajo se organiza en seis capítulos. En el primero se presentan los antecedentes, la justificación e importancia del problema de investigación; luego se plantea 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 y sus participantes; una reseña de la actualidad del mercado de seguros en Costa Rica; 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 de estudio. 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 incendio.

En el quinto capítulo 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 este sexto capítulo, se presentan y exponen las conclusiones del presente trabajo.

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, indica que "las provisiones técnicas deben reflejar el importe cierto o estimado de las obligaciones asumidas que se derivan de los contratos, así como el de los gastos relacionados con el cumplimiento de dichas obligaciones, y deben calcularse para todo el plazo de éstos, independientemente de la modalidad de pago de las pólizas. Las provisiones forman parte del pasivo de la entidad"; además de indicar que "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 mercado deben reportar su información contable, de

manera que la Superintendencia General de Seguros (SUGESE o Superintendencia) 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 supervisor, por lo que, para cualquier entidad aseguradora, es de suma importancia 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.

Las provisiones técnicas constituyen una partida del pasivo en los estados financieros de las entidades supervisadas. Por tanto, son consideradas para la publicación de los Estados Financieros y deben estar 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 la realidad de las mismas.

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 el incumplimiento de éste lleva consigo, es necesario desarrollar métodos alternos que permitan validar y adaptar los cálculos a las realidades de cada una de las entidades supervisadas, de aquí la importancia de probar nuevas maneras de cálculo que validen los métodos propuestos por la SUGESE y, en el caso de este estudio, proponer otras herramientas para el cálculo de la provisión de siniestros OYNR, específicamente en la línea de seguro de Incendio.

Para efectos de esta investigación, se eligió analizar la línea de incendio, ya que ésta representa en el mercado de seguros voluntarios, una de las líneas de seguros más importantes, pues aportan una gran proporción de ingresos por primas de seguros. A manera de referencia, según datos publicados por la SUGESE, en el año 2016, los ingresos por primas del ramo de seguros de "Incendio y líneas aliadas", representaron un 26% del total del mercado de seguros generales, respectivamente.

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

Aplicación del modelo de triángulos de *Chain Ladder* para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados en la línea de seguros de incendio.

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 incendio?

1.5. Objetivo general

Desarrollar el modelo de triángulos de *Chain Ladder* con los criterios considerados óptimos, para el cálculo de la provisión de siniestros ocurridos y no reportados en la línea de seguro de incendio para la entidad aseguradora objeto de estudio.

1.6. Objetivos específicos

1. Evaluar diferentes enfoques para el cálculo de proyecciones de siniestros ocurridos y no reportados.
2. Estimar la provisión de siniestros ocurridos y no reportados para la línea de seguro y que pueda ser utilizado para cumplir la normativa vigente.
3. Validar los métodos de cálculo elegidos para la línea de seguro en estudio, mediante la aplicación de estadísticos.
4. Comparar los resultados de los diferentes modelos y los datos recopilados y 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 OYNR para la línea de seguro de INC y luego aplicado a otras líneas de seguros.
- Se espera que con la utilización de diferentes métodos de cálculo permitirán estimar la provisión de siniestros OYNR con mejor exactitud, obteniendo resultados óptimos y oportunos.

1.7.2. Limitaciones

- Debido a la competencia y 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.

Adicionalmente, los datos utilizados podrían estar afectados por eventos que generan volatilidad como en el caso de las líneas de seguros de incendio que incluyen eventos como terremotos y otros sucesos de la naturaleza (inundaciones). Tales catástrofes o eventos podrían afectar los valores estimados principalmente para la provisión de Incendio. Por ejemplo, el terremoto de Nicoya en setiembre de 2012.

- El cálculo realizado a partir de las bases de datos obtenidas se basa en la información suministrada por las aseguradoras; 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.

2.1.1. Conceptos generales del mercado de seguros y sus participantes:

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 los 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 su vez, se compromete a indemnizar al mismo en caso de ocurrencia del evento adverso en cuestión.

Por otro lado las entidades aseguradoras estructuran su negocio a partir de la ley de grandes números, la cual fundamenta su tesis en el hecho 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 decrece su irregularidad hasta adquirir una constante, razón por lo cual 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. (Fundación Mapfre, 2015). Es por lo anterior que las aseguradoras pueden calcular la probabilidad de 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 obtener una utilidad.

Así mismo el buen funcionamiento del mercado de seguros proporciona un mecanismo de seguridad eficiente, 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 tanto, que el regulador juegue un papel muy significativo dentro del funcionamiento del mismo.

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, se enlistan a continuación:

- 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 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, la cual por ejemplo puede ser 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 que están cubiertos por la póliza dentro de determinados límites, la ocurrencia del mismo 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 conocen su existencia, pero no se conoce el monto exacto de la obligación ni la fecha en que se deberán de cancelar; sin embargo, se estima la cuantía del monto y el mismo 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.

2.1.2. El mercado de seguros en Costa Rica.

Con la aprobación del tratado de libre de 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, es por esto que una vez aprobada la agenda de implementación del TLC, en el 2009 se autorizara las primeras compañías aseguradoras y, a su vez, llegaba a su fin el monopolio estatal controlado desde el año 1977 por Instituto Nacional de Seguros de Seguros, entidad que existe desde el año 1924.

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

En el año 2016 a más 6 años de la apertura, el mercado de seguros costarricense muestra un crecimiento de ingresos por primas promedio de 9,6% anual, alcanzando una relación de 2,09% con respecto a PIB para el año 2016 (SUGESE, BOLETÍN SOBRE EL SECTOR SEGUROS, Diciembre 2016), que si bien es cierto no es la profundidad que

muestra otros mercados más desarrollados como Panamá o Chile, representa un incremento respecto a la situación antes del apertura.

Así mismo, para el año 2016 un total de 13 compañías aseguradoras estaban autorizadas para operar, además de 28 sociedades corredoras, 493 corredores de seguros, 54 sociedades agencia y 2083 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 diciembre del 2016 se contaba con un total de 664 productos; en este incremento de oferta de productos se demuestra la reacción de Instituto Nacional de Seguros frente la apertura, ya que es la entidad que en términos absolutos ha agregado más productos, pasando en el mismo período de 77 productos a 201. 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 en el mercado 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 diciembre del año 2016 su participación alcanza el 78%.

Dentro de categoría de ramos de seguros, el ramo que ha mantenido más dinamismo ha sido el de seguros personales, ya que, de acuerdo a datos estadísticos de la SUGESE, su participación de mercado ha pasado de un 13,5% en diciembre de 2010 a un 29% para diciembre del 2016, la línea de seguros generales mantiene la mayor participación con un 48%, siendo el restante 23% para los seguros obligatorios, es importante destacar que a su vez línea de seguros personales es donde el Instituto Nacional de Seguros presenta una menor participación de mercado con un 59% a diciembre del 2016, ostentando el segundo lugar Pan American Life Insurance, compañía que adquirió la operación de Alico en Costa Rica, la siguiente tabla ilustra la evolución del mercado costarricense:

Tabla 1: Crecimiento nominal de los ingresos por primas de seguros voluntarios y por categoría para periodo 2010-2016

Período	Dic 2010- Dic 2011	Dic 2011- Dic 2012	Dic 2012- Dic 2013	Dic 2013- Dic 2014	Dic 2014- Dic 2015	Dic 2015- Dic 2016
Personales	36%	36%	25%	31%	-6%	31%
Generales	-3%	12%	6%	14%	3%	11%
Total Voluntarios	5%	18%	12%	19%	0%	18%

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la Superintendencia General de Seguros (2016).

2.1.3. 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 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.
- Establece los principios de inversión para los participantes de mercado.
- El artículo trece 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, dado la condición de monopolio estatal que ostentaba el INS, le brindaba un amplio grado de libertad en cuanto a su operativa. Sin embargo, con la aprobación de la ley Reguladora de Mercado de Seguros No 8653 el 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 que viene a ser una entidad adscrita al Baco Central de Costa Rica y 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 así mismo 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, dicho proceso debe buscar asegurar la calidad de participantes y productos.
- Desarrollar 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 las adquisidores totales o parciales de carteras que se realicen el mercado costarricense.

En el campo de los derechos e intereses de los consumidores, la aprobación de la Ley Reguladora del Contrato de Seguros, que tiene como objetivo principal brindar protección jurídica al asegurado, ya que el mismo no tiene un papel muy activo en la elaboración de términos y cláusulas del contrato de seguros que suscribe, por lo que resulta importante proteger a los consumidores de prácticas abusivas.

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 seguir en caso de ser necesario.
- Establece los elementos esenciales que deberán 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 lo son 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 anteriormente, la Ley Reguladora de Mercado de Seguros faculta la SUGESE para emitir normativa al

respecto, por tal razón se creó el Reglamento sobre Solvencia de Entidades de Seguros y Reaseguros, el cual tiene como objetivo principal 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 dicho 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 sobre el cual se basa el presente trabajo de investigación.

La metodología propuesta por la SUGESE para el cálculo de provisiones de siniestros incurridos, pero no reportados, presenta las siguientes características:

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

2.1.4. 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, se hizo latente la necesidad de contar con una estimación de cuántos siniestros han ocurrido en un período pero no han sido 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 sean atendidos con primas recibidas en los años donde se originó el siniestro. Esto reforzaría la posición de solvencia y liquidez de la entidad.

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

- Método costo promedio por caso.
- Método Bornhuetter-Ferguson.

- Método *Chain Ladder*
- Método *Chain Ladder* con inflación.

La presente investigación se basa en las dos últimas técnicas. Antes de presentar con más detalle ambas, se presenta a continuación una serie de términos importantes, que son utilizados en el desarrollo del método *Chain Ladder*.

- Triángulo de desarrollo: estructura bidimensional donde se presenta la información histórica de siniestralidad para modelos de cálculo de siniestros pendientes de declaración, la dimensión vertical corresponde al período de ocurrencia, mientras que la dimensión horizontal corresponde al período 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, como ejemplo de un triángulo se presenta a continuación:

Tabla 2: *Estructura del triángulo Chain Ladder.*

Período de Origen	Período de Desarrollo							
	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 los autores.

- Fecha de origen: fecha exacta en la que ocurrió el siniestro que generó el reclamo a la aseguradora.
- Período de origen: corresponde al lapso donde se agrupan los siniestros originados; a manera de ejemplo, si se utilizan años como unidad de agrupación, el período de origen para el año 2015 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.

- Fecha de recepción: corresponde a la fecha exacta en que el afectado reporta el siniestro.
- Período en desarrollo: corresponde el lapso donde se agrupan los siniestros que ya fueron reportados; así por ejemplo, si la unidad de agrupación es el año, para el 2015 se agruparían todas las fechas de recepción o pago que estén dentro del mismo.
- Provisión de siniestros pendientes de liquidación: se refiere a aquellos siniestros que ya fueron reportados y se encuentra en trámites para hacer efectiva la indemnización.
- Provisión de siniestros pendientes de declaración: se refiere a la estimación de siniestros ocurridos en el año en ejercicio pero que no ha sido incluido en la provisión de siniestros pendientes de liquidación ya que no ha sido reportado.

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*). Así mismo se basa en el supuesto que en periodos futuros se observara el mismo comportamiento y patrón de pago observado en el período bajo estudio; además, *Chain Ladder* asume que para cada período de origen se mantiene la proporcionalidad de siniestro en cada uno de los períodos en desarrollo.

La metodología *Chain Ladder* puede ser aplicada por línea de seguro, por producto o bien por tipo de cobertura, así mismo resulta importante contar como mínimo con un período de 5 años de información con al menos 300 casos, esto con el objetivo de lograr una mayor precisión del cálculo.

Para construir los triángulos sobre el cual se proyectan los siniestros, se deben agrupar las observaciones de la base de datos, 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 al supervisor.

De acuerdo al reglamento sobre la solvencia de entidades de seguros y reaseguros, específicamente en la sección de método OYNR, para la implementación de *Chain Ladder*

el supervisor pide dos bases de datos con información correspondiente a como mínimo cinco años, la cuales se detallan a continuación:

- Base de Datos de Pagados: debe contener la siguiente información:
 1. Grupo de riesgo homogéneo, como mínimo línea de seguro
 2. Numero de siniestro
 3. Fecha de ocurrencia
 4. Fecha de declaración
 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 Provisionados: debe contener la siguiente información:
 1. Grupo de riesgo homogéneo, como mínimo línea de seguro
 2. Numero de siniestro
 3. Fecha de ocurrencia
 4. Fecha de declaración
 5. Monto provisionado: debe incluir todas las obligaciones pendientes de la entidad relacionado con el siniestro.

Para efectos de la presente investigación los siniestros provisionados que se mencionan en la normativa serán llamados siniestros pendientes o triángulo de pendientes. Así mismo, es importante destacar que al construir este triángulo aplicando la metodología del supervisor, los siniestros provisionados no se acumulan. Simplemente se suma el monto que se dio en el período 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 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 período donde se originaron. Además, por un tema de consistencia con el triángulo de liquidados, el triángulo de pendientes también será acumulado, lo que implica que el triángulo final sobre el cual se realizarán 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 final 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 período de estudio, donde las filas corresponden al período de origen y las columnas al período de desarrollo.
- 2 Se realiza la acumulación de reclamos incrementales de la siguiente manera:

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

- 3 Se calcula razones entre períodos de desarrollo sucesivos, lo cual resulta útil para observar si existen patrones extraños en los datos y de ser así tomar decisiones

en cuanto a tratamiento de estos datos. Las razones se calculan de la siguiente manera:

Tabla 3: *Estructura del triángulo de razones entre periodos de desarrollo.*

Periodo de Origen	Periodo de Desarrollo							
	1	2	3	....	....	....	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 los autores.

- Se procede a calcular los factores de desarrollo, los cuales serán utilizados para el cálculo de los siniestros proyectados. Dichos factores se calculan por medio de la siguiente formula:

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

Donde:

- n: corresponde al número de periodos de origen utilizados.
 - j: corresponde al período en desarrollo que se le está calculando el factor.
- Se calculan los valores proyectados de la última columna o período 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 anteriormente descrita presenta el problema que no toma 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 período 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 período 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 períodos de estudio de la siguiente manera:

Tabla 4: Representación de tasas de inflación en Chain Ladder.

Período 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 los autores.

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:

$$C_{1,1} \text{ ajustado} = C_{1,1} * (1 + \Delta\%_{1_2}) * (1 + \Delta\%_{2_3}) * (1 + \Delta\%_{3_4}) * \dots * (1 + \Delta\%_{i-1_i})$$

$$C_{3,3} \text{ ajustado} = C_{3,3} * (1 + \Delta\%_{3_4}) * \dots * (1 + \Delta\%_{i-1_i})$$

- 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 anteriormente explicado, por lo que los datos se proceden a colocar de manera acumulada y de manera ascendente por cada fila. Posteriormente se calculan los factores de desarrollo utilizando la metodología y formulas antes especificadas 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 anteriormente presentada, también existe la vertiente Chain Ladder Multiplicativo, la cual fue 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).

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 como 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:

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

Capítulo III Marco Metodológico

3.1. Tipo de investigación

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo y de alcance descriptivo. Se establece como período de estudio del 1 de enero del 2010 al 31 de diciembre 2015.

3.2. Población y sujetos de estudio

Para la realización de la investigación se cuenta con los siguientes sujetos y fuentes de información:

La población de estudio la constituyen todos los siniestros ocurridos desde el 01 de enero del 2010 hasta el 31 de diciembre del 2015; se consideran tanto los siniestros indemnizados durante este período como los siniestros pendientes de pago a la fecha de corte para la línea de seguros de incendio. Los sujetos de información son los siniestros suministrados por los ejecutivos del departamento de Actuarial de la entidad aseguradora.

3.2.1. Fuentes de información

Las fuentes de información son las bases de datos en formato electrónico de Excel de la entidad aseguradora correspondientes al período comprendido entre del 01 de enero 2010 al 31 de diciembre 2015, proveído por los sujetos de información.

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

Una vez realizada la investigación teórica y la definición del diseño de investigación, se inició el trabajo de campo. El punto de partida fue la recolección de la información 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 en el período bajo 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 elegidos:

Al inicio se toman las bases de datos correspondientes al histórico acumulado de los siniestros pagados de la línea en estudio, además de los siniestros pendientes reportados a la fecha de corte del mismo. Se revisa la información para descartar posibles errores en la misma; 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:

- Numero 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 comienza a definir los períodos de ocurrencia de los siniestros y el período de desarrollo de cada uno de ellos; además se utilizan para la aplicación del factor inflacionario que será utilizado 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 períodos 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 siguientes bases de datos que contengan la siguiente información correspondiente como mínimo a los últimos 5 años hasta la fecha de cálculo: (en nuestro ejercicio se consideran 6 años)

Base de siniestros pagados:

- Grupo de riesgo homogéneo, como mínimo 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.

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 se le aplica un factor de distorsión con el fin de mantener la confidencialidad de los datos.

Capítulo IV Aplicación y Resultados

4.1 Aplicación y Resultados

En el presente capítulo se aplicará la estimación de siniestros incurridos pero no reportados, así como la estimación del monto de provisiones bajo la aplicación de la metodología *Chain Ladder* con criterio de agrupación alternativo y de la metodología propuesta por la SUGESE. Dado lo anterior se tomó una base de datos real, la cual por razones de confidencialidad se le aplicó un factor a los datos; 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 ello se analiza el comportamiento del índice subyacente de inflación, indicador de precios que refleja más fielmente el comportamiento subyacente de la inflación y logra capturar el comportamiento más permanente del nivel de precios, aislando variaciones 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 5: Variación Interanual Índice Subyacente de Inflación.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Enero	18.13	12.86	12.92	11.20	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
Febrero	17.71	12.77	12.63	11.38	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
Marzo	18.27	13.23	11.65	11.30	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
Abril	18.32	13.39	11.00	11.37	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
Mayo	18.10	13.22	10.94	11.36	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
Junio	17.57	13.11	11.01	11.10	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
Julio	16.96	12.96	11.57	10.27	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
Agosto	16.55	13.22	11.64	9.68	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
Septiembre	15.48	12.65	11.70	9.69	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
Octubre	13.71	12.23	11.68	9.52	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
Noviembre	13.53	12.40	11.30	9.06	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
Diciembre	13.39	12.50	11.14	9.46	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

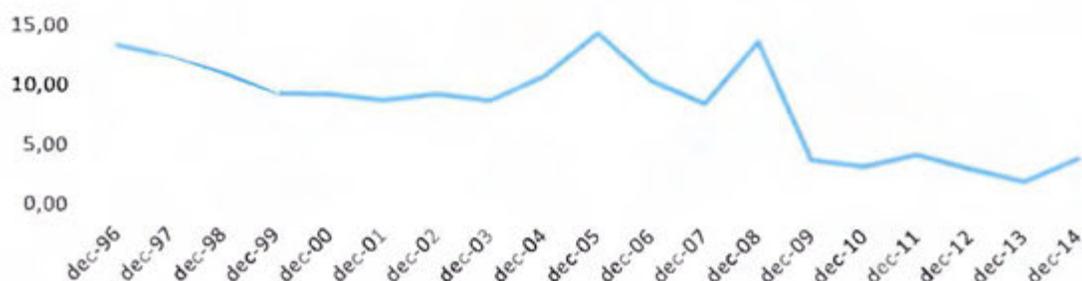
Fuente: Banco Central de Costa Rica

Como se desprende del anterior 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 la tasa de crecimiento de la misma disminuyó su variabilidad y el promedio a partir del 2009 ha presentado un incremento

interanual para el mes de diciembre de 3,62% lo 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 2005-2014



Fuente: Elaborado por los autores con base en información del BCCR.

Como se confirma en el gráfico anterior, 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 de del BCCR orientada a metas de inflación, logrando en este período que 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 dado el éxito que ha tenido el Banco Central en su política monetaria, razón por cual no se considera necesario realizar el ajuste por inflación en los datos debido a la estabilidad y previsión de que se mantenga tal comportamiento, 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 de extraer la información de la base de datos con el objetivo de colocarla en un triángulo de siniestros. Para construir dicho 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 que, para efectos de la SUGESE, se

refiere a la momento de pago del siniestro, define el período 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 6: Triángulo de siniestros pagados metodología supervisor.

Período Origen	Período de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	988,322,152	820,574,013	95,030,693	5,397,459	596,230	11,701,152
2011	794,060,171	223,021,854	25,192,119	10,786,466	13,144,267	
2012	804,100,648	311,297,740	4,363,398	91,091,665		
2013	779,690,535	354,578,200	42,677,688			
2014	497,042,077	286,199,502				
2015	560,466,635					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 7: Triángulo acumulado de siniestros pagados metodología supervisor.

Período Origen	Período de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	988,322,152	1,808,896,165	1,903,926,858	1,909,324,317	1,909,920,547	1,921,621,700
2011	794,060,171	1,017,082,026	1,042,274,145	1,053,060,610	1,066,204,877	
2012	804,100,648	1,115,398,389	1,119,761,786	1,210,853,451		
2013	779,690,535	1,134,268,736	1,176,946,424			
2014	497,042,077	783,241,579				
2015	560,466,635					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 8: Triángulo de siniestros pendientes metodología supervisor.

Período Origen	Período de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	338,373,875	113,150,104	5,158,893	1,533,468	152,580	0
2011	151,522,047	14,973,736	6,510,506	530,643	212,776	
2012	84,606,648	27,700,157	26,836,480	15,386,770		
2013	162,659,084	21,036,918	5,869,744			
2014	126,830,987	18,481,467				
2015	190,346,120					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Posteriormente, de acuerdo con la metodología SUGESE, se debe agregar el triángulo de pendientes al triángulo de siniestros acumulados; el resultado de dicha agregación se presenta a continuación:

Tabla 9: Triángulo agregado de siniestros pendientes y siniestros pagados metodología supervisor.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,326,696,027	1,922,046,270	1,909,085,752	1,910,857,785	1,910,073,127	1,921,621,700
2011	945,582,218	1,032,055,762	1,048,784,650	1,053,591,254	1,066,417,653	
2012	888,707,297	1,143,098,545	1,146,598,266	1,226,240,221		
2013	942,349,619	1,155,305,654	1,182,816,168			
2014	623,873,064	801,723,046				
2015	750,812,755					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 10: Triángulo de factores de desarrollo metodología supervisor.

Periodo Origen	Factores de Desarrollo				
	2-1	3-2	4-3	5-4	6-5
2010	1.449	0.993	1.001	1.000	1.006
2011	1.091	1.016	1.005	1.012	
2012	1.286	1.003	1.069		
2013	1.226	1.024			
2014	1.285				

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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 prepara el siguiente cuadro:

Tabla 11: Desviación estándar y coeficiente variación de factores de desarrollo metodología supervisor.

Periodo Origen	Desviación Estándar	Coficiente Variación
2-1	12.87%	10.15%
3-2	1.36%	1.35%
4-3	3.86%	3.76%
5-4	0.89%	0.88%
Total Datos	14.31%	13.03%

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Tanto la desviación estándar como el coeficiente de variación son indicadores de volatilidad, siendo la segunda una medida relativa. El anterior cuadro está construido a partir de los factores de desarrollo calculados entre períodos 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 por ciento. Adicionalmente, el coeficiente de variación para todo el conjunto de factores corresponde a 13.03 por ciento; por lo anterior se puede concluir que, si bien es cierto que existe cierto grado de volatilidad relativa, dicha volatilidad disminuye conforme se avanza entre períodos 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, es por esto que se decide no realizar ningún ajuste por volatilidades anormales a los datos.

4.1.2 Chain Ladder metodología alternativa.

Como método alternativo al tratamiento propuesto por la SUGESE antes expuesto, en el presente apartado se muestra una metodología alterna para extraer los datos y por consiguiente construir los triángulos necesarios para desarrollar *Chain Ladder*. Para la construcción del triángulo de siniestros liquidados se utiliza la fecha de origen y la fecha de liquidación define el período de desarrollo, que, 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 la misma procede a provisionar, a continuación se presenta el triángulo de liquidados:

Tabla 12: Triángulo de siniestros liquidados metodología alternativa.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,604,939,709	277,192,879	36,886,595	2,462,294		140,222
2011	869,165,274	163,204,392	15,028,931	6,188,136	12,618,144	
2012	859,774,290	292,860,864	2,787,888	55,430,408		
2013	1,053,855,416	121,209,980	1,881,027			
2014	627,480,055	155,761,524				
2015	560,466,635					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 13: Triángulo de siniestros liquidados acumulado metodología alternativa.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,604,939,709	1,882,132,589	1,919,019,184	1,921,481,478	1,921,481,478	1,921,621,700
2011	869,165,274	1,032,369,666	1,047,398,597	1,053,586,733	1,066,204,877	
2012	859,774,290	1,152,635,154	1,155,423,043	1,210,853,451		
2013	1,053,855,416	1,175,065,397	1,176,946,424			
2014	627,480,055	783,241,579				
2015	560,466,635					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Luego de construir el triángulo de siniestros liquidados se procede a construir el triángulo de siniestros pendientes el cual se presenta a continuación:

Tabla 14: Triángulo de siniestros pendientes metodología alternativa.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	0	0	0	0	0	0
2011	0	212,776	0	0	0	
2012	15,160,290	226,480	0	0		
2013	3,556,170	0	2,313,574			
2014	6,833,794	11,647,673				
2015	190,346,120					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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 15: Triángulo de siniestros pendientes acumulado metodología alternativa.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	0	0	0	0	0	0
2011	0	212,776	212,776	212,776	212,776	
2012	15,160,290	15,386,770	15,386,770	15,386,770		
2013	3,556,170	3,556,170	5,869,744			
2014	6,833,794	18,481,467				
2015	190,346,120					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 16: Triángulo agregado de siniestros pendientes y siniestros pagados metodología alternativa.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,604,939,709	1,882,132,589	1,919,019,184	1,921,481,478	1,921,481,478	1,921,621,700
2011	869,165,274	1,032,582,442	1,047,611,373	1,053,799,509	1,066,417,653	
2012	874,934,580	1,168,021,925	1,170,809,813	1,226,240,221		
2013	1,057,411,586	1,178,621,567	1,182,816,168			
2014	634,313,849	801,723,046				
2015	750,812,755					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 17: Triángulo de factores de desarrollo metodología alternativa.

Periodo Origen	Factores de Desarrollo				
	2- 1	3- 2	4- 3	5- 4	6- 5
2010	1.17271	1.01960	1.00128	1.00000	1.00007
2011	1.18802	1.01455	1.00591	1.01197	
2012	1.33498	1.00239	1.04734		
2013	1.11463	1.00356			
2014	1.26392				

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 18: Desviación estándar y coeficiente variación de factores de desarrollo metodología alternativa.

Periodo Origen	Desviación Estándar	Coficiente Variación
2- 1	8.57%	7.05%
3- 2	0.84%	0.83%
4- 3	2.54%	2.49%
5- 4	0.85%	0.84%
Total Datos	11.03%	10.22%

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Tal y como se observa en el anterior cuadro, la volatilidad tanto absoluta como 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 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, esto siguiendo la fórmula denotada en el paso 4 de la explicación esbozada en el marco teórico, dichos factores serán utilizados para el cálculo de las proyecciones de siniestros:

Tabla 19: Factores de Desarrollo metodología del supervisor.

Factores de Desarrollo	1.281	1.007	1.021	1.004	1.006
-------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 20: Factores de Desarrollo metodología alternativa.

Factores de Desarrollo	1.203	1.011	1.015	1.004	1.000
-------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Para la proyección de los siniestros se utiliza los factores de desarrollo y el paso cinco presentado en la explicación del modelo *Chain Ladder* del marco teórico. A continuación, se presenta los resultados del cálculo de las estimaciones de siniestros bajo la metodología del supervisor:

Tabla 21: Cálculo de estimaciones de siniestros *Chain Ladder* factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,326,696,027	1,922,046,270	1,909,085,752	1,910,857,785	1,910,073,127	1,921,621,700
2011	945,582,218	1,032,055,762	1,048,784,650	1,053,591,254	1,066,417,653	1,072,865,366
2012	888,707,297	1,143,098,545	1,146,598,266	1,226,240,221	1,231,221,271	1,238,665,409
2013	942,349,619	1,155,305,654	1,182,816,168	1,207,663,016	1,212,568,604	1,219,899,968
2014	623,873,064	801,723,046	807,031,523	823,984,445	827,331,512	832,333,675
2015	750,812,755	961,580,778	967,947,726	988,280,937	992,295,384	998,294,943

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

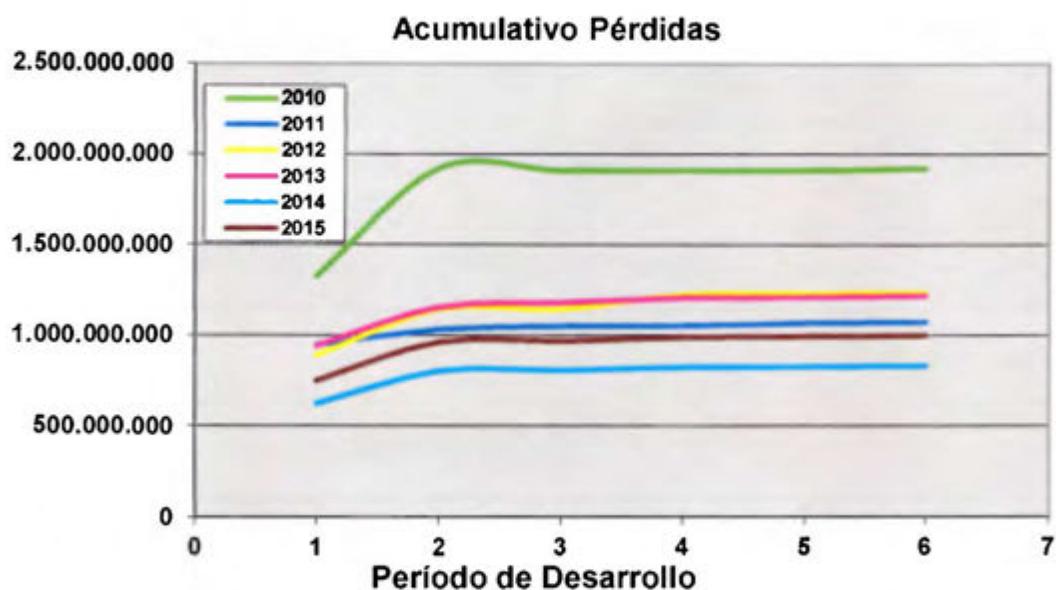
Tabla 22 Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología alternativa.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,604,939,709	1,882,132,589	1,919,019,184	1,921,481,478	1,921,481,478	1,921,621,700
2011	869,165,274	1,032,582,442	1,047,611,373	1,053,799,509	1,066,417,653	1,066,495,476
2012	874,934,580	1,168,021,925	1,170,809,813	1,226,240,221	1,231,440,697	1,231,530,562
2013	1,057,411,586	1,178,621,567	1,182,816,168	1,201,135,671	1,206,229,678	1,206,317,704
2014	634,313,849	801,723,046	810,697,895	823,254,016	826,745,430	826,805,762
2015	750,812,755	903,084,943	913,194,483	927,338,075	931,270,909	931,338,868

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

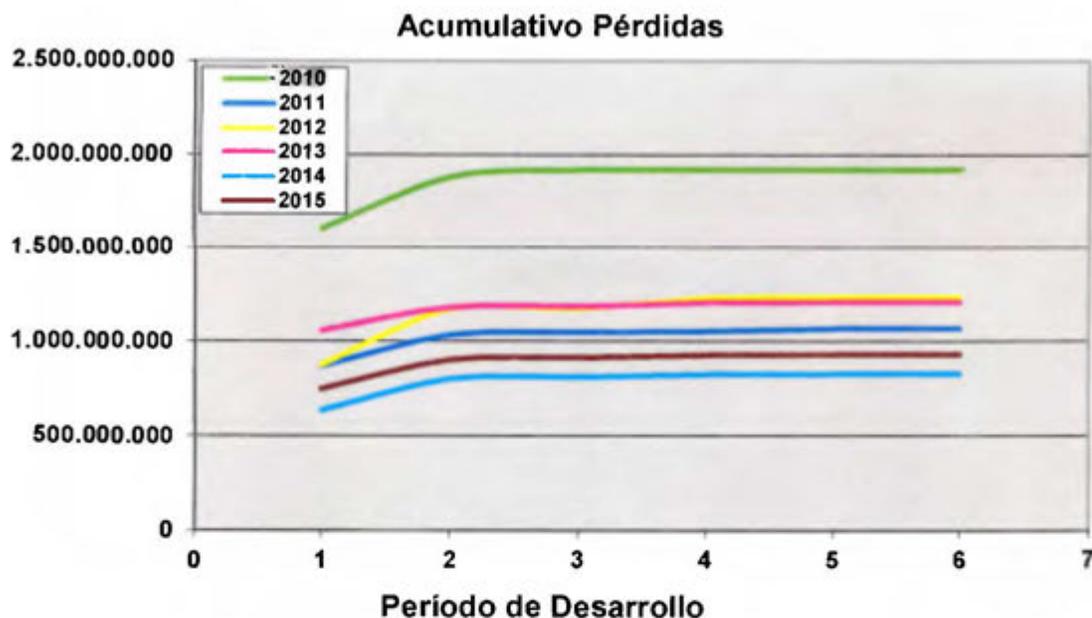
Gráfico 2 Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.



Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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 los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Una vez obtenidas las estimaciones de siniestros para la parte inferior de la matriz, se puede proceder a 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 se presenta el resultado del cálculo por periodo de origen bajo la metodología del supervisor:

Tabla 23: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología del supervisor.

Periodo Origen	Provisión Siniestros
2010	-
2011	6,447,712.05
2012	12,425,187.84
2013	37,083,798.00
2014	30,610,628.70
2015	247,482,187.84
Total	334,049,514.42

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

El resultado de la provisión de siniestros bajo la metodología alterna:

Tabla 24: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores de desarrollo bajo metodología alternativa.

Periodo Origen	Provisión Siniestros
2010	-
2011	77,822.73
2012	5,290,340.93
2013	23,501,536.11
2014	25,082,716.03
2015	180,526,114.16
Total	234,478,529.96

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

4.2.2 Chain Ladder Multiplicativo 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 utiliza 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 períodos de desarrollo mostradas en la Tabla 10 para los últimos 3 y 5 períodos y para todos los períodos bajo la metodología del supervisor:

Tabla 25: Factores geométricos bajo metodología del supervisor.

Media Geométrica, Últimos 5 años	1.262	1.009	1.025	1.006	1.008
Media Geométrica, Últimos 3 años	1.265	1.014	1.025	1.006	1.008
Media Geométrica, Todos los años	1.262	1.009	1.025	1.006	1.008

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 26: Factores geométricos bajo metodología alternativa.

Media Geométrica, Últimos 5 años	1.212	1.010	1.018	1.006	1.000
Media Geométrica, Últimos 3 años	1.234	1.007	1.018	1.006	1.000
Media Geométrica, Todos los años	1.212	1.010	1.018	1.006	1.000

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Las medias geométricas resultan más apropiadas que las aritméticas para explicar el pasado porque capturan de mejor manera la relación entre distintos períodos, esto porque

su resultado produce la tasa de crecimiento que se debe generar cada período para alcanzar el monto final de siniestros por período de origen, es decir la media geométrica es la tasa de crecimiento media entre los distintos períodos.

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

Con el objetivo de proyectar los siniestros se utilizará la media geométrica para todos los períodos, 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 27: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología del supervisor.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,326,696,027	1,922,046,270	1,909,085,752	1,910,857,785	1,910,073,127	1,921,621,700
2011	945,582,218	1,032,055,762	1,048,784,650	1,053,591,254	1,066,417,653	1,072,865,368
2012	888,707,297	1,143,098,545	1,146,598,266	1,226,240,221	1,233,428,434	1,240,885,917
2013	942,349,619	1,155,305,654	1,182,816,168	1,211,811,117	1,218,914,746	1,226,284,477
2014	623,873,064	801,723,046	808,951,618	828,781,843	833,640,157	838,680,464
2015	750,812,755	947,716,576	956,261,468	979,702,772	985,445,783	991,403,928

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

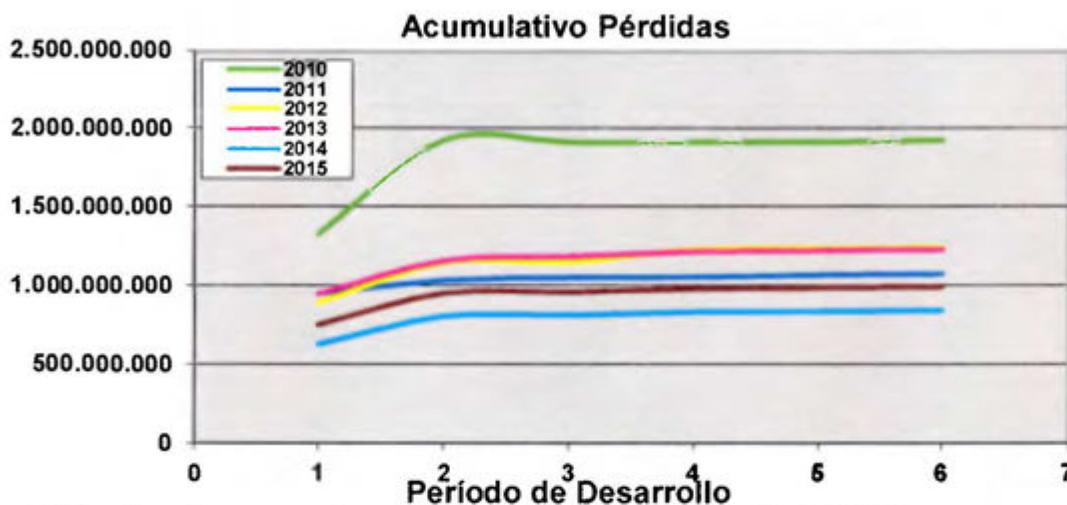
Tabla 28: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología alterna.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,604,939,709	1,882,132,589	1,919,019,184	1,921,481,478	1,921,481,478	1,921,621,700
2011	869,165,274	1,032,582,442	1,047,611,373	1,053,799,509	1,066,417,653	1,066,495,476
2012	874,934,580	1,168,021,925	1,170,809,813	1,226,240,221	1,233,559,846	1,233,649,866
2013	1,057,411,586	1,178,621,567	1,182,816,168	1,204,070,394	1,211,257,683	1,211,346,076
2014	634,313,849	801,723,046	809,739,020	824,289,358	829,209,674	829,270,186
2015	750,812,755	910,331,552	919,433,439	935,954,896	941,541,761	941,610,471

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

La evolución de los siniestros acumulados en cada uno de los periodos incluyendo las proyecciones bajo la metodología del supervisor:

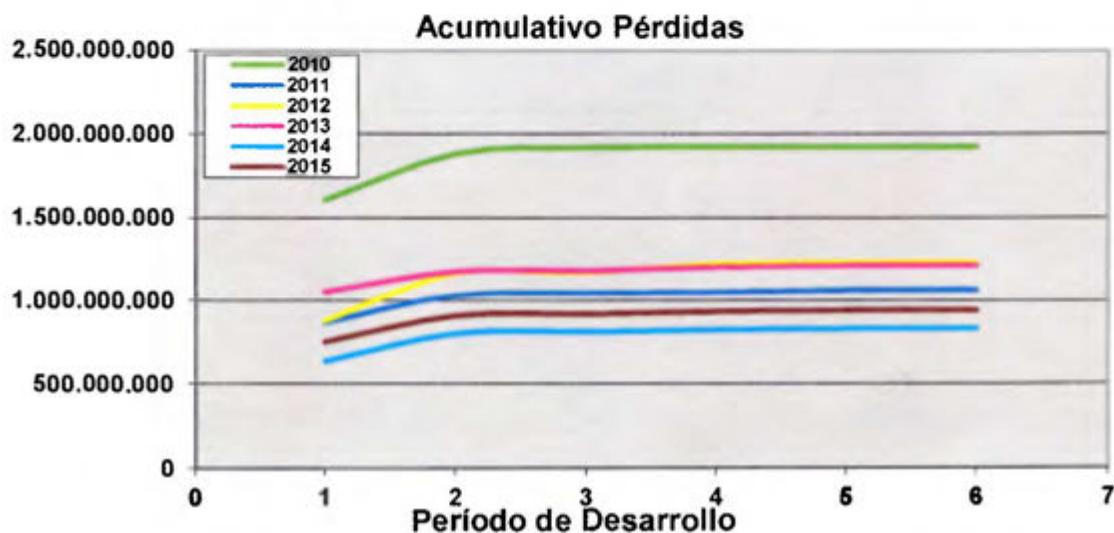
Gráfico 4: Evolución de las estimaciones por periodo de origen para Chain Ladder factores geométricos bajo metodología del supervisor.



Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

La evolución de siniestros basado 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 alterna.



Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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 29: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología del supervisor.

Periodo Origen	Provisión Siniestros
2010	-
2011	6,447,712.05
2012	14,645,695.41
2013	43,468,309.59
2014	36,957,417.34
2015	240,591,173.12
Total	342,110,307.51

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

La estimación de provisiones de método alternativo corresponde a:

Tabla 30: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores geométricos bajo metodología alternativa.

Periodo Origen	Provisión Siniestros
2010	-
2011	77,822.73
2012	7,409,644.51
2013	28,529,907.68
2014	27,547,139.68
2015	190,797,715.99
Total	254,362,230.59

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

4.2.3 Chain Ladder Multiplicativo Factores Aritméticos.

Para la aplicación de la metodología *Chain Ladder multiplicativo de factores aritméticos* de nuevo se utilizará el mismo triángulo de desarrollo que se originó con las metodologías anteriormente 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 31: Factores aritméticos bajo metodología del supervisor.

Media Arimética, Últimos 5 años	1.268	1.009	1.025	1.006	1.006
Media Arimética, Últimos 3 años	1.268	1.014	1.025	1.006	1.006
Media Arimética, Todos los años	1.268	1.009	1.025	1.006	1.006

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Basado en la metodología alterna los factores de promedios aritméticos corresponde a:

Tabla 32: Factores aritméticos bajo metodología alternativa.

Media Arimética, Últimos 6 años	1.215	1.010	1.018	1.006	1.000
Media Arimética, Últimos 3 años	1.238	1.007	1.018	1.006	1.000
Media Arimética, Todos los años	1.215	1.010	1.018	1.006	1.000

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Al igual que 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 basado en la metodología del supervisor:

Tabla 33: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología del supervisor.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,326,696,027	1,922,046,270	1,909,085,752	1,910,857,785	1,910,073,127	1,921,621,700
2011	945,582,218	1,032,055,762	1,048,784,650	1,053,591,254	1,066,417,653	1,072,865,366
2012	888,707,297	1,143,098,545	1,146,598,266	1,226,240,221	1,233,452,568	1,240,910,196
2013	942,349,619	1,155,305,654	1,182,816,168	1,212,374,969	1,219,505,764	1,226,879,068
2014	623,873,064	801,723,046	809,006,728	829,223,960	834,101,185	839,144,279
2015	750,812,755	951,655,664	960,301,488	984,299,605	990,088,935	996,075,153

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Basado en la metodología alterna la proyección sería la siguiente:

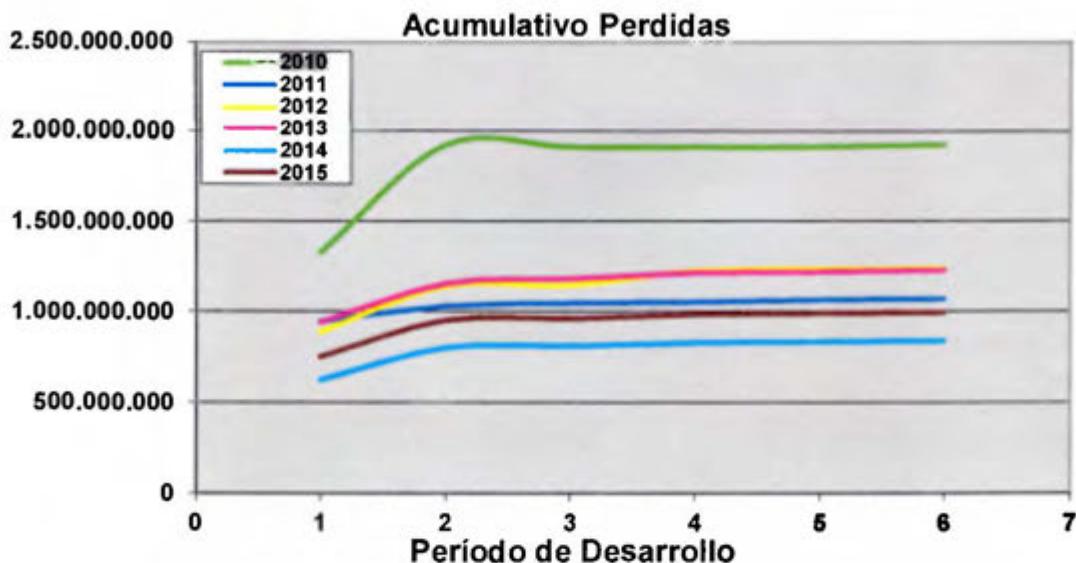
Tabla 34: Cálculo de estimaciones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología alternativa.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,604,939,709	1,882,132,589	1,919,019,184	1,921,481,478	1,921,481,478	1,921,621,700
2011	869,165,274	1,032,582,442	1,047,611,373	1,053,799,509	1,066,417,653	1,066,495,476
2012	874,934,580	1,168,021,925	1,170,809,813	1,226,240,221	1,233,581,692	1,233,671,714
2013	1,057,411,586	1,178,621,567	1,182,816,168	1,204,317,262	1,211,527,480	1,211,615,892
2014	634,313,849	801,723,046	809,760,070	824,479,794	829,415,934	829,476,461
2015	750,812,755	912,126,560	921,270,344	938,017,089	943,632,975	943,701,837

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Gráficamente la evolución de siniestros incluido las proyecciones utilizando la metodología de medias aritméticas bajo la metodología del supervisor:

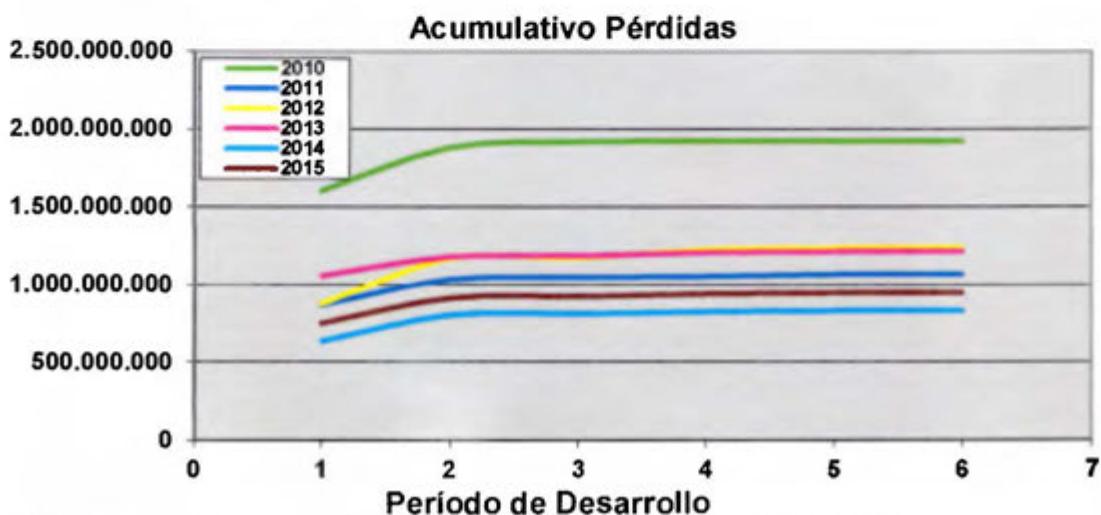
Gráfico 6: Evolución de las estimaciones por período de origen para Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología del supervisor.



Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

La evolución bajo la metodología alterna gráficamente:

Gráfico 7 Evolución de las estimaciones por período de origen para Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología alternativa.



Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 35: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología del supervisor.

Periodo Origen	Provisión Siniestros
2010	-
2011	6,447,712.05
2012	14,669,974.96
2013	44,062,900.46
2014	37,421,232.85
2015	245,262,398.24
Total	347,864,218.54

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Las provisiones bajo la metodología alterna corresponde a:

Tabla 36: Resultado de provisiones de siniestros Chain Ladder factores aritméticos bajo metodología alternativa.

Periodo Origen	Provisión Siniestros
2010	-
2011	77,822.73
2012	7,431,492.11
2013	28,799,724.55
2014	27,753,415.07
2015	192,889,082.24
Total	256,951,536.70

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Capítulo V Cálculo 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.

5.1 Pasos

A continuación, 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 y los factores de desarrollo sobre el cual se realizarán los cálculos:

Tabla 37: Triángulo agregado de siniestros y factores de desarrollo metodología alternativa.

Periodo Origen	Periodo de Desarrollo					
	1	2	3	4	5	6
2010	1,604,939,709	1,882,132,589	1,919,019,184	1,921,481,478	1,921,481,478	1,921,621,700
2011	869,165,274	1,032,582,442	1,047,611,373	1,053,799,509	1,066,417,653	
2012	874,934,580	1,168,021,925	1,170,809,813	1,226,240,221		
2013	1,057,411,586	1,178,621,567	1,182,816,168			
2014	634,313,849	801,723,046				
2015	750,812,755					
Factores Desarrollo	1.202809805	1.01119445	1.015488039	1.004240992	1.000072976	

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

- Paso 1: a partir de la diagonal de forma recurrente se calculan los valores de los años anteriores, tomando el valor del período en desarrollo t , dividido entre el factor de desarrollo $t-1$. Así, por ejemplo, si se va calcular el valor para el período en desarrollo 5 del período de origen 2010, se toma el valor de la diagonal para el 2010 correspondiente a 1,921,621,699.71 colones y se divide entre el factor de desarrollo 1.000072976; la siguiente tabla muestra los resultados:

Tabla 38: Triángulo de siniestros calculados de forma recurrente a partir de la diagonal metodología alternativa.

	1	2	3	4	5	6
2010	1,549,144,066	1,863,325,672	1,884,184,579	1,913,366,903	1,921,481,478	1,921,621,700
2011	859,771,275	1,034,141,320	1,045,717,963	1,061,914,084	1,066,417,653	
2012	992,816,777	1,194,169,754	1,207,537,828	1,226,240,221		
2013	972,491,054	1,169,721,776	1,182,816,168			
2014	666,541,828	801,723,046				
2015	750,812,755					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

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

Los resultados serían los siguientes:

Tabla 39: 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
2010	1,549,144,066	314,181,607	20,858,906	29,182,325	8,114,575	140,222
2011	859,771,275	174,370,045	11,576,644	16,196,121	4,503,570	
2012	992,816,777	201,352,977	13,368,074	18,702,393		
2013	972,491,054	197,230,721	13,094,392			
2014	666,541,828	135,181,218				
2015	750,812,755					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

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

Se presenta el resultado del cálculo de residuos:

Tabla 40: Triángulo de residuos adimensionales de Pearson metodología alternativa.

	1	2	3	4	5	6
2010	1,418	-2,087	3,509	-4,946	-2,849	0
2011	320	-829	1,015	-2,487	3,824	
2012	-3,741	6,465	-2,894	8,493		
2013	2,723	-5,413	-2,459			
2014	-1,248	2,772				
2015	0					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

- 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 que todos los residuos tengan la misma probabilidad de ser remuestreados, como resultado de un remuestreo se obtiene:

Tabla 41: Triángulo del resultado de remuestreo a partir de bootstrap.

	1	2	3	4	5	6
2010	-2,087	3,824	3,509	-2,087	-4,946	6,465
2011	3,509	8,493	3,824	0	3,509	
2012	6,465	-2,894	320	-5,413		
2013	320	-1,248	-829			
2014	2,723	-1,248				
2015	3,824					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

$$\hat{C}_{i,j} = \hat{i}_{i,j} \cdot \sqrt{m_{i,j}} + m_{i,j}$$

Por lo tanto, los incrementos para la muestra obtenida:

Tabla 42: Triángulo de resultado de incrementos a partir del remuestreo bootstrap.

	1	2	3	4	5	6
2010	1,467,009,698	381,957,881	36,886,595	17,909,339	-5,975,390	2,561,032
2011	962,671,565	286,516,308	24,586,684	16,196,121	11,950,951	
2012	1,196,515,166	160,291,186	14,539,442	-4,707,175		
2013	982,481,891	179,699,723	10,092,916			
2014	736,846,406	120,667,538				
2015	855,586,661					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

Tabla 43: Triángulo acumulado a partir del remuestreo bootstrap.

	1	2	3	4	5	6
2010	1,467,009,698	1,848,967,580	1,885,854,175	1,903,763,514	1,897,788,124	1,900,349,156
2011	962,671,565	1,249,187,873	1,273,774,557	1,289,970,678	1,301,921,628	
2012	1,196,515,166	1,356,806,351	1,371,345,794	1,366,638,618		
2013	982,481,891	1,162,181,614	1,172,274,530			
2014	736,846,406	857,513,944				
2015	855,586,661					

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

- Paso 7: Se vuelve 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 44: Factores de desarrollo remuestreo bootstrap.

Factores Desarrollo	1.21123	1.01533	1.00649	1.00187	1.00135
---------------------	---------	---------	---------	---------	---------

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

- Paso 8: A partir de la muestra *Bootstrap* acumulada mostrada en el paso 6 y el 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 45: Resultado calculo reservas a partir de remuestreo bootstrap.

	1	2	3	4	5	6
2010	1,604,939,709	1,882,132,589	1,919,019,184	1,921,481,478	1,921,481,478	1,921,621,700
2011	869,165,274	1,032,582,442	1,047,611,373	1,053,799,509	1,066,417,653	1,067,856,765
2012	874,934,580	1,168,021,925	1,170,809,813	1,226,240,221	1,228,534,549	1,230,192,435
2013	1,057,411,586	1,178,621,567	1,182,816,168	1,190,490,624	1,192,718,064	1,194,327,616
2014	634,313,849	801,723,046	814,012,723	819,294,275	820,827,196	821,934,888
2015	750,812,755	909,406,575	923,346,940	929,337,884	931,076,700	932,333,172

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

5.2 Resultados Remuestreos.

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

5.2.1 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 46: Resultado simulación del total de reservas por período de desarrollo según enfoque factores de razón de sumas metodología alternativa.

Origen	Total Reservas			Intervalo B ootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
2011	77,822.73	101,678.32	744,348.01	-993,854.99	1,610,902.65
2012	5,290,340.93	5,573,177.31	5,316,314.13	-2,305,665.97	15,216,200.80
2013	23,501,536.11	23,766,773.83	9,702,315.55	8,980,840.57	40,532,689.00
2014	25,082,716.03	25,480,707.84	7,861,404.16	13,198,090.29	39,108,747.41
2015	180,526,114.16	181,925,339.50	21,160,916.52	148,919,928.32	218,235,190.55
Total	234,478,529.96	236,648,074.70	34,053,475.50	183,261,784.70	294,801,620.22

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

El cuadro anterior presenta el total de reservas que se estiman por período de desarrollo. La primera columna corresponde al período de origen, la segunda columna corresponde al cálculo total de reservas bajo la metodología *Chain Ladder* (en este caso Factores de Desarrollo, método alterno), la tercera columna corresponde al estimador *bootstrap*, que se obtiene de calcular el promedio del total de reservas para cada uno de los períodos de origen en los 10000 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 quiere decir que para el período de origen 2011, la metodología *Chain Ladder* Factores de Desarrollo estima 77.283 de reservas totales estimadas, el valor esperado del estimador *bootstrap* es de 101.678,32, el error de muestreo para ese período de origen es 744.348,01 y el intervalo de confianza al 90% está entre -993.854,99 y 1.610.902,65.

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 184.844.839 quiere decir que la metodología estima una provisión para dentro de un año por este monto y a su vez corresponde a la suma de montos por debajo de la diagonal principal.

Tabla 47: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque factores razón de sumas metodología alternativa.

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Bootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	184,844,838.86	186,431,169.63	21,401,947.53	153,213,249.26	223,033,791.44
2 años	27,849,532.96	28,358,802.75	8,932,311.48	14,474,386.50	43,450,501.03
3 años	17,723,031.64	18,151,070.99	7,293,970.04	6,794,655.06	31,051,861.21
4 años	3,993,166.21	4,109,507.30	3,940,759.73	-1,764,051.53	11,215,506.39
5 años	67,960.28	84,814.34	637,323.71	-869,522.03	1,351,447.32
Total	234,478,529.96	237,460,316.89	33,797,575.92	184,344,987.49	295,065,751.50

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Los estimadores *bootstrap* para el total de reservas en términos agregados (237,460,316.89) difieren 0.93% del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Factores Razón de Sumas (234,478,529.96), el error de muestreo representa un 14.39% de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90% corresponde a 111,539,835.52. Por otro lado, los estimadores *bootstrap* para las dotaciones en términos agregados (237,460,316.89) difieren 1.27% del total de dotaciones bajo *Chain Ladder* Factores Razón de Sumas (234,478,529.96), el error de muestreo representa un 14.23% 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 110,720,764.

5.2.2 Resultados Bootstrap *Chain Ladder* Factores Aritméticos bajo metodología alterna.

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

Tabla 48: Resultado simulación del total de reservas por período de desarrollo según enfoque factores aritméticos metodología alternativa.

Origen	Total Reservas			Intervalo Bootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
2011	77,822.73	59,956.43	720,647.68	-1,099,062.66	1,395,626.17
2012	7,431,492.11	7,201,455.89	6,052,795.05	-2,443,387.12	17,489,809.40
2013	28,799,724.55	28,150,078.01	10,575,767.25	11,302,301.94	46,030,646.85
2014	27,753,415.07	27,312,532.01	8,187,148.96	14,201,449.13	41,099,650.38
2015	192,889,082.24	191,762,279.89	21,388,626.26	157,550,309.11	228,283,439.08
Total	256,951,536.70	254,169,675.72	36,609,899.40	195,520,852.58	316,482,892.59

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Boots trap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	198,271,216.10	196,915,165.35	21,760,835.97	161,889,355.62	233,665,857.14
2 años	31,163,747.88	30,527,100.76	9,514,162.51	15,314,332.56	46,250,865.04
3 años	21,771,297.43	21,261,427.06	7,978,681.00	8,561,827.87	34,699,356.98
4 años	5,676,412.87	5,498,201.95	4,674,113.67	-1,898,657.42	13,732,425.16
5 años	68,862.42	46,174.93	637,154.29	-979,189.99	1,215,788.67
Total	256,951,536.70	254,236,088.11	36,599,719.29	195,691,071.73	316,477,470.00

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Los estimadores *bootstrap* para el total de reservas en términos agregados (254,169,675.72) difieren -1.08 por ciento del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Factores Aritméticos (256,951,536.70). El error de muestreo representa un 14.40 por ciento de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90 por ciento corresponde a 120,962,040.01. Por su parte, los estimadores *bootstrap* para las dotaciones en términos agregados (254,236,088.11) difieren -1.06 por ciento del total de dotaciones bajo *Chain Ladder* Factores Aritméticos (256,951,536.70), el error de muestreo representa un 14.40 por ciento de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y límite superior al 90 por ciento para el total de dotaciones corresponde a 120,786,398.27.

5.2.3 Resultados Bootstrap *Chain Ladder* Factores Geométricos bajo metodología alterna.

Los resultados de simulación para el total de reservas por período de origen y para las dotaciones de provisiones bajo factores geométricos metodología alterna:

Tabla 50: Resultado simulación del total de reservas por período de desarrollo según enfoque factores geométricos metodología alternativa.

Origen	Total Reservas			Intervalo Bootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
2011	77,822.73	60,232.24	721,454.27	-1,088,103.91	1,421,898.38
2012	7,409,644.51	7,235,418.55	6,078,453.42	-2,407,013.20	17,679,062.44
2013	28,529,907.68	28,159,705.35	10,549,948.80	11,544,419.26	46,317,849.46
2014	27,547,139.68	27,019,652.14	8,220,151.53	13,941,206.95	41,080,906.31
2015	190,797,715.99	190,271,228.74	21,192,793.29	156,401,501.80	226,451,116.32
Total	254,362,230.59	252,532,538.76	37,060,736.37	193,090,482.77	315,256,815.41

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Bootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	196,186,443.09	195,339,892.62	21,694,479.77	160,473,529.31	232,227,001.89
2 años	30,929,536.09	30,489,065.22	9,495,513.91	15,390,797.97	46,426,652.20
3 años	21,530,164.53	21,226,997.86	7,936,142.12	8,626,788.27	34,919,186.66
4 años	5,647,377.08	5,493,719.94	4,643,486.55	-1,793,448.10	13,546,092.93
5 años	68,709.81	46,932.71	635,012.49	-965,388.69	1,239,060.96
Total	254,362,230.59	252,417,877.30	36,146,084.95	193,916,850.76	313,240,804.44

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Los estimadores *bootstrap* para el total de reservas en términos agregados (252,532,538.76) difieren -0.72 por ciento del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Factores Geométricos (254,362,230.59), el error de muestreo representa un 14.68 por ciento de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90 por ciento corresponde a 122,166,332.64. Por otro lado, los estimadores *bootstrap* para las dotaciones en términos agregados (252,417,877.30) difieren -0.76 por ciento del total de dotaciones bajo *Chain Ladder* Factores Geométricos (254,362,230.59), el error de muestreo representa un 14.32 por ciento de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y límite superior al 90 por ciento para el total de dotaciones corresponde a 119,323,953.68.

5.2.4 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 supervisor:

Tabla 52: Resultado simulación del total de reservas por periodo de desarrollo según enfoque razón de sumas metodología supervisor.

Origen	Total Reservas			Intervalo Bootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
2011	6,447,712.05	6,727,776.91	9,736,326.76	-8,977,953.38	25,377,810.71
2012	12,425,187.84	12,968,411.95	13,435,761.46	-7,993,883.14	36,502,323.50
2013	37,083,798.00	38,228,726.39	19,204,247.23	7,719,424.60	71,530,831.53
2014	30,610,628.70	31,363,960.51	13,878,630.42	9,480,100.67	54,916,926.32
2015	247,482,187.84	251,034,436.67	38,185,379.38	191,493,167.53	316,930,959.01
Total	334,049,514.42	340,191,674.71	74,165,579.33	223,252,939.21	469,639,199.81

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Tabla 53: Resultado simulación de dotaciones para provisiones de siniestros según enfoque razón de sumas metodología supervisor.

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Bootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	252,352,110.22	255,998,376.84	38,317,137.61	194,998,030.09	320,938,049.69
2 años	35,669,596.75	36,964,058.54	17,422,363.01	9,202,507.10	66,936,566.97
3 años	31,011,638.59	32,485,023.75	16,651,513.05	6,712,431.34	61,401,213.73
4 años	9,016,610.55	9,307,755.76	9,628,789.92	-5,624,284.70	26,254,169.52
5 años	5,999,558.32	6,328,040.73	9,018,536.18	-8,118,172.24	23,584,664.52
Total	334,049,514.42	340,346,197.86	74,261,860.38	224,892,230.14	468,594,141.55

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Los estimadores *bootstrap* para el total de reservas en términos agregados (340,191,674.71) difieren 1.84 por ciento del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Razón de Sumas (334,049,514.42), el error de muestreo representa un 21.80 por ciento de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90 por ciento corresponde a 246,386,260.60. Por su parte, los estimadores *bootstrap* para las dotaciones en términos agregados (340,346,197.86) difieren 1.88 por ciento del total de dotaciones bajo *Chain Ladder* Razón de Sumas (334,049,514.42), el error de muestreo representa un 21.82 por ciento de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y límite superior al 90 por ciento para el total de dotaciones corresponde a 243,701,911.41.

5.2.5 Resultados Bootstrap *Chain Ladder* Factores Aritméticos bajo metodología supervisor.

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

Tabla 54: Resultado simulación del total de reservas por período de desarrollo según enfoque factores aritméticos metodología supervisor.

Origen	Total Reservas			Intervalo Bootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	inferior	Superior
2011	6,447,712.05	6,181,207.40	9,355,210.19	-8,622,885.30	25,131,266.04
2012	14,669,974.96	14,079,303.44	13,851,068.02	-7,348,724.63	38,408,190.32
2013	44,062,900.46	42,990,440.33	19,772,979.46	12,009,163.23	76,914,563.14
2014	37,421,232.85	36,457,950.20	14,631,252.51	13,272,809.06	61,323,243.99
2015	245,262,398.24	243,880,272.74	36,777,595.81	186,830,045.35	307,425,730.26
Total	347,864,218.54	342,072,066.91	74,877,587.98	223,785,566.76	471,710,404.40

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Bootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	251,345,449.60	249,719,808.94	36,332,240.16	192,376,268.82	311,784,325.60
2 años	43,451,480.45	42,323,318.64	17,900,615.39	13,768,738.13	72,872,986.52
3 años	36,248,646.72	35,523,308.43	16,837,430.20	9,626,344.99	65,009,868.01
4 años	10,832,423.96	10,555,488.14	10,010,393.97	-4,969,521.10	28,043,206.68
5 años	5,986,217.81	5,760,316.83	8,647,288.09	-7,957,496.92	23,183,865.51
Total	347,864,218.54	343,340,792.18	74,686,732.42	227,360,733.92	472,652,625.44

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Los estimadores *bootstrap* para el total de reservas en términos agregados (342,072,066.91) difieren -1.67 por ciento del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Factores Aritméticos (347,864,218.54), el error de muestreo representa un 21.89 por ciento de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90 por ciento corresponde a 247,924,837.64. Por otro lado, los estimadores *bootstrap* para las dotaciones en términos agregados (343,340,792.18) difieren -1.30 por ciento del total de dotaciones bajo *Chain Ladder* Factores Aritméticos (347,864,218.54), el error de muestreo representa un 21.75 por ciento de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y límite superior al 90 por ciento para el total de dotaciones corresponde a 245,291,891.52.

5.2.6 Resultados *Bootstrap Chain Ladder* Factores Geométricos bajo metodología supervisor.

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

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

Origen	Total Reservas			Intervalo Bootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
2011	6,447,712	6,258,667.56	9,375,243.08	-8,637,502.16	25,488,610.56
2012	14,645,695	14,411,743.35	13,935,721.48	-6,970,756.26	39,234,630.32
2013	43,468,310	42,730,886.74	19,725,685.19	11,975,247.89	76,960,585.39
2014	36,957,417	36,161,693.71	14,570,562.11	12,851,152.33	60,593,042.81
2015	240,591,173	240,064,393.10	36,215,818.65	182,968,494.65	301,665,437.56
Total	342,110,307.51	338,835,450.49	74,639,557.33	222,794,358.29	467,208,502.32

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

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

	Dotaciones para provisiones de siniestros			Intervalo Bootstrap (90%)	
	Chain Ladder	Estimadores B	Error muestreo	Inferior	Superior
1 año	246,763,267	246,605,498.66	36,429,076.62	188,516,220.59	308,380,846.50
2 años	42,936,230	42,305,020.96	18,175,392.79	13,807,195.75	73,134,239.93
3 años	35,669,349	35,013,836.48	17,023,519.46	8,500,003.25	63,869,117.45
4 años	10,783,318	10,540,805.31	10,059,298.72	-4,919,879.99	28,139,437.70
5 años	5,958,145	5,854,741.28	8,629,652.48	-7,696,675.64	23,531,455.13
Total	342,110,307.51	339,725,255.19	74,848,886.72	225,741,487.32	471,187,755.79

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Los estimadores *bootstrap* para el total de reservas en términos agregados (338,835,450.49) difieren -0.96 por ciento del total de reserva en términos agregados bajo *Chain Ladder* Factores Geométricos (342,110,307.51), el error de muestreo representa un 22.03 por ciento de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y el límite superior al 90 por ciento corresponde a 244,414,144.02. Por su parte, los estimadores *bootstrap* para las dotaciones en términos agregados (339,725,255.19) difieren -0.70 por ciento del total de dotaciones bajo *Chain Ladder* Factores Geométricos (342,110,307.51), el error de muestreo representa un 22.03 por ciento de los estimadores en términos agregados y el rango entre el límite inferior y límite superior al 90 por ciento para el total de dotaciones corresponde a 245,446,268.47.

Capítulo VI Conclusiones

En el mercado de seguros existen líneas de negocio en el que, por condiciones de contrato y procedimiento, los siniestros no son reportados inmediatamente después que ocurren. Es en estas líneas donde resulta de vital importancia tener 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, no resulta conveniente que estas sean sobreestimadas, así como también es perjudicial subestimarlas porque puede poner en riesgo la solvencia.

La presente investigación se desarrolló a partir de la línea de seguros de incendio que por sus características es sujeto a realizar provisiones por siniestros ocurridos, pero no reportados, dicha línea se utilizó como ejemplo para desarrollar un caso de aplicación de la metodología *Chain Ladder* con dos criterios de agrupación de datos para la construcción de los triángulos sobre los cuales se aplicará 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 período de origen y desarrollo en cuestión.
- Criterio alternativo: es el criterio propuesto en la presente investigación y propone utilizar como regla de agrupación la fecha de liquidación, entendida como la fecha en que la entidad empieza a provisionar el siniestro, ya que desde este momento se guardan los recursos. 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 el método más consistente.

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.

La metodología *Bootstrap* no paramétrico (no requiere conocer las distribución 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. Estos cálculos son utilizados como criterio para discriminar entre reglas de agrupación y enfoques de proyección de siniestros.

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 58: Cuadro Comparativo de volatilidad relativa y amplitud de intervalo 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	21.8011%	14.3899%	246,386,260.60	111,539,835.52
Factores Aritméticos	21.8894%	14.4037%	247,924,837.64	120,962,040.01
Factores Geométricos	22.0283%	14.6756%	244,414,144.02	122,166,332.64

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

Tabla 59: Cuadro Comparativo de volatilidad relativa y amplitud de intervalo entre metodología supervisor y alternativa para las dotaciones.

Enfoque	Volatilidad Relativa		Amplitud IC	
	Metodología Supervisor	Metodología Alterna	Amplitud IC Supervisor	Amplitud IC Alterno
Razón de Sumas	21.8195%	14.2329%	243,701,911.41	110,720,764.00
Factores Aritméticos	21.7529%	14.3960%	245,291,891.52	120,786,398.27
Factores Geométricos	22.0322%	14.3199%	245,446,268.47	119,323,953.68

Fuente: Elaborado por los autores con base en información de la empresa Aseguradora 2010-2015

En los cuadros anteriores 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.

Tal y como se aprecia en el cuadro resumen para los totales de provisiones como para dotaciones, se concluye que el criterio alterno de agrupación de datos genera resultados

más precisos, esto porque 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 reflejado en la pérdida de rentabilidad que implica no poder colocar los recursos en el giro del negocio, razón por la cual se considera que se debe evaluar la conveniencia de utilizar un criterio más preciso en función a 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 esto 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 el enfoque factores geométricos y factores aritméticos, el enfoque geométrico es superior esto 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 períodos de tiempo menores.

En el reglamento sobre la Solvencia de entidades de seguros y reaseguros, se indica que las entidades aseguradoras pueden proponer y justificar una metodología alternativa para el cálculo de la provisión OYNR, la cual deberá ser registrada ante la Superintendencia, además, se le exige a las aseguradoras estimar la insuficiencia de los siniestros ocurridos y no reportados (IOYNR). Es aquí donde la metodología propuesta toma importancia, ya que la misma presenta una disminución en el monto a provisionar y podría ser implementada para cualquier línea de seguro (con sus respectivas validaciones), por lo que uno de los beneficios a corto plazo sería la inversión de este ahorro en activos que generen mejor rendimiento, ya que la aseguradora podría disminuir los montos a invertir en activos de bajo riesgo y alta liquidez que generalmente dan bajos rendimientos; además, que una disminución en esta provisión, se verá reflejado directamente en una reducción de la siniestralidad para la línea de seguro, lo que a un mediano plazo podría

terminar repercutiendo en una reducción de las primas de las pólizas para dicho seguro, pudiendo convertirse esto en un beneficio para el consumidor final del seguro.

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*.
- 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 cantable 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, Diciembre 2016*.
- Zweifel, P. (s.f.). *Insurance Economics*.