



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS CHAIN  
LADDER Y BORNHUETTER FERGUSON PARA EL  
CÁLCULO DEL MEJOR ESTIMADOR DE RESERVAS  
TÉCNICAS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**A C T U R Í A**

**P R E S E N T A:**

**HEREDIA MARTÍNEZ JORGE LUIS**



**DIRECTOR DE TESIS:  
ACT. DANIEL SOLÍS HERNÁNDEZ  
CIUDAD DE MÉXICO, 2021**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**1. Datos del alumno**

Heredia  
Marínez  
Jorge Luis  
55 85 63 90 93  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Actuaría  
310194417

**2. Datos del Tutor**

Act.  
Daniel  
Solís  
Hernández

**3. Datos del Sinodal 1**

Act.  
Eduardo  
Bello  
Castañeda

**4. Datos del Sinodal 2**

Mtro. en Administración.  
Daniel  
Ortega  
Laureles

**5. Datos del Sinodal 3**

Act.  
José Antonio  
Reyes  
León

**6. Datos del Sinodal 4**

Mtro. en Finanzas  
Sergio Eduardo  
Martínez  
Solís

**7. Datos del trabajo escrito**

Comparación de los métodos Chain Ladder y Bornhuetter Ferguson para el cálculo del mejor estimador de reservas técnicas  
81 p.  
2021

# Agradecimientos

*Para mis papás que me han dado y apoyado en todo*

*A mi hermana por siempre brindarme su ayuda.*

*A la Universidad por darme la oportunidad de conocer a todos los profesores que me compartieron sus conocimientos y tiempo.*

*Y Ana por siempre apoyarme.*

*Conocimiento libre y continuo...*

# Índice general

<b>Introducción</b>	<b>6</b>
<b>1. Sistema Financiero Mexicano</b>	<b>8</b>
1.1. Reguladores del Sistema . . . . .	12
1.2. Entidades Operativas . . . . .	15
1.3. Entidades de apoyo . . . . .	18
<b>2. Mercado Asegurador Mexicano</b>	<b>20</b>
2.1. Conceptos básicos . . . . .	20
2.2. Definición de los seguros . . . . .	26
2.3. Antecedentes de los seguros . . . . .	28
2.4. Clasificación de los seguros . . . . .	28
2.4.1. Seguros de vida . . . . .	29
2.4.2. Accidentes y enfermedades . . . . .	29
2.4.3. Daños . . . . .	30
2.5. Los seguros en la actualidad en México . . . . .	31
2.6. Normatividad en México en materia de Solvencia . . . . .	33
<b>3. Regulación de Solvencia</b>	<b>35</b>
3.1. Antecedentes . . . . .	35
3.2. Marco regulatorio de Solvencia II . . . . .	36
3.3. Reservas técnicas contempladas en solvencia . . . . .	44
3.4. Clasificación de reservas técnicas . . . . .	45
<b>4. Metodología de Reservas de Siniestros Ocurridos y no Reporte.</b>	<b>49</b>
4.1. Chain Ladder . . . . .	49
4.2. Bornhuetter-Ferguson (Versión Original) . . . . .	51
4.3. Comparación de Métodos. . . . .	54
<b>5. Conclusiones</b>	<b>57</b>
Referencias . . . . .	59

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>5</b>
<hr/>	
<b>A. Código para Metodologías</b>	<b>61</b>
<b>B. Información 2018</b>	<b>65</b>
<b>C. Información 2019</b>	<b>70</b>
<b>D. Información 2020</b>	<b>75</b>

# Introducción

Durante la estancia en la Facultad de Ciencias, en la carrera de Actuaría uno de los principales temas es el de los seguros, existen varias materias que tienen relación directa; como teoría del seguro, matemáticas actuariales del seguro de personas I y II, matemáticas actuariales del seguro de daños, y se diversifica con el catálogo de materias optativas que existen.

Las materias mencionadas anteriormente son de carácter obligatorio, una de las preguntas usuales de los estudiantes en los primeros semestres de la carrera, o al menos para mí, en algún momento era ¿Por qué tantas materias relacionadas con el tema de seguros? Por lo anterior, el primer capítulo de este trabajo dará a conocer un marco general de la importancia del seguro y así contestar la pregunta.

La primera parte del primer capítulo es una breve reseña del sistema financiero mexicano, desde la época prehispánica hasta la actualidad, describiéndolas brevemente los eventos más importantes.

Se hablará de las autoridades y organismos reguladores del sistema financiero mexicano, explicando cuáles son sus principales funciones, que entidades financieras regulan y vigilan; así como una breve mención de los orígenes de las instituciones para tener un contexto más amplio.

Posteriormente, se mencionarán a las instituciones participantes en el sistema financiero, ya que lo primero que se viene a la mente cuando se escucha sistema financiero, es la palabra banco, para ampliar el concepto se mencionarán los participantes de sistema financiero mexicano. Es importante recalcar que en otros países puede que existan más o menos participantes en el sistema financiero.

Las instituciones u organismos que participan directamente en el sistema financiero se interrelacionan y brindan respaldo para el sano desarrollo del sistema; estas instituciones existentes, se les llama entidades de apoyo. Se dará una breve explicación sobre sus principales tareas y funciones.

Para terminar el primer capítulo del presente trabajo, se mencionará la clasificación de las instituciones participantes en el sector financiero mexicano; en esta sección, aborda la historia del seguro en México, con la finalidad de dar un marco contextual sobre los seguros.

En este capítulo se describirá el sistema financiero mexicano desde la defini-

ción, de diferentes autores para posteriormente llegar a un concepto propio del sistema financiero y se menciona parte de los antecedentes del sistema financiero mexicano.

Para el segundo capítulo se abordará con mayor detalle los conceptos sobre seguros, para tener claros los conceptos que se utilizan en las metodologías de valuación de reservas que serán comparados en capítulos posteriores; así como dar un marco general en el ámbito de seguros.

Adicionalmente, se definen conceptos básicos en el sector asegurador, tales como prima, asegurado, asegurador, riesgos etc. Una vez que tenga el conocimiento, se definirá al seguro, buscando que se tenga una visión general de la parte teórica de los seguros, para posteriormente poder describir la clasificación y desarrollo de ello. Se hablará del entorno actual de los seguros en México, para ello se describe de manera breve el desarrollo de Solvencia II, la cual es una directiva regulatoria europea adaptada al mercado asegurador mexicano.

El tercer capítulo se abordará el tema de la directiva de Solvencia II, describiendo de manera general sus antecedentes, la manera en que se estructura; así como la definición y clasificación de las reservas técnicas que se tienen en México, según la regulación vigente.

En el último capítulo se describirán dos metodologías deterministas para el cálculo de la mejor estimación de la reserva de siniestros ocurridos y no reportados, después se realizará el ejercicio práctico con información real y por último se realizará la comparación de las metodologías. Una de las metodologías es el Chain Ladder y la otra es Bornhuetter Ferguson.

La información para los ejercicios prácticos se obtuvo desde las Reporte de Solvencia y Condición Financiera del 2018 publicadas por las compañías, se seleccionó ese periodo para posteriormente comparar las cifras reales de las compañías al cierre del 2019. Para realizar los cálculos correspondientes se apoyó del software R, el código está en los anexos.

# Capítulo 1

## Sistema Financiero Mexicano

La primera definición del sistema financiero mexicano es “*el conjunto de personas y organizaciones, tanto públicas como privadas, que captan, administran, regulan y dirigen los recursos financieros que se negocian entre los diversos agentes económicos, dentro del marco de la legislación correspondiente.*” (Mondragón, Carrillo, y prologuista, 2016)

La segunda definición dice que el sistema financiero “*está constituido por un conjunto de instituciones que captan, administran y canalizan el ahorro de las personas hacia la inversión: grupos financieros, banca comercial, administradoras de fondos para el retiro (Afores), aseguradoras, sociedades financieras de objeto limitado (Sofoles), banca de desarrollo, casas de bolsa, sociedades de inversión, arrendadoras financieras, afianzadoras, almacenes generales de depósito, uniones de crédito, casas de cambio y empresas de factoraje entre otras.*” (Banxico, 2008)

Se tomaran las definiciones anteriores para construir la siguiente. Un sistema financiero es el conjunto de instituciones o individuos que distribuyen y administran los recursos financieros de instituciones o individuos con superávit financiero, apoyando a las instituciones o individuos con déficit financiero dentro del marco legal correspondiente; además de ser una herramienta de desarrollo del país.

A continuación, se aborda un tema más particular como lo es el sistema financiero mexicano, se describe a grandes rasgos la evolución que se ha tenido durante la historia el sistema financiero mexicano; lo anterior para tener un marco de referencia más grande, desde la época prehispánica hasta la actualidad.

Una cosa importante sobre los sistemas financieros es que no se sabe con exactitud donde tuvieron su inicio derivado de la falta de documentación sobre el tema, así como de las instituciones financieras. En Egipto y Roma ya se hacían transacciones utilizando monedas, también se otorgaban créditos principalmente para el financiamiento de guerras; además se debe mencionar que las monedas más antiguas eran mercancías físicas como un diente de ballenas, caracoles, cacao entre

otros.

En el México prehispánico existían pequeñas comunidades que eran afectadas por las constantes guerras y saqueos; por este motivo, no existían los servicios financieros. Además, no era necesario tener un sistema muy complejo, ellos utilizaban el sistema de trueque, aunque en algunas civilizaciones prehispánicas ya tenía equivalencias en los productos; por ejemplo, una cantidad de frijoles tenía menos valor que la misma cantidad de maíz, debido a que el maíz se podía utilizar en varios derivados; otras civilizaciones, utilizaban el cacao como moneda. Es importante mencionar que no solo se necesita un sistema monetario para construir un sistema financiero, según las definiciones mencionadas con anterioridad se necesitan alguna institución y/o individuo que realice la intermediación de los recursos, cosa que no existía en esos momentos. Entonces para hablar de un sistema financiero en América se debe empezar desde la llegada de los europeos al nuevo continente; en particular, sobre del sistema financiero mexicano, este inicio con la llegada de los españoles a la Nueva España, provocando el crecimiento en la población; además de los intercambios comerciales entre la Nueva España y el Viejo Continente. Por lo anterior se eliminó el sistema de trueque y se implanto un sistema monetario respaldado con metales preciosos.

El primer indicio de una institución financiera en la Nueva España fue por mandato real, Hernán Cortez fundió el oro que se tenía almacenado en un templo, para la creación de monedas, lo que se podría describir como el primer intento de una casa de moneda, la primera casa de moneda del nuevo continente tuvo lugar en el año 1535, donde actualmente es El Monte de Piedad en las calles del centro histórico.

Luego de esto, se establecieron pequeños bancos donde su vida no fue muy larga derivado del acelerado crecimiento de la población y de la necesidad de apoyos financieros, principalmente de la corona española para financiar las guerras imperiales, estas instituciones se regulaban con el marco regulatorio de España.

Los primeros indicios de bancos en la Nueva España estaban seguidos por las primeras aseguradoras derivado del constante intercambio comercial que existía entre el Europa y el Nuevo Continente mediante transporte marítimo para minimizar las pérdidas ocurridas por la ocurrencia de los riesgos ligados al transporte marítimo como los barcos que se perdían en el mar o por la piratería.

Posterior de la independencia del país muchas cosas cambiaron, pero el crecimiento y desarrollo del sistema financiero mexicano no tuvo un avance importante debido a que el sistema seguía operando muy parecido a la época colonial, uno de los proyectos de aquella época fue la creación del antecedente directo de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, la cual llevaba el nombre de Junta de Crédito. También, Agustín Iturbide emprendió la creación del Gran Banco del Imperio Mexicano cuya tarea sería la emisión de billetes, primer antecedente del Banco de México pero esta propuesta no tuvo el éxito esperado en aquella época.

Enseguida del término de la guerra de independencia, el comercio con España se incrementó y expandió a otros territorios europeos, también existieron nuevos bancos que de igual forma no permanecieron mucho tiempo en operación, con esto se observaban la existencia de problemas financieros y la necesidad de mecanismos de regulación, y esto no se pudo solucionar hasta después de la revolución derivados de las constantes guerras.

Después de algunos años también llegó el seguro de vida e incendio, como el sector asegurador también estaba creciendo se tuvo que regular la actividad, en 1892 se publicó la primera regulación para seguros la ley sobre instituciones de aseguradoras haciendo las tareas de regulador la Secretaria de Hacienda.

Desde que se promulgó la constitución, se buscaba que el sistema bancario girara alrededor de un solo banco, un banco central; así el estado sería el encargado de la emisión de los billetes en el país. La Secretaria de Hacienda y Crédito Público organizó al Banco de México para que realizara esta tarea, con ayuda de la Comisión Nacional Bancaria y de Seguros. Antes de la Revolución Mexicana existían 23 bancos, pero después de la instalación de Banco de México solo quedaron nueve bancos.

Cuando el presidente Álvaro Obregón estaba al poder, una de sus principales tareas fue dar tranquilidad al entorno social, una de sus herramientas era tener el respaldo del gobierno estadounidense; para ello, inicio el pago de la deuda externa que se había detenido años atrás, con ayuda de un impuesto de exportación al petróleo que sería utilizado para pagar dicha deuda.

En el periodo del presidente Plutarco Elías Calles tuvo como proyecto de nación referente al tema de finanzas crear una moneda estable; tener política financiera más acorde con la realidad del país; regresar las propiedades perdidas en procesos armados; poner en marcha el impuesto sobre la renta (ISR) y tener los recursos financieros necesarios para el desarrollo del país; las cuales encargo a el secretario de hacienda Alberto J. Pani.

En este periodo se publicó la Ley General de Sociedades de Seguros la cual mencionaba que solo se podía ser una sociedad anónima o una sociedad mutualista. En este periodo la planeación y estructuración del sistema financiero fue muy importante debido a que dio las bases para el sistema actual.

Durante el periodo del gobierno de Lázaro Cárdenas ya se tenía las bases sustentadas de un sistema financiero, solo existieron nuevas instituciones financieras; así como la publicación de nuevas leyes como la Ley de Instituciones de Seguros y la ley del contrato de seguros en donde se definieron varios conceptos que ya se utilizaban en la práctica como el concepto de reaseguro, entre otros; así como tener un control en las primas que se les cobraba a los asegurados. Otra ley importante promulgada en esa época fue la Ley del Seguro Social para mexicanos.

Para la época posterior a la Segunda Guerra Mundial, en México se empezaron a desarrollar varias instituciones que favorecieron el desarrollo del sistema

financiero. En esta época se prohibió la contratación de seguros con compañías extranjeras dentro del país, además de que la tarea de regular a las compañías aseguradoras se le encargaría a la Comisión de Valores lo que dio origen a la Comisión Nacional Bancaria y de Seguros.

En los años setenta se presentó la fusión de las bolsas de valores de la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara lo que dio origen a la actual bolsa de valores. También se emitieron por primera vez los Certificados de Tesorería de la Federación (CETES) y actualmente la tasa de estos certificados es referencia para varias comparaciones y toma de decisiones.

Para la década de los ochentas, ocurrió un evento que marcó la época, el presidente López Portillo en su último informe de gobierno dijo que se iba a nacionalizar la banca, derivado del decremento de los ingresos derivados por las exportaciones del petróleo y los créditos de bancos internacionales, pero quien tuvo que llevar la administración de este movimiento y ganarse la confianza nuevamente en el sistema el presidente Miguel de la Madrid, sucesor de López Portillo.

En el sexenio del presidente Miguel de la Madrid se tenía dos opciones respecto a la nacionalización de la banca, la primera era revertir lo realizado por su predecesor o apoyar esta idea, tomado la decisión de continuar con el plan de su antecesor. En este periodo las casas de bolsa fueron las opciones de inversión para grandes empresas mientras los bancos pagaban las deudas gubernamentales. También en este periodo se inicia la operación del seguro en moneda extranjera, la Comisión Nacional Bancaria y de Seguros se reconoce como un órgano descentralizado.

Para el sexenio del presidente Carlos Salinas de Gortari, los bancos regresaron al sector privado, además uno de los principales asuntos fue que la deuda pública disminuyera objetivo que se pudo observar desde los primeros meses de su gobierno. Algunos eventos trascendentes durante este sexenio fueron los siguientes, la Comisión Nacional Bancaria y de Seguros se dividió en dos (Comisión Nacional Bancaria y Comisión Nacional de Seguros); se autorizó el reafianzamiento; el sistema de ahorro para el retiro se modifica para cuentas individuales que empezó su funcionamiento años después; entra en vigor el Tratado de Libre Comercio (TLC); Banco de México se convierte en un órgano autónomo.

Para el sexenio de Ernesto Zedillo no existieron cambios importantes en el sistema financiero ya que se dio continuidad al plan de su predecesor, poca dependencia de los mercados financieros del gobierno y mantener el proceso de globalización para esto se estableció regulación para evitar tener crisis financieras, pero no funcionó y se tuvo la crisis bancaria en este periodo.

También en este periodo se estableció el objetivo de inflación del 3 % vigente a la fecha además de la incorporación de Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (Condusef) y el Instituto para la Protección del Ahorro Bancario (IPAB); así como los proveedores de precios.

Durante el sexenio de Vicente Fox, se interrumpió más de 70 años de continuidad del Partido Revolucionario Institucional (PRI), en este periodo se realizaron transacciones de bancos importantes como la venta de Banamex a Citybank o la compra de Bital por parte de HSBC.

En materia de seguro en este periodo se estableció el Comité de Riesgos en las compañías aseguradoras para una Administración Integral de Riesgos adecuada también se clásicos los riesgos inherentes a la operación, además de la aplicación de una reforma en la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros donde se indicaba que se debía tener un monto mínimo para invertirlo en el corto plazo para tener liquidez en las inversiones. Por otra parte, se permitió que las aseguradoras y afianzadoras pudieran ser parte de un grupo financiero.

Para el siguiente periodo de gobierno se mantuvo el Partido Acción Nacional (PAN) en el poder con Felipe Calderón. En este sexenio, hubo poco movimiento en el sistema financiero, un aporte importante al sistema relacionado con algún tema actuarial fue la aplicación de una reforma a la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro para tener un mayor control en las Administradoras de Fondos para el Retiro (Afores).

En el sexenio siguiente, regreso al poder el Partido Revolucionario Institucional con Enrique Peña Nieto. En este sexenio existió una reforma financiera que se basó en cuatro pilares: 1) impulsar la competencia en el sector financiero; 2) promover el crédito a través de la banca de desarrollo; 3) desarrollar el crédito a través de instituciones privadas además de dar solidez; 4) prudencial sistema financiero. Además de ser pioneros en la implementación de Basilea III y ser el primer país con la implantación de Solvencia II.

## 1.1. Reguladores del Sistema

A continuación se menciona sobre las entidades que asisten vigilan que el sistema financiero mexicano para que trabaje de manera adecuada para su sano desarrollo; además para que los usuarios del sistema tengan confianza en el mismo, este cuenta con varias instituciones que realizan esta tarea. El siguiente esquema aparecen los reguladores del sistema y también instituciones que cuidan al usuario del sistema.

### **Banco de México**

Como ya se mencionó, a principios del siglo XX se tenían varios tipos de billetes en circulación derivado de que cada banco podía emitir billetes, pero a partir de la constitución de 1917, fue cuando se estableció el único que podía emitir billetes era el gobierno federal pero fue hasta 1925 que el Presidente Plutarco Elías Calles inauguró el Banco Central de México, mejor conocido como Banco de México (Banxico) pero seguía con las tareas principales de cualquier banco solo que a

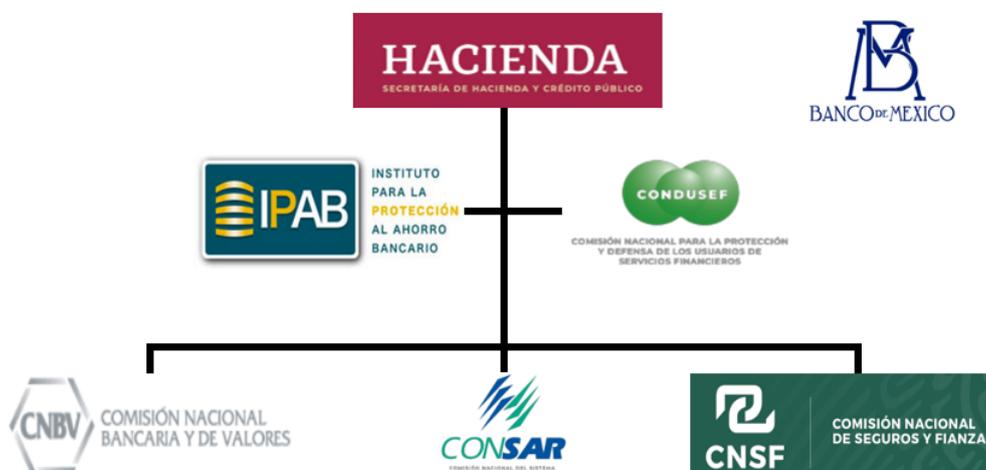


Figura 1.1: Elaboración propia a partir del Libro Sistema Financiero Mexicano

disposición de gobierno federal, daba créditos y se podía emitir billetes sin un control claro. En 1994 fue cuando se le otorgo autonomía, y dejo de financiar la deuda publica Banxico, tiene la facultad de emitir la moneda del país, es decir, provee la moneda nacional y su objetivo principal, establecido en la Constitución vigente, es que esta mantenga su valor, mantener los niveles de inflación, además promueve un sano desarrollo al sistema financiero y de pagos.

### Secretaría de Hacienda y Crédito Público

La primera vez que apareció el término de Secretaria de Hacienda y Crédito Público fue en el año 1853, a partir de este momento empezaron a observar diferencias en varios procesos y tareas para que a través de los años se fueran puliendo las principales tareas de esta Secretaría hasta llegar al actual sistema que se tiene. Esta Secretaria tiene un manual donde se estipulan sus actividades, denominado Manual de Organización General de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, publicado en el Diario Oficial de Federación el 8 de marzo de 2013.

Las principales funciones de esta secretaría es dirigir y controlar la política del Gobierno Federal en materia financiera, fiscal de gasto, ingresos y de deuda pública, con el propósito de consolidar un país con crecimiento económico de calidad, equitativo, incluyente y sostenido, que fortalezca el bienestar de los mexicanos. Además de lo anterior es el principal regulador del sistema financiero mexicano, es importante mencionar que el encargado de esta secretaria pertenece al gabinete presidencial derivado de la importancia que tiene esta secretaria para el desarrollo del país.

### **Instituto para la Protección del Ahorro Bancario**

Hace poco más de 20 años aparece el Instituto para la Protección del Ahorro Bancario, en sustitución de Fondo Bancario de Protección al Ahorro (Fobaproa) que fue creado a inicios de los noventas para poder hacerles frente a las posibles obligaciones económicas, como la falta de liquidez o complicaciones con los créditos proporcionados por el sistema.

Es la institución del Gobierno Federal encargada de administrar el Seguro de Depósitos Bancarios en beneficio y protección de los ahorradores. Su tarea principal es garantizar que los depósitos bancarios de los medianos y pequeños ahorradores y contribuir a la estabilidad del sistema bancario.

El Seguro de Depósitos Bancarios tiene como características fundamentales garantizar hasta por 400 mil UDI's; es decir aproximadamente dos millones y medio de pesos, los depósitos bancarios, de forma automática y gratuita.

En 2014 se le fue otorgado el reconociendo como el Asegurador de Depósitos del Año por la International Association of Deposit Insurers (IADI) el cual es el máximo reconocimiento de la asociación para instituciones de este tipo. (IPAB, 2020)

### **Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros**

En 1999 surge la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF), derivado de una restauración del sistema financiero mexicano derivado de la crisis de los noventas. La Ley de Protección y Defensa al Usuario de Servicios Financieros se publicó un 18 de enero de 1999 y meses después, 19 de abril, empezó la operación de esta comisión.

Al principio, esta comisión no tenía las facultades actuales las cuales llegaron con las reformas financieras del 2014. Actualmente, la comisión busca promover y difundir la educación en materia de transparencia financiera para que los usuarios tomen decisiones con forme los beneficios, costos y riesgos de los productos y servicios ofertados en el sistema; además de proteger sus intereses mediante la supervisión y regulación a las instituciones financieras, así como proporcionarles asesoraría y apoyo en la defensa de sus derechos. (Condusef, 2017)

### **Comisión Nacional Bancaria y de Valores**

Los antecesores de esta comisión empezaron a principios del siglo pasado, como Comisión Nacional Bancaria y después paso a ser Comisión Nacional Bancaria y de Seguros y terminar como Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), con el paso de los años, así como el nombre, fueron cambiando las actividades que realizaba esta comisión.

En 1995, abril 28 se publicó la ley de la CNBV para que el 1 de mayo entrara en vigor, uno de los cambios era unificar la Comisión Nacional Bancaria y

Comisión Nacional de Valores, este es un órgano descentralizado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público que tiene facultades de autorización, regulación, supervisión y sanción sobre varios de los sectores y entidades que conforman al sistema financiero, con el fin de tener una estabilidad, correcto funcionamiento y sano y equilibrado crecimiento.(CNBV, 2018a)

### **Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro**

Derivado de la Ley para la Coordinación de los Sistemas de Ahorro para el Retiro, en donde se estipula la creación de una institución descentralizada de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el 22 de julio de 1994 se creó la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (Consar), fue hasta el 23 de mayo de 1996, cuando en el Diario Oficial de la Federación donde las tareas de regulación del Sistema de Ahorro para el Retiro estaban a cargo de la Consar.

Su tarea principal es regular, coordinar, supervisar y vigilar el Sistema de Ahorro para el Retiro, el cual está formado por las cuentas individuales de los trabajadores que manejan, estas cuentas son derivadas de los cambios regulatorios en la Ley de Seguridad Social, los cuales consistieron en un cambio de enfoque de un sistema solidario a un sistema individual, donde surgieron las Administradoras de Fondos para el Retiro (Afore).

### **Comisión Nacional de Seguros y Fianzas**

El primer antecedente de esta comisión fue la Comisión Nacional de Seguros que aun dependía de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público la cual fue creada el 14 de septiembre de 1946, y ya existían varias compañías aseguradoras, en 1970 se creó la Comisión Nacional Bancaria y de Seguros, juntado las tareas regulatorias en una misma organización. En 1990 se divide en Comisión Nacional Bancaria y Comisión Nacional de Seguros y Fianzas pero seguía dependiendo de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, posteriormente se descentralizo.

Actualmente es un órgano descentralizado de la SHCP, está comisión se encarga de supervisar el apego a la normativa de la operación de los sectores afianzador y asegurador del país, buscando preservar la solvencia y estabilidad financiera de las instituciones de fianzas y seguros, para garantizar que se cumplan con los derechos de los usuarios; además de promover un sano desarrollo de los sectores para extender el alcance de sus servicios a mayor parte de la población.

Con las explicaciones anteriores, sobre las principales tareas para los reguladores del sector financiero mexicano, se explicó brevemente cuáles son los principales reguladores del sistema financiero mexicano. En este sistema se encuentran las compañías aseguradoras.

## 1.2. Entidades Operativas

Ya se mencionaron los órganos reguladores del sistema financiero. Ahora en esta sección se abordará el tema de las entidades que operan en el sistema financiero mexicano, para no solo tener en mente a los bancos cuando se cuestione sobre los participantes del sistema financiero y se pueda dar una respuesta más amplia al cuestionamiento.

Las entidades operativas son aquellas que se utilizan como intermediarios entre las entidades o personas con necesidades de capital y las que tienen un excedente de capital para sus obligaciones y así se presenta el intercambio de recursos financieros.

### **Banca de Desarrollo**

La banca de desarrollo como banca de administración pública, siendo entidades nacionales de crédito. Su objetivo principal de esta banca es hacer más sencillo el acceso al financiamiento y ahorro a personas físicas o morales, además brindarles una capacitación y asistencia técnica. (CNBV, 2018c)

### **Instituciones de Banca Múltiple**

La banca múltiple es la institución de intermediación entre las personas que realizan depósitos por excedentes de liquidez, utilizados para realizar préstamos para personas con necesidades financieras, además de los anterior también brinda los servicios participantes en el sistema financiero mexicano. (CNBV, 2018c)

**Almacenes Generales de Depósito** Los Almacenes Generales de Depósito como *“aquellas entidades que tienen por objeto el almacenamiento, guarda o conservación, manejo, control, distribución o comercialización de bienes o mercancías bajo su custodia o que se encuentren en tránsito, amparados por certificados de depósito y el otorgamiento de financiamientos con garantía de los mismos. También pueden realizar procesos de incorporación de valor agregado, así como la transformación, reparación y ensamble de las mercancías depositadas con el fin de aumentar su valor, sin variar esencialmente su naturaleza. Sólo los almacenes generales de depósito están facultados para expedir certificados de depósito y bonos de prenda”*. (CNBV, 2018c)

### **Arrendadoras Financieras**

Las arrendadoras financieras *“son instituciones financieras especializadas, autorizadas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, para realizar fundamentalmente operaciones de arrendamiento financiero, en las cuales, por virtud del contrato de arrendamiento financiero, la arrendadora financiera se obliga a adquirir determinados bienes y a conceder su uso o goce temporal, a plazo forzoso, a una persona física o moral, obligándose está a pagar como contraprestación,*

*que se liquidaría en pagos parciales, según se convenga, una cantidad en dinero determinada o determinable, que cubra el valor de adquisición de los bienes, las cargas financieras y los demás accesorios, y adoptar al vencimiento del contrato.”(CNBV, 2018c)*

### **Empresas de Factoraje Financiero**

*“Fueron instituciones financieras especializadas, autorizadas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, para adquirir de sus clientes derechos de crédito a favor de estos últimos relacionados a la proveeduría de bienes o servicios, pactándose dicha operación en un contrato de factoraje. La Empresa de Factoraje Financiero conviene con el cliente adquirir derechos de crédito que este tenga a su favor por un precio determinado, en moneda nacional o extranjera, con independencia de la fecha y la forma en que se pague.” (CNBV, 2016)*

### **Casas de Cambio**

Las casas de cambio según las definiciones dada en el glosario de CNBV *“son las organizaciones privadas que la Ley General de Organizaciones y Actividades Auxiliares del Crédito faculta, cuyo objeto social es exclusivamente la realización de compra, venta y cambio de divisas; billetes y piezas metálicas nacionales o extranjeras, que no tengan curso legal en el país de emisión.”(CNBV, 2018c)*

### **Sociedades Financieras de Objeto Múltiple**

Sociedades Financieras de Objeto Múltiple (Sofomes) También es una sociedad anónima registrada en Condusef, cuyo objeto es otorgar créditos o la celebración de arrendamientos financieros y operaciones de factoraje, existen de dos tipos reguladas y las no reguladas. (CNBV, 2015c)

### **Fondos de Inversión**

Los fondos de inversión son instrumentos de inversión generalmente dirigidos a pequeños y medianos inversionistas, que tienen por objeto invertir en instrumentos financieros. Los fondos de inversión son administrados por expertos en la materia, con la finalidad de generar rendimientos a través de la inversión en carteras diversificadas. (CNBV, 2015b)

### **Casas de Bolsa**

Las casas de bolsa se definen como *“instituciones financieras que administran el ahorro de las personas y lo invierten en instrumentos, como acciones de empresas o bonos públicos y privados mediante operaciones bursátiles. Las casas de bolsa están reguladas por la Ley del Mercado de Valores (LMV), pudiendo realizar las operaciones establecidas en el artículo 171 de dicha Ley”.* (CNBV, 2018c)

**Administradoras de Fondos para el Retiro**

*“Las administradoras son entidades financieras que se dedican de manera habitual y profesional a administrar las cuentas individuales”.* (Consar, 2020)

**Sociedades de Inversión Especializadas de Fondos para el Retiro**

*“Las sociedades de inversión, administradas y operadas por las administradoras, tienen por objeto invertir los recursos provenientes de las cuentas individuales que reciban.”*(Consar, 2020)

**Instituciones de Seguros**

Además de las definiciones que mencionaron en la primera parte del capítulo, la CNBV define a las instituciones de seguros como *“institución financiera organizada como sociedad anónima de capital fijo o variable que requiere de la autorización de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, para funcionar como institución o sociedad mutualista de seguros, y es supervisada por la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas. Es una empresa que se dedica a conceder préstamos financieros para cubrir económicamente los riesgos a los que puede estar sujeta la salud o los bienes de una persona física o moral”.* (CNBV, 2018c)

**Instituciones de Fianzas**

La CNBV define a las instituciones de fianzas como *“institución financiera organizada como sociedad anónima de capital fijo o variable que requiere de la autorización de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, para expedir fianzas de manera habitual mediante el cobro de una contraprestación económica, y es supervisada por la comisión Nacional de Seguros y Fianzas”.* (CNBV, 2018c)

**Fondos de Aseguramiento Agropecuario y Rural**

Un fondo de aseguramiento agropecuario y rural, es *“una asociación de productores agrícolas y/o ganaderos o de personas con nacionalidad mexicana que tengan su residencia en el medio rural, que tienen por objeto ofrecer protección mutualista y solidaria a sus socios a través de operaciones de seguros y coaseguros.”*(Agrosamex, s.f.)

### 1.3. Entidades de apoyo

Como se mencionó anteriormente en el sistema financiero mexicano además de los reguladores existen instituciones que apoyan al sistema, a continuación se mencionan cuáles son, así como una breve explicación de su participación en el sistema financiero mexicano.

**Bolsa Mexicana de Valores.**

Es la Institución sede del mercado mexicano de valores y responsable de proporcionar la infraestructura, la supervisión y los servicios necesarios para la realización de los procesos de emisión, colocación e intercambio de valores y títulos inscritos en el Registro Nacional de Valores (RNV), y de otros instrumentos financieros. Así mismo, hace pública la información bursátil, realiza el manejo administrativo de las operaciones y transmite la información respectiva a S.D. Indeval, supervisa las actividades de las empresas emisoras y casas de bolsa, en cuanto al estricto apego a las disposiciones aplicable, y fomenta la expansión y competitividad del mercado de valores mexicanos. (BMV, 2015)

**Calificadoras de Valores.**

Son entidades, autorizadas por la CNBV para organizarse, operar y prestar servicios sobre el estudio, análisis, opinión, evaluación y dictaminación de la calidad crediticia de una entidad o una emisión.

De esta forma, la actividad de proveer servicios de calificación a valores recae exclusivamente en las instituciones autorizadas por esta Comisión, la cual se otorga a sociedades anónimas organizadas de conformidad con la Ley del Mercado de Valores y las Disposiciones de Carácter General Aplicables a las Instituciones Calificadora de Valores y, en lo no previsto por estas, en lo dispuesto en la Ley General de Sociedades Mercantiles.

Estas instituciones tendrán disponible en su página de internet, entre otros documentos, el significado y alcance de sus calificaciones, los códigos de conducta que rigen su actuación, así como las metodologías en que se basan sus estudios y análisis de la calidad crediticia de las entidades o emisores.

Las calificaciones son una opinión sobre la calidad crediticia de la entidad o emisión y de ninguna forma refieren a una recomendación sobre la compra o venta de un determinado valor. (CNBV, 2015a)

**Proveedor de Precios.**

Aquella persona moral cuyo objeto social sea exclusivamente la prestación habitual y profesional del servicio de cálculo, determinación y proveeduría o suministro de precios actualizados para valuación de valores, documentos e instrumentos financieros. La transmisión o difusión de cualquier tipo de precios respecto de valores, documentos e instrumentos financieros, por medios electrónicos, de telecomunicación o impresos, no se considerará como proveeduría o suministro de precios. (CNBV, 1999)

Como se vio en este capítulo el sistema financiero mexicano no es algo nuevo paso mucho tiempo para poder llegar al sistema actual, los seguros son parte de

este sistema, por ello es la importancia de su estudio ya que si existe un buen desarrollo del sistema seguramente el desarrollo del país será muy bueno.

## Capítulo 2

# Mercado Asegurador Mexicano

### 2.1. Conceptos básicos

A continuación, se describen los conceptos que se utilizan en sistema asegurador, por ello se considera que un término común que viene a la mente cuando se habla de un seguro es el concepto de prima, este concepto que se definirá a continuación. La primera definición que se utiliza como referencia es la siguiente:

*“Generalmente, prima es sinónimo de precio. Aportación económica que ha de satisfacer el contratante o asegurado a la entidad aseguradora en concepto de contraprestación por la cobertura de riesgo que este le ofrece. Desde un punto de vista jurídico, es el elemento real más importante del contrato de seguro, porque su naturaleza, constitución y finalidad lo hacen ser esencial y típico de dicho contrato. Técnicamente, es el coste de la probabilidad media teórica de que haya siniestro de una determinada clase. [...] la prima debe ser proporcional, entre otros aspectos, a la duración del seguro, al mayor o menor grado de probabilidad del siniestro, a su posible intensidad o coste y, naturalmente, a la suma asegurada. Un análisis más detenido del ejemplo anterior lleva a la consecuencia de que la prima no puede ser equivalente al riesgo, sino proporcional, porque el pago de la indemnización depende de un acontecimiento fortuito, que sucederá o no, y cuya cuantía se desconoce a priori. Por otra parte, el asegurador no se limita a cobrar del asegurado el precio teórico medio de esa probabilidad (prima pura o de riesgo), sino que ha de gravarla con una serie de recargos, tales como; Gastos de administración, gastos de adquisición, gastos de redistribución de riesgos o recargo comercial” (Mapfre, 2016)*

La siguiente definición que se observa se obtiene del diccionario de la Real Academia de la Lengua Española define a la prima en ámbito de seguros como: *“Precio que el asegurado paga periódicamente al asegurador”*. (Española, 2001)

La definición que se plantea en el presente trabajo será, que la prima es la con-

traprestación del seguro, es decir, la cantidad que tiene que pagar el contratante, en este caso asegurado, para contar con la protección que otorga el contrato de seguro a través de la aseguradora.

La prima representa el dinero necesario para que la aseguradora pueda pagar los siniestros que se presenten, los gastos de administración y adquisición que tengan que atender todos los tramites que implican la administración de la póliza, comisiones a agentes y promotores, cuando los hay, bonos, premios y convenciones o congresos, e incluye un margen por concepto de la utilidad que la aseguradora espera obtener, además de ser un indicador de mercado.

Al hablar de primas existen varios tipos de primas las que se mencionaran a continuación:

**Prima directa:** Es la prima correspondiente a los negocios en donde la aseguradora otorga el seguro directamente a los contratantes.

**Prima por reaseguro tomado:** Es la prima correspondiente a los negocios en donde la aseguradora otorga cobertura de reaseguro a otra compañía de seguros, que a su vez otorgó la cobertura directamente al contratante u otorgó una cobertura de reaseguro a otra aseguradora.

**Prima cedida:** Es la prima que se transfiere al reasegurador por la cobertura de reaseguro.

**Prima retrocedida:** Es la prima pactada en el contrato de reaseguro entre dos compañías reaseguradoras, mediante el cual uno de ellos (retrocedente) cede al otro (retrocesionario o reasegurador) parte de los riesgos que previamente tiene aceptados en reaseguro.

**Prima de riesgo:** Es la prima destinada a cubrir los siniestros que se esperara que ocurran en el periodo de cobertura de la póliza.

**Prima de tarifa:** Es la prima en unidades monetarias que se obtiene directamente de aplicar a tarifa establecida en la nota técnica del producto de seguro en cuestión.

**Prima neta:** Es la prima que aparece en los recibos que la aseguradora extiende para ser pagados por el contratante antes de agregar gastos de expedición conocidos como derechos de póliza, recargos por pagos fraccionado e impuestos. Esta prima resulta de la tarifa vigente una vez considerandos recargos y descuentos técnicos.

**Prima total:** Es la prima al cobro que aparece en los recibos que la aseguradora extiende para ser pagados por el contratante una vez agregados gastos de expedición, recargos por pago fraccionado e impuestos.

**Prima fraccionada:** Es la prima que corresponde a la parcialidad negociada entre la aseguradora y el contratante. La prima inicialmente, se calcula anual y si el contratante y la aseguradora así lo convienen, puede ser pagada en parcialidades en tanto el contratante cubra el recargo que la aseguradora haya establecido. Las parcialidades más usuales son semestral, trimestral y mensual.

**Prima diferida:** Es la prima que corresponde a las parcialidades de prima anual cuyo inicio de vigencia son posteriores a la fecha en que se calcula este tipo de prima.

**Prima anualizada:** Cuando la prima se paga en parcialidades, la suma de estas constituye la prima anualizada. Dado que esta prima incluye recargos por pago en parcialidades, es mayor que la prima anual inicialmente calculada.

**Prima devengada:** Toda prima corresponde a un periodo de cobertura y por lo tanto, cuando se está en algún momento intermedio ya ha transcurrido un plazo y queda otro por transcurrir, de tal manera que la acumulación de ambos constituye el periodo total. La prima correspondiente al periodo trascurrido se conoce como prima devengada. Esta prima empieza en ceros y va creciendo a medida que transcurre el tiempo hasta llegar a un máximo que representa la prima del periodo total. Como esta prima es un elemento importante para el cálculo de reservas vamos a presentar un ejemplo.

### Ejemplo

Se tiene una póliza anual con inicio de vigencia el 3 de junio del 2019 y termino de vigencia el 3 de junio del 2020, con una prima de \$ 13,500 y se desea saber el monto de prima devengada el 31 de enero del 2020.

Prima Devengada = Prima \* Factor de devengamiento

$$= Prima * \min \left( 1, \max \left( 0, \frac{\text{Fecha a devengar} - \text{Fecha Inicio}}{\text{Fecha Fin} - \text{Fecha Inicio}} \right) \right)$$

Donde:

*Prima := Monto cobrado al asegurado*

*Factor de devengamiento := Debe es numero entre 0 y 1*

*Fecha Inicio := Inicio de vigencia de la póliza*

*Fecha Fin := Fin de vigencia de la póliza*

*Fecha a devengar := Fecha en la que se desea saber el devengamiento*

Resolviendo el ejemplo se tiene,

Prima Devengada = Prima \* Factor de devengamiento

$$\begin{aligned} &= Prima * \min \left( 1, \max \left( 0, \frac{\text{Fecha a devengar} - \text{Fecha Inicio}}{\text{Fecha Fin} - \text{Fecha Inicio}} \right) \right) \\ &= 13,500 * \min \left( 1, \max \left( 0, \frac{03/02/2020 - 03/06/2020}{03/06/2020 - 03/06/2019} \right) \right) \\ &= 13,500 * \frac{254}{366} \\ &= 9,036,88 \end{aligned}$$

La prima devengada para esta póliza es de \$ 9,036.88

**Prima no devengada:** A diferencia de la anterior, esta prima corresponde al plazo por transcurrir y de ahí su nombre. Esta prima empieza con un valor máximo igual a la prima del periodo total y disminuye con el paso del tiempo hasta quedar en ceros. Como esta prima es un elemento importante para el cálculo de reservas vamos a presentar un ejemplo.

### *Ejemplo*

Se tiene una póliza anual con inicio de vigencia el 3 de junio del 2019 y termino de vigencia el 3 de junio del 2020, con una prima de \$ 13,500 pesos y se desea saber el monto de prima devengada el 31 de enero del 2020.

Prima Devengada = Prima \* Factor de No devengamiento

$$= Prima * \min \left( 1, \max \left( 0, \frac{\text{Fecha Fin} - \text{Fecha no devengada}}{\text{Fecha Fin} - \text{Fecha Inicio}} \right) \right)$$

Donde:

*Prima := Monto cobrado al asegurado*

*Factor de devengamiento := Debe es numero entre 0 y 1*

*Fecha Inicio := Inicio de vigencia de la póliza*

*Fecha Fin := Fin de vigencia de la póliza*

*Fecha no devengada := Fecha para conocer la prima no devengada*

Resolviendo el ejemplo se tiene,

Prima Devengada = Prima \* Factor de No devengamiento

$$\begin{aligned} &= Prima * \min \left( 1, \max \left( 0, \frac{\text{Fecha Fin} - \text{Fecha no devengada}}{\text{Fecha Fin} - \text{Fecha Inicio}} \right) \right) \\ &= 13,500 * \min \left( 1, \max \left( 0, \frac{03/06/2020 - 03/02/2020}{03/06/2020 - 03/06/2019} \right) \right) \\ &= 13,500 * \frac{121}{366} \\ &= 4,463,11 \end{aligned}$$

La prima no devengada para esta póliza es de \$ 4,463.11. La suma de esta prima mas la prima devengada debe ser igual a la prima pagado por el asegurado.

**Prima nivelada:** Esta prima es usual en los seguros con temporalidad mayor a un año. Se originó en los seguros de vida donde el riesgo cubierto por el seguro es creciente a grado tal, que cuando el riesgo es más alto debido a la edad del asegurado, a este se le dificultaría mucho obtener los ingresos para pagar el costo de protección. Debido a esto, se inició la práctica de fijar una prima que se mantiene igual a lo largo del plazo del seguro. Esta prima implica que, en los primeros años de protección, el asegurado paga una prima por encima de la prima de riesgo del periodo, la cual sería invertida por la aseguradora para que del fondo constituido tome lo necesario, en el futuro cuando la prima de riesgo sería mayor que la prima nivelada.

**Prima de ahorro:** Es la parte de la prima que el contratante cubre y que no se consume por el plazo transcurrido, sino que acumula para cubrir el costo de la cobertura correspondiente al plazo futuro. Esta prima constituye la reserva matemática de los seguros de vida de plazo mayor a un año.

**Prima extra (Extraprima):** Es un concepto muy usual en el seguro de vida y corresponde a la prima extra que debe pagar el contratante por el riesgo extraordinario al que el asegurado está expuesto por su condición de salud, por su ocupación laboral o sus actividades recreativas.

**Prima emitida:** Es la prima que se va contabilizando como ingreso como consecuencia del proceso de emisión de las pólizas, y queda registrada en el deudor por prima a la espera del pago correspondiente o de la cancelación por falta de pago por parte del contratante de la póliza.

**Prima pagada:** Es la prima que, derivada del proceso de aplicación de pagos que realiza el área de cobranzas, va cancelando el deudor por prima; el deudor por prima se deberá considerar como la porción de prima emitida registrada que sería pagada en plazos.

**Prima cancelada:** Partiendo de que la prima emitida sea siempre para que el contratante la pague, la cancelación de prima puede hacerse mediante un endoso que devuelva prima al contratante. Podría darse el caso de que la prima emitida sea negativa, es decir, que se devuelve prima al contratante entonces la cancelación de prima implicará que la debe pagar el contratante.

**Prima rehabilitada:** Es la prima que deja sin efecto su cancelación del deudor por prima.

**Prima suficiente:** Este concepto está asociado al proceso de suscripción dentro del cual se determina el monto adecuado que se debe cobrar para que la aseguradora puede cumplir con las obligaciones que asumió bajo el contrato de seguro, incluyendo un margen razonable de utilidad.

Ahora que se sabe un poco más del concepto de prima y algunas de sus variedades, vamos a definir el concepto de asegurado y asegurador.

La primera definición de la que se hará mención sería la del Diccionario Mapfre y después se mencionaría la definición que contempla la Real Academia de la

Lengua Española, el asegurado es *“la persona que en sí misma o en sus bienes o intereses económicos está expuesta al riesgo. [...] , en sentido amplio, asegurado es quien suscribe la póliza con la entidad aseguradora, comprometiéndose al pago de las primas estipuladas y teniendo derecho al cobro de las indemnizaciones que se produzcan a consecuencia de siniestro. O protegido de las consecuencias de un riesgo mediante un seguro.”*(Mapfre, 2016)

En el diccionario de la lengua española define al asegurado como *“Protegido de las consecuencias de un riesgo mediante un seguro”*(Española, 2001). Entonces la definición que plantea este trabajo es la siguiente, el asegurado es el individuo que se compromete a pagar un monto en cambio de ser protegido contra cualquier adversidad sobre sus bienes.

A continuación, se presentan las siguientes definiciones del concepto de asegurador, la primera definición es tomada del diccionario Mapfre y dice lo siguiente: *“Es la entidad que, mediante la formalización de un contrato de seguro, asume las consecuencias dañosas producidas por la realización del evento cuyo riesgo es objeto de cobertura”*. (Mapfre, 2016)

La siguiente definición fue tomada del diccionario de la Real Academia de la Lengua Española y lo define de la siguiente manera: *“Dicho de una persona o de una compañía; Que asegura a una persona o a una empresa de las consecuencias de un riesgo mediante un seguro”*. (Española, 2001)

De las definiciones mencionadas anteriormente se definiría en el presente trabajo al asegurador como el ente que se compromete a cubrir el riesgo a cambio del pago de una prima.

Continuando con las definiciones, seguimos con el concepto de cobertura, el cual está definido en el diccionario Mapfre como *Obligación principal del asegurador en un contrato de seguro, consistente en hacerse cargo, hasta el límite de la suma asegurada, de las consecuencias económicas que se deriven de un siniestro*(Mapfre, 2016).

La siguiente definición se obtuvo del diccionario de la lengua española el cual define la palabra cobertura como *“prevenirse de una responsabilidad”*(Española, 2001) entonces se define el concepto de cobertura como el compromiso del asegurador ante el asegurado de resarcir las consecuencias de un siniestros teniendo como limite la suma asegurada.

La última de las definiciones que se consideran como básicas en el ámbito asegurador, entre otros tantos donde el actuario puede utilizar sus herramientas, es la palabra Riesgo, aunque aquí la mencionamos al último se debería considerar como la más importante ya que de esta palabra de derivan las definiciones anteriores; sin el concepto de riesgo no existiría el seguro. Para esta palabra existen varias definiciones que a se mostraran a continuación, *“la posibilidad de experimentar ciertos eventos de interés y las consecuencias derivadas de dichos eventos. Los riesgos pueden tener sentido positivo o negativo, pero en general tienen una*

*connotación de pérdida.* (Rincón, 2012)

La siguiente definición es tomada desde el Diccionario Mapfre donde se define de la siguiente manera a la palabra riesgo: “*objeto asegurado*”(Mapfre, 2016). o “*posible ocurrencia por azar de un acontecimiento que produce una necesidad económica y cuya aparición real o existencia se previene y garantiza en la póliza y obliga al asegurador a efectuar la prestación, normalmente indemnización*”(Mapfre, 2016), esta última definición se encuentra más orientada al sector asegurador, también en esta definición menciona que para que un riesgo exista debe tener las siguientes características:

Aleatorio: Sobre el riesgo debe haber una incertidumbre, ya que si de ante mano se conoce su existencia haría desaparecer la aleatoriedad y este es un principio básico de un seguro como se mencionó anteriormente.

- **Posible:** Debe existir la posibilidad de ocurrencia del riesgo.
- **Concreto:** Estar bien definido desde un inicio el alcance del seguro.
- **Lícito:** No debe contraponer las legislaciones vigentes.
- **Fortuito:** El acto debe ser un acto o acontecimiento ajeno a la voluntad humana
- **Contenido económico:** Debe producir una necesidad económica.

Las definiciones que aparecen el diccionario de la Real Academia de la lengua española para la palabra riesgo son las siguientes, “*Contingencia o proximidad de un daño.*”(Española, 2001) o “*Cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro.*”(Española, 2001). De las definiciones anteriores podemos definir al riesgo como la posibilidad más no la seguridad de que algún evento ocurra.

## 2.2. Definición de los seguros

En la sección anterior ya se definieron los conceptos de prima, asegurador, asegurado, cobertura y riesgo. En esta sección se abordará el concepto de seguro. La primer definición es la siguiente: “*Contrato por el que alguien se obliga mediante el cobro de una prima a indemnizar el daño producido a otra persona, o a satisfacerle un capital, una renta u otras prestaciones convenidas.*”(Española, 2001)

Este término también se define en la regulación mexicana en la Ley sobre el Contrato de Seguro en su primer artículo, de la siguiente manera: “*Por el contrato de seguro, la empresa aseguradora se obliga, mediante una prima, a resarcir un*

*daño o a pagar una suma de dinero al verificarse la eventualidad prevista en el contrato*". (CNSF, 1935)

Los seguros no son productos financieros exclusivos de México, por lo anterior el concepto se maneja en Latinoamérica, por ejemplo, *"Toda transacción comercial, basada en convenio o contrato por el cual una parte denominada asegurador o fiador se obliga a indemnizar a otra parte denominada tomador o asegurado, o a una tercera persona denominada beneficiario, por daño, perjuicio o pérdida causada por algún azar, accidente, o peligro especificado o indicado a la persona, intereses o bienes de la segunda parte contratante, su beneficiario, su cesionario, su causahabiente o similar, a cambio del pago de una suma estipulada"*. (BACCN, 2013)

La última definición es la siguiente: *"Un mecanismo cooperativo para dispersar la pérdida causada por un particular riesgo entre varias personas que estén expuestas a él"*. (Mishra y Mishra, 2016)

De las definiciones anteriores se definirá el concepto de seguro como el contrato entre dos personas, asegurador y asegurado, donde el asegurador se obliga mediante el cobro de una prima a resarcir causado por la realización del riesgo asegurado y el asegurado se obliga al pago de una prima para resarcir la posible realización del riesgo asegurable cubierto derivado del contrato.

Un contrato de seguro debe ser aleatorio, fortuito, posible y con contenido económico.

Con lo anterior se termina de describir los términos mínimos y necesarios para comprender el concepto de un seguro que a continuación se ilustra con un diagrama.

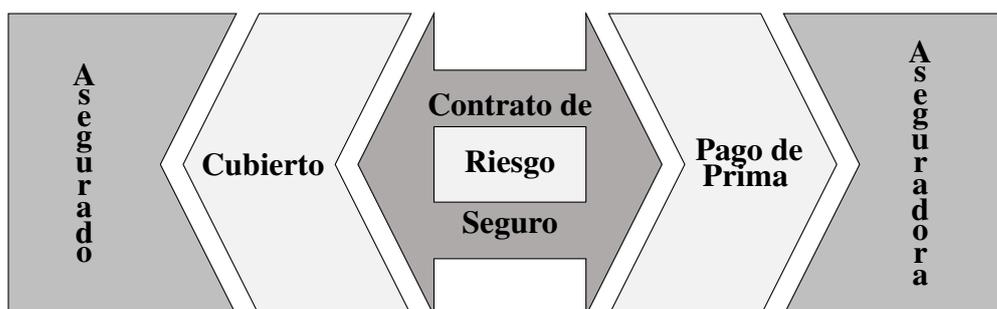


Figura 2.1: Elaboración propia

El diagrama anterior muestra la relación que existe entre los conceptos definidos anteriormente, el asegurado al tener un contrato de seguro que cubre el riesgo a cambio de un pago de prima a la aseguradora y la aseguradora al recibir el pago de prima del contrato, se compromete a cubrir el riesgo del asegurado.

### **2.3. Antecedentes de los seguros**

El seguro no es una actividad nueva en el país, o el mundo, es una actividad que ya existía hace varios siglos en un principio no se tenía bien definido el concepto del seguro, pero el principio de subsanar las pérdidas por la ocurrencia de un riesgo ya se tenía prevista en grandes civilizaciones antiguas como la egipcia, griega, romana e hindú. En Babilonia incluso en el código Hammurabi también se menciona este principio del seguro.

Los seguros empezaron a tener mayor popularidad con el crecimiento y desarrollo de la exploración marítima de los países de Europa, derivado de la frecuencia de ataques por parte de piratas o barcos que se perdían en el mar tenían que reducir las pérdidas ocasionadas por estos acontecimientos; por ello se reunieron los mercaderes para organizarse y empezar a crear los primeros antecedentes del seguro.

En México antes de la época colonial, la cultura Maya o Chichimeca, tenían prevista la aplicación del principio de un seguro, aún sin definirlo de alguna manera formal, ellos presentaban situaciones de indemnizaciones o de pago de deudas. En la cultura chichimeca se tenía contemplado una previsión en caso de muerte expandiéndose a los familiares o manutención de guerreros inhabilitados por causa referente al servicio público.

Por ejemplo, en caso de un homicidio el culpable podía quedar como esclavo de los afectados o bien pagarle una cantidad considerable de cosas preciosas.

Tratándose de un incendio el culpable intencional del incendio ya sea de la cosecha o casas, podía ser castigado con la muerte o con la reposición de la pérdida según lo que establezca el juez.

Con la llegada de los españoles a la Nueva España una de las imposiciones a su nuevo territorio fue tanto el concepto de seguro que ellos ya lo tenían más arraigado, derivado de sus exploraciones marítimas, como su legislación referente a este tema. Los primeros seguros en operar en México fueron los marítimos por el constante intercambio comercial entre el Nueva España y el viejo continente.

Después llegó el seguro de vida y de incendio, con el paso de años las necesidades del mercado fueron obligando a cambiar los seguros existentes y a crear nuevos hasta llegar a los que actualmente se comercializan para satisfacer las necesidades del mercado.

### **2.4. Clasificación de los seguros**

En el presente trabajo se considera la clasificación como seguros de vida, seguros accidentes y enfermedades y seguros de daños; además es importante resaltar que dentro de cada una de estas clasificaciones existen diferentes tipos de seguro

que a continuación mencionaremos, al menos los que se menciona en la regulación mexicana, además de una breve explicación sobre cada uno de los tipos de seguro.

### 2.4.1. Seguros de vida

El primer segmento del que vamos a describir sería el de seguros de vida; estos seguros son un instrumento financiero en donde se transfiere fundamentalmente el riesgo de muerte, aunque es posible considerar alguna otra contingencia como la invalidez; actualmente inclusive funciona para financiar la educación de hijos u obtener beneficios financieros. Dentro de los seguros de vida existe una clasificación, existen los ordinarios, temporales, dotales, de inversión entre algunas modificaciones de los anteriores.

El *seguro ordinario de vida*, cubre los riesgos que puedan afectar la existencia del asegurado, en el caso de ocurrencia del riesgo se debe pagar la suma asegurada acordada a los beneficiarios después del fallecimiento del asegurado, siempre y cuando el asegurado pague la prima establecida en este contrato el pago de prima puede ser de manera vitalicia, desde el inicio del contrato hasta la muerte del asegurado o por un tiempo definido desde el inicio del contrato hasta un punto de tiempo definido.

El *seguro temporal de vida*, cubre los riesgos que puedan afectar la existencia del asegurado, en el caso de ocurrencia del riesgo se debe pagar la suma asegurada acordada a los beneficiarios después del fallecimiento del asegurado, pero en caso de la sobrevivencia al termino del seguro este se da por terminado, la principal diferencia entre este tipo de seguros y los ordinarios de vida es que este seguro solo cubre el riesgo un tiempo limitado no de manera vitalicia.

El *seguro dotal*, cubre los riesgos que puedan afectar la existencia del asegurado, además de la sobrevivencia, en caso de ocurrencia del riesgo de fallecimiento se debe pagar la suma asegurada acordada a los beneficiarios después del fallecimiento del asegurado pero en caso de sobrevivencia se debe pagar al asegurado la suma asegurada acordada en el contrato, la diferencia de éste seguro con los anteriores es que este da la suma asegurada en caso de sobrevivencia y fallecimiento, en cambio los anteriores solo te lo dan en caso de sobrevivencia.

Además de los seguros anteriores existen las combinaciones o modificaciones a los mismos, pero en esencia los seguros básicos que existen.

### 2.4.2. Accidentes y enfermedades

Además de los seguros de vida existen los de no vida y estos se pueden encontrar los de gastos médicos y daños, como lo dice su nombre cubren

riesgos diferentes al fallecimiento del asegurado a continuación se mencionarán los tipos de seguros que se mencionan en la regulación mexicana de seguros.

Los *seguros de accidentes personales*, el propósito de estos seguros es resarcir los daños y pérdidas económicas derivado de una lesión o incapacidad que afecte la integridad del asegurado por causa de algún evento externo, violento, súbito y fortuito.

Los *seguros de gastos médicos*, son aquellos que tienen como propósito resarcir daños y pérdidas económicas derivadas de los gastos médicos y hospitalarios que sean necesarios para la recuperación de salud o vigor vital del asegurado a causa de un accidente o enfermedad.

Para los *seguros de salud*, son aquellos que tienen como propósito resarcir daños y pérdidas económicas derivados de prevenir enfermedades o recuperar la salud del asegurado, a través de acciones benéficas para el asegurado.

### 2.4.3. Daños

Para los *seguros de responsabilidad civil y riesgos profesionales*, son aquellos que tienen como propósito resarcir los daños y pérdidas económicas derivados del pago de una indemnización que el asegurado tenga que pagar derivado de un daño previsto en el contrato de seguro.

Para los *seguros de marítimo y transporte*, son aquellos que tienen como propósito resarcir los daños y pérdidas económicas derivados del pago de indemnizaciones causadas por daños que tengan los semovientes o muebles en el traslado. También se pueden asegurar los cascos de las aeronaves o embarcaciones.

Para los *seguros de incendio*, son aquellos que tienen como propósito resarcir los daños y pérdidas económicas derivados de la indemnización provocados por algún incendio, fulminación, explosión u otro accidente de la misma índole.

Para los *seguros agrícolas y de animales*, son aquellos que tienen como propósito resarcir los daños y pérdidas económicas derivados de muerte, daños o pérdida de animales o alguna merma en los productos de la tierra.

Para los *seguros de autos*, son aquellos que tienen como propósito resarcirlos daños y pérdidas económicas derivados de daños o pérdida del automóvil, como los daños causados a terceros, además estos seguros se pueden vender en paquete con otras coberturas como las de gastos médicos.

Para los *seguros de crédito*, son aquellos que tienen como propósito resarcir los daños y pérdidas económicas derivados de la indemnización de las pérdidas provocados por la quiebra total o parcial de los acreditados por el asegurado.

Para los *seguros de caución*, son aquellos que tienen como propósito resarcir los daños y pérdidas económicas derivados de daños a su propiedad dentro de límites prestablecidos. La institución podrá solicitar garantías de recuperación al contratante del seguro por el monto pagado.

Para los *seguros de crédito a la vivienda*, son aquellos que tienen como propósito resarcir los daños y pérdidas económicas derivados del incumplimiento de pago por parte de los acreditados de instituciones con operaciones de créditos hipotecarios.

Para los seguros de garantía financiera, que tienen como propósito resarcir los daños y pérdidas económicas derivados del incumplimiento de documentos financieros de oferta pública o de intermediación en mercados de valores como lo establece la Ley de Mercado de Valores.

Para los *seguros de ramos catastróficos*, que tienen como propósito resarcir los daños y pérdidas económicas derivados de daños ocasionados a personas u objetos por la ocurrencia de eventos poco probables como lo son las erupciones volcánicas, terremotos, huracanes y otros riesgos hidrometeorológicos.

Para los seguros de diversos, que tienen como propósito resarcir los daños y pérdidas económicas derivados de daños que no se encuentren cubiertos por los seguros anteriormente descritos.

Las *sociedades mutualistas de seguros o mutualidades*, estas son organizaciones, donde a sus participantes están protegidos ante ciertos riesgos, en otras palabras cubiertos, como la muerte, beneficios de accidentes y enfermedades o la compensación por daños pero estos no otorgan un contrato o póliza para ser cubiertos, además que estas no deben tener fines de lucro la cual es una de las principales diferencias con los contratos de seguros, solo deben cobrar lo necesario para gastos generales derivados que estas sociedades no tienen un sentido lucrativo su sentido es cooperativo y para constituir el fondo para hacer frente a la riesgos, además no contar con una póliza.

Las *fianzas*, las cuales son contratos en el cual se compromete un fiador a respaldar a un deudor ante su acreedor, en caso de que el deudor no cumpla sus obligaciones económicas ante su acreedor, en otras palabras, la fianza sirve para asegurar el cumplimiento de obligaciones. Como se puede observar en la definición anterior en dicho instrumento financiero o contrato participan un fiador, un acreedor y un deudor.

## 2.5. Los seguros en la actualidad en México

Como ya se mencionó anteriormente la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) tiene como principal tarea la supervisión de las instituciones de seguros y fianzas en el país, para evitar que las instituciones tengan problemas de insolvencia y mantengan su estabilidad con el fin de proteger al usuario de los productos de seguros o fianzas de las compañías.

El mercado asegurador mexicano al cierre de diciembre de 2020 se conformaba por 112 instituciones, 102 instituciones de seguros y 10 de fianzas. Consi-

derando todas las instituciones, 56 presentaban capital extranjero mayoritario las cuales contaban con permiso de operar como filiales de instituciones extranjeras y las 56 instituciones restantes presentaban capital nacional mayoritario.

Al término del mes de diciembre del 2020, existían 13 instituciones con permiso de efectuar la operación de vida exclusivamente, 63 con permiso de efectuar la operación con seguros de no vida y 36 que podían operar tanto seguros de vida como de no vida. Además, el mercado cuenta con 36 compañías especializadas.

- 10 Instituciones de Fianzas.
- 7 Instituciones de Seguros de Pensiones Derivadas de las Leyes de Seguridad Social.
- 10 Instituciones de Seguros de Salud.
- 2 Instituciones de Seguros de Crédito a la Vivienda.
- 1 Instituciones de Seguros de Garantía Financiera.
- 6 Instituciones de Seguros de Caución.

La composición de la cartera de seguros y fianzas se compone de la siguiente manera: 41.3 % pertenece a seguros de vida, 17.8 % a seguros de autos, 17 % a seguros de daños sin considerar autos, pero si los seguros de caución, 17.2 % seguros de accidentes y enfermedades, el 4.9 % pensiones y el 1.8 % para las fianzas. La concentración de prima emitida al cierre de diciembre 2020 de poco más del 40 % del mercado se encuentra en 5 compañías, Grupo Nacional Provincial (12.3 %), mejor conocido como GNP, Metlife México (9.6 %), Seguros BBVA Bancomer (7.8 %), Axa Seguros (6.8 %) y Quálitas (5.6 %).

La información que a continuación mencionaremos se obtuvo de la última Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (ENIF) 2018, la cual tiene como objeto medir los niveles de inclusión financiera y con los resultados de esta diseñar de manera más adecuada la política y programas de inclusión financiera en el país. La Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) realizaron la ENIF 2018 y desde 2009 se realiza la ENIF con cooperación de las instituciones participantes del Consejo Nacional de Inclusión.

En la ENIF 2018, se tiene un análisis comparativo, lo cual se obtiene la siguiente información. A partir de datos de Banco Mundial, México se posiciona en el lugar 23 frente a riesgos catastróficos relacionados con desastres naturales, pero el número de seguros en el país sigue estando en niveles bajos.

En el reporte de la encuesta se mencionan dos indicadores, el primero es la penetración el cual se mide como el porcentaje que representa el valor de las

primas directas en el Producto Interno Bruto (PIB) y el segundo indicador es la densidad del sector asegurador, este indicador se refiere a la prima per cápita.

El indicador de penetración del seguro en México en 2016 fue de 2.3 % del PIB el cual es menor al promedio presentado en América Latina en cual corresponde a un 3.2 %, otros países de América Latina como Colombia presentaba 2.7 %, en Brasil el indicador era 4 % y en Chile 4.7 %; el mismo indicador en otras áreas geográficas como en España el indicador era 5.6 %, Estados Unidos tenía un 7.3 % y en Japón tenía un 9.5 %.

El indicador de penetración en México era de 186 dólares americanos siendo menor que el promedio de América Latina el cual era de 260 dólares, en otros países como Perú el indicador es de 105 dólares, en Colombia de 161 dólares, Costa Rica de 250 dólares, Brasil 346 dólares, 644 dólares en Chile y 4,174 dólares en Estados Unidos. Se puede observar que en ambos indicadores se encontraba por debajo del promedio de América Latina.

## **2.6. Normatividad en México en materia de Solvencia**

El proceso de tener una regulación tipo Solvencia II en México no fue un proceso de la noche a la mañana, se tuvo que trabajar durante varios años para poder llegar a implementar esta regulación, además de ser el país pionero en este tema ya que se implementó esta directiva antes que en Europa.

A continuación, se describirá brevemente el proceso de implementación de Solvencia I a Solvencia II en México:

- 1990: Implementación del primer esquema técnico, Solvencia I, con este se facilita la entrada al mercado.
- 1993: Implementación de sistemas estadísticos, existe mayor abertura de mercados y quitan las inversiones obligatorias.
- 1997: La CNSF implementa un esquema de supervisión que se encuentra basada principalmente en riesgos.
- 2000: Para mantener congruencia con el sistema financiero se consideran normas en materia de gobierno corporativo.
- 2003: Se actualiza el esquema de evaluación para los intermediarios de seguros y fianzas.
- 2004: Se establece la certificación de actuarios y se adoptan los estándares de la práctica actuarial.

- 2006: Para la revelación de información se adoptan prácticas internacionales.
- 2007: Los trabajos para adoptar el sistema de Solvencia II en México empiezan.
- 2011: Con apoyo de la CNSF se adoptan las Normas de Información Financiera (NIF)
- 2013: En el Diario Oficial de la Federación es publicada la Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas (LISF)
- 2014: Se crea la Circular Única de Seguros y de Fianzas
- 2015: Entra en vigor la LISF para los pilares I y II
- 2016: Entra en vigor la LISF para el pilar III.

El resultado del cambio regulatorio fue notorio en el número de normativas aplicables para seguros, ya que antes de 2010 existieron 4 reglamentos, 35 reglas de la SHCP sobre seguros, 16 reglas de la SHCP sobre fianzas, 205 circulares de seguros, 80 circulares de fianzas y 874 oficios circulares de seguros y fianzas. Durante el periodo de 2011 a 2014 existieron 4 reglamentos, 35 reglas de la SHCP para seguros, 16 reglas de la SHCP sobre fianzas, 1 circular única de seguros y 1 circular única de fianzas; a partir de 2015 hay 4 reglamentos y 1 circular única

En el Diario Oficial de la Federación la Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas el 4 de abril del 2013, para ser más precisos, y está entraría en vigor a los setecientos treinta días naturales siguientes a la publicación del mismo, es decir, el 4 de abril del 2015 pero se implementó hasta el 1 de enero del 2016, para que a partir de este momento se implementara Solvencia II en México.

# Capítulo 3

## Regulación de Solvencia

### 3.1. Antecedentes

El marco regulatorio respecto a los temas de los seguros, en particular sobre los temas de margen de solvencia, no es nada actual, en la Unión Europea llegar a la implementación de Solvencia I tardo varios años. Antes de esta implementación se tuvo las directivas 73/239/CEE, 88/357/CEE, 92/49/CEE las cuales aplicaban para seguros de no vida y las directivas 79/267/CEE, 90/619/CEE, 92/96/CEE que aplicaban para los seguros de vida.

Las directivas se fueron adaptando al mercado y a las exigencias del mismo, todas las directivas mencionaban unas expresiones determinísticas sobre el margen de solvencia, en donde se contemplaban varios conceptos como el reaseguro o las inversiones.

Las directivas que dieron origen a la regulación de Solvencia en Europa fueron 2002/13/CEE, del 5 de marzo de 2002, donde se hablaba sobre los seguros de no vida, en esta directiva se trató de mejorar las directivas anteriores; además de identificar la importancia del margen de solvencia para respaldar a la empresa.

Para el caso de los seguros de vida la directiva que dio origen a Solvencia I fue 2002/83/CEE del 5 de noviembre del 2002, con ella se trataba de unificar las legislaciones vigentes sin perder el principio básico de los reguladores el cual es el cuidado de los asegurados. Además de la obligación de realizar el cálculo de las reservas técnicas bajo supuestos actuariales y principios de prudencia, además de mencionar la importancia del margen de solvencia.

Con lo anterior se puede dar idea sobre lo difícil que es la implementación de una directiva, ahora en una sola directiva se abarca a los seguros de vida y de no vida; además de que las entidades que vigilan la actividad aseguradora deben cuidar a los asegurados no importando la directiva a implementar.

## 3.2. Marco regulatorio de Solvencia II

La directiva de Solvencia II, no es nueva para llegar a ella tuvieron que pasar varios años, los principios de esta idea en la comunidad europea empezaron en los años 70's, luego de más de 30 años el entorno que nos rodea ha cambiado de gran manera.

El Comité Europeo de Supervisión de Seguros y Fondos de Pensiones. (CEIOPS, por sus siglas en inglés), actualmente Autoridad Europea de Seguros y Pensiones de Jubilación (EIOPA, por sus siglas en inglés) buscaba con Solvencia II que las aseguradoras tuvieran el capital adecuado para hacer frente a los compromisos asumidos por la empresa, considerando todos los riesgos que tiene tanto la empresa como el negocio asegurador. Para poder alcanzar el objetivo el cual era la implementación de la directiva de Solvencia II, derivado que ya se tienen varias directivas anteriores, lo que busca esta directiva es complementar las directivas anteriores, pero teniendo en cuenta la situación actual en la que se vive.

Los pioneros en la preocupación de considerar todos los riesgos relacionados con los seguros fueron los finlandeses a finales de los años 50's, sin embargo, es hasta los años 80's en Canadá y 90's en Estados Unidos donde se elaboran modelos que tratan de abarcar la generalidad de los riesgos. En Estados Unidos su modelo llamado RBC (Risk Based Capital) no estaba basado en principios, este tenía normas bien establecidas.

En Europa, específicamente en Suiza su modelo también era basado en riesgos, como lo es Solvencia II, tenía su modelo SST (Swiss Solvency Test) este test busca cuidar al asegurado con ayuda de principios y no de normas; otro ejemplo es Gran Bretaña que en 2005 propuso dos indicadores clave, Requisitos Mejorados de Capital (Enhanced Capital Requirement o ECR) y Evaluación del Capital Individual (Individual Capital Assessment o ICA), con ayuda de estas dos se decide el nivel adecuado de capital de cada aseguradora. Otro ejemplo de modelos basado en riesgo es Australia. En la Unión Europea para la implementación de la directiva de Solvencia II, se realizó aplicando el enfoque Lamfalussy, este es una metodología para la aplicación de las normas en la Unión Europa la cual consiste en cuatro niveles, el primer nivel es la consulta del parlamento y consejo europeo; el segundo nivel es solicitar apoyo a los comités europeos; el tercer nivel emite la guía para la implementación de la norma y el cuarto nivel es la revisión de la correcta implementación de las directivas.

Como se ha comentado la directiva de Solvencia II tiene origen en la Unión Europea, lo que busca esta directiva es establecer en las compañías aseguradoras un esquema de administración de riesgos, lo anterior con ayuda de la definición del Requerimiento de Capital de Solvencia (RCS), así como las definiciones de procesos y procedimientos para vigilar, administrar, controlar, medir, mitigar e informar a los riesgos en los que se encuentra expuesta la compañía aseguradora.

Lo antes señalado es para ayudar a medir que las compañías aseguradoras tengan los recursos necesarios para garantizar la solvencia de las compañías aseguradoras considerando los riesgos asumidos por éstas, es importante mencionar que no es suficiente con considerar solo sus datos financieros también se deben considerar su exposición al riesgo, tamaño, estrategias, planes de reaseguro, planes de inversión entre otras.



Figura 3.1: Elaboración propia

Otro punto importante que considera la directiva de Solvencia II es que se debe tener una buena administración de riesgos, la cual es parte de un buen sistema de Gobierno Corporativo, minimizando las posibilidades que las compañías sufran quebrantos, ejemplo de lo anterior existen varios como el caso de Lehman Brothers en 2008.

La directiva de Solvencia II tiene se base en tres pilares que a continuación se explicaran:

#### **Pilar I**

Para este primer pilar definido en la directiva de Solvencia II en la Unión Europea se consideran todos los requerimientos cuantitativos de la compañía como lo son

los fondos propios, reservas técnicas y el requerimiento de capital de solvencia. En este pilar es fundamental para el presente trabajo ya que en este se define las hipótesis que se deben considerar para la estimación de las reservas técnicas de seguros.

Los fondos propios, son la diferencia entre el valor de mercado de los activos y el valor de mercado de los pasivos y estos deben ser suficientes para cubrir el Requerimiento de Capital de Solvencia. Es importante mencionar que no existe un mercado de transferencia para pasivos entonces se debe tener respaldados los pasivos con algún tipo de activo al no ocurrir esto se presenta el riesgo de descalce. Lo anterior ocurre ya que la directiva busca tener un perfil de valuación económica lo que significa que se deben utilizar valores consistentes con el mercado.

Las reservas técnicas son el pasivo más importante de una aseguradora y está también debe ser valuada a precio de mercado. En general es complicado replicar las fluctuaciones de flujos de estas, entonces aquí se utiliza el concepto de mejor estimador y margen de riesgo que más adelante se hablara de esto con detalle. La regulación vigente denota a las reservas de la siguiente manera:

$$\text{Reservas} = \text{Mejor Estimador} + \text{Margen de Riesgo}$$

En la comparación de métodos de estimación de la reserva que se van a comparar solo se calcula la mejor estimación a continuación se muestra gráficamente como se ve un Balance General desde la perspectiva de Solvencia II.

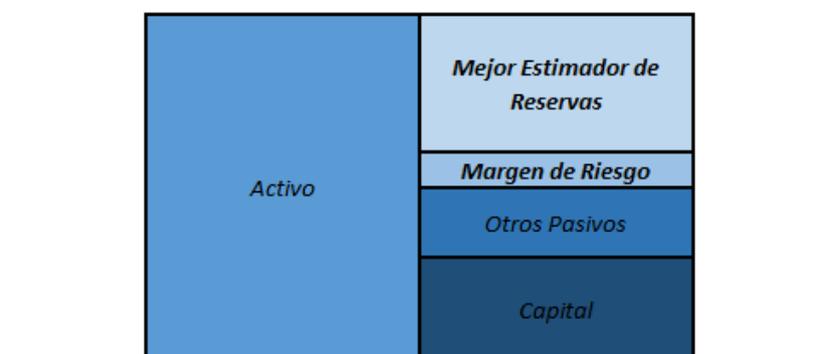


Figura 3.2: Elaboración propia

El requerimiento de capital de solvencia tiene como tarea principal garantizar que los recursos que tiene la compañía aseguradora son suficientes para hacer frente a sus obligaciones en relación a los riesgos asumidos por esta. Este requerimiento de capital debe considerar los siguientes riesgos:

#### **Técnicos o de suscripción**

- **Seguros de vida:** Al menos se debe considerar los riesgos asumidos por mortalidad, longevidad, discapacidad, enfermedad, morbilidad, gastos, caducidad, rescate de pólizas y conservación.
- **Seguros de accidentes y enfermedades:** Al menos se debe considerar los riesgos de primas y de reservas.
- **Seguros de daños:** Al menos se debe considerar los riesgos de primas, de reservas y eventos extremos.

### Financieros

- **Riesgo de mercado:** El cual se debe considerar por cambios en que tengan relación directa con el valor de los pasivos y activos de la empresa.
- **Riesgo de descalce:** Este se mide la relación entre activos y pasivos, y esto puede derivar en una falta de correspondencia
- **Riesgo de liquidez:** Muestra la pérdida potencial derivada de la venta anticipada de instrumento para hacer frente a las obligaciones adquiridas por el negocio.
- **Riesgo de crédito:** Este debe considerar la posible afectación derivada por la insolvencia de alguna contraparte del negocio, falta de pago por parte de alguna contraparte
- **Riesgo de concentración:** Para considerar la posible por la mala diversificación de activos y pasivos.

### Operativo

El riesgo operativo es el riesgo que refleja la pérdida potencial derivados en fallas en procedimientos operativos, estos pueden ser recursos tecnológicos, humanos o una mezcla de los anteriores.

#### Pilar II

El segundo pilar de Solvencia II, es donde se incorporan en la directiva los requisitos cualitativos, para ellos se plantea la aplicación de un gobierno corporativo. El concepto de gobierno corporativo se definirá en la presente sección además de mencionar las principales partes involucradas en este.

El gobierno corporativo se puede definir como el sistema mediante el cual se controla, administra y dirige a la empresa con relación a las diferentes partes involucradas. Este concepto surge por varios factores como lo fueron las crisis

financieras y quebrantos de grandes compañías (Lehman Brothers 2008 o la Crisis Financiera en 2008). La existencia de conflictos de interés entre accionistas y administradores de las compañías, la necesidad de establecer mecanismos de supervisión y control sobre las decisiones tomadas por la administración de las compañías o instituciones y la ausencia de un marco de referencia para la adecuada gestión de las compañías.

El desarrollo del gobierno corporativo depende del dinamismo del mercado, así como de las características propias de este, existen países con un avance importante en cuestiones de este tema; además existen organizaciones internacionales que han emitido principios o disposiciones de aplicación general como la International Association of Insurance Supervisors (IAIS), Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), Deloitte o Adrián Cadbury.

En uno de los Principios Básicos de Seguros decretados por la IAIS menciona las directrices que se deben considerar para conformar un Gobierno Corporativo. En particular en la regulación mexicana de seguros considera la implementación de las siguiente áreas las cuales apoyaran a la dirección general para la sana gestión del gobierno corporativo.

#### ***Administración Integral de Riesgos:***

- Ser parte del Gobierno Corporativo de las Instituciones.
- Deberá abarcar los riesgos establecidos para el cálculo del Requerimiento de Capital de Solvencia (RCS), así como cualquier otro riesgo identificado por la institución.
- Ser parte de la estructura organizacional de la Institución.
- Vigilar, administrar, medir, controlar, mitigar e informar sobre los riesgos a que se encuentra expuesta la Institución considerando aquellos que no sean perfectamente cuantificables. Además de vigilar que la realización de las operaciones se ajuste a los límites, objetivos, políticas aprobadas por el Consejo de Administración.
- Proponer para aprobación del Consejo de Administración el Manual de Administración Integral de Riesgos, Los límites de exposición al riesgo de manera global y por tipo de riesgo y la realización de nuevas operaciones y servicios que por su propia naturaleza conlleven un riesgo. Además de poner a disposición la Autoevaluación de Riesgos y Solvencia Institucionales (ARSI).

- Implementar una metodología para identificar, medir, dar seguimiento, mitigar, limitar y controlar los distintos tipos de riesgos a los que se encuentra expuesta la Institución.
- Asegurar que la información utilizada en los modelos y sistemas de medición de riesgo, sea suficiente, confiable, consistente, oportuna y relevante.
- Realizar revisiones al menos anualmente de los supuestos contenidos en los modelos.
- Incluir en la medición de riesgos la realización de pruebas de estrés, las cuales deberán incluir la Prueba de Solvencia Dinámica.
- Informar al Consejo de Administración y al Director General, así como las áreas involucradas sobre la exposición al riesgo asumida por la Institución y sus posibles implicaciones en el cálculo del RCS.

***Control Interno:***

- Ser parte del Gobierno Corporativo de las Instituciones.
- Implementar una política escrita en materia de contraloría interna.
- Constara como mínimo de procedimientos operativos administrativos y contables, de un marco de control interno de mecanismos adecuados de información a todos los niveles de la Institución.
- Crear un ambiente de control dentro de la organización enfatizando a todos los niveles del personal la importancia de los controles internos.
- Dar asesoría de quienes tengan asignadas las funciones respectivas, a la dirección general y a los responsables de las áreas de la Institución.
- Dar seguimiento de manera continua a la efectividad del sistema de contraloría interna.

***Auditoría Interna:***

- Ser parte del Gobierno Corporativo de las Instituciones.
- Ser independiente de las funciones operativas.
- Evaluar el funcionamiento operativo de las distintas áreas de la Institución.
- Revisar que los mecanismos de control interno implementados conlleven a la protección de recurso de la Institución.

- Verificar los sistemas informáticos.
- Verificar que se cuentan con planes de contingencia para evitar pérdidas de información.
- Cerciorarse del nivel de calidad de información.
- Prevenir detectar actos u operaciones con recuro, derechos o bienes que procedan o representen el producto de un probable delito.
- Verificar la existencia de procedimientos para la comunicación de información relacionada con irregularidades.
- Verificar la estructura organizacional autorizada por el Consejo de Administración.
- Verificar el procedimiento mediante el cual el área de Administración Integral de Riesgos da el seguimiento al cumplimiento de límites, objetivos, políticas y procedimientos acorde a las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas.
- Instrumentar procedimientos para evaluar y reportar al Consejo de Administración, Comité de Auditoría o director general.
- Reportar el resultado de las auditorías realizadas.
- Dar seguimiento a las deficiencias o desviaciones relevantes detectadas en relación con la operación de la Institución.
- Presentar el programa de trabajo de del área de Auditoría Interna al Comité de Auditoría.

***Función Actuarial:***

- Evaluar y brindar asesoría en lo que respecta, como mínimo a reservas técnicas, primas y fijación de precios, así como al cumplimiento de requisitos legales y regulatorios relacionados.
- Acceso al Consejo de Administración y presentar informes ante este, en aspectos relevantes desde la perspectiva actuarial, suficiencia de reservas técnicas y otros pasivos, posición de solvencia futura de la aseguradora, políticas de suscripción, contratos de reaseguro, diseño de productos, etc.

- Evaluación de los riesgos de incumplimiento, desempeño de las unidades de negocio, áreas de producto, infracciones sustanciales a los estándares de cumplimiento, multas u otras medidas disciplinarias. Certificar la suficiencia, razonabilidad o imparcialidad de las primas, así como las declaraciones de la opinión actuarial.
- Es posible que algunas jurisdicciones requieran un “*actuario designado*”, “*actuario designado por ley*.” o “*actuario responsable*”.
- Ser parte del Gobierno Corporativo de las Instituciones.
- Coordinar las labores actuariales relacionados con el diseño y viabilidad técnica de los productos de seguros.
- Coordinar el cálculo y valuación de las reservas técnicas que la Institución deba constituir.
- Verificar la adecuación de las metodologías y los modelos utilizados, así como de las hipótesis empleadas en el cálculo de las reservas técnicas.
- Comparar la estimación empleada en el cálculo de las reservas técnicas con la experiencia anterior de la Institución.
- Mantener informado al Consejo de Administración y Dirección General sobre la confiabilidad y razonabilidad del cálculo de reservas, política de suscripción, idoneidad de contratos de reaseguro.
- Apoyar con las labores técnicas relativas a la modelización de los riesgos en que se basa el cálculo del RCS, desarrollo de modelos internos para el cálculo de RCS, la gestión de activos y pasivos, elaboración del ARSI, elaboración de la Prueba de Solvencia Dinámica y otras pruebas de estrés.
- Contribuir a la aplicación efectiva del sistema integral de administración de riesgos de la Institución.
- Los responsables de la Función Actuarial deben tener acceso a los sistemas de la Institución.
- Se deben aplicar los estándares de práctica actuarial generalmente aceptados.

#### ***Contratación de Servicios con Terceros:***

- Ser parte del Gobierno Corporativo de las Instituciones.

- Autorizar la contratación de los servicios y operaciones con terceros.
- Verificar que los terceros con los que se contrate cuenten con la experiencia y capacidad técnica, financiera, administrativa y legal necesaria para realizar los servicios y operaciones correspondientes.
- Prevenir y evitar conflictos de intereses.
- Establecer planes de continuidad y contingencia por el incumplimiento de los terceros contratados.
- Definir el uso y la explotación sobre las bases de datos producto de los servicios.
- Verificar que el tercero cuente con sistemas de control interno.
- Verificar que los terceros reciban periódicamente una adecuada capacitación.
- Definir las restricciones o condiciones respecto a la posibilidad de que el tercero subcontrate, a su vez, la prestación del servicio.

### **Pilar III**

Para el tercer y último pilar de la directiva de Solvencia II, los requerimientos de mercado o de transparencia de mercado con la publicación de información de solvencia y financiera de cada uno de los participantes del mercado asegurador y afianzador. Con el fin de establecer o revisar el cumplimiento regulatorio de la implementación de la directiva de Solvencia II.

Este pilar tiene como objetivo impulsar una disciplina de mercado, donde la transparencia y revelación de información es de suma importancia, en la información que se revela al mercado es cuantitativa y cualitativa y esta debe ser al menos de manera anual.

Y como todo trabajo que habla de Solvencia II se explica todo lo anterior con el siguiente diagrama, además no se puede tener un trabajo de solvencia sin el siguiente diagrama:

## **3.3. Reservas técnicas contempladas en solvencia**

La directiva de Solvencia II establece que tanto los pasivos como los activos de las instituciones de seguros debe ser valuadas a valor de mercado como ya se había mencionado, para los activos de alguna manera es más sencillo ya que existe un mercado de activos, pero para los pasivos al no existir un mercado de intercambio de pasivos se debe realizar la estimación más puntual posible.



Figura 3.3: Solvencia II, Comité de Solvencia II de Amis

Derivado que las reservas técnicas se deben calcular para que el monto resultante de la estimación pueda ser liquidada o transferida de ser necesario, por ejemplo, en caso de venta de una aseguradora. Derivado de lo anterior, la directiva de Solvencia II estipula que el valor de la reserva debe ser igual a la suma del mejor estimador de obligaciones o de la reserva, en su caso la versión en inglés es Best Estimate of Liabilities (BEL) más el margen de riesgo.

$$\text{Reservas} = \text{Mejor Estimador} + \text{Margen de Riesgo}$$

El mejor estimador es el valor esperado de los flujos futuros, esta estimación debe ser lo más precisa posible y se debe realizar con los cálculos e hipótesis adecuadas otra manera de ver este estimador es verlo como la esperanza de las obligaciones futuras que espera tener la compañía.

Es importante mencionar que derivado de que la mejor estimación es un valor presente y este debe estar a precio de mercado, la tasa con la que se debe descontar debe ser una libre de riesgo, por ejemplo, en México se considera la tasa CETE como una libre de riesgo para los pesos.

Para el cálculo de la Mejor Estimación de las Reservas se debe realizar con información actual y creíble, así como con las adecuadas técnicas estadísticas y métodos actuariales apropiados. Además de considerar todos los flujos tanto de entrada como de salida se debe calcular de forma bruta, es decir, sin considerar las reducciones derivadas de los importes recuperables. Los importes recuperables son las responsabilidades transferidas mediante contratos de reaseguro.

El cálculo del Mejor Estimador de las Reservas dependerá de varias hipótesis y éstas podrán variar dependiendo el ramo; por ejemplo, las hipótesis de mortalidad son utilizadas en seguros de vida y no en los seguros de daños para estos se

estiman las distribuciones de frecuencia y severidad, pero existen hipótesis generales que se deben de considerar, como son los gastos, el reaseguro o la calidad crediticia.

El margen de riesgo se define como “*el monto que, aunado a la mejor estimación, garantice que el monto de las reservas técnicas sea equivalente al que las Instituciones de Seguros requerirán para asumir y hacer frente a sus obligaciones.*”(CNSF, 2013a) En otras palabras, es el monto que un tercero utiliza para compensar la adquisición de las obligaciones de una aseguradora, el fin del margen de riesgos es poder transferir los riesgos a un tercero en caso de ser necesario, a un nivel de confianza y poder brindar los recursos suficientes en caso de una liquidación, debido a que el margen de riesgo el costo de capital regulatorio durante el periodo de vida de las obligaciones.

### 3.4. Clasificación de reservas técnicas

Ya se habló de cómo se consideran las reservas técnicas la directiva de Solvencia II, además de manera general como se deben calcular en esta sección se abordará un poco más sobre las reservas técnicas, se ampliará un poco más su concepto además de mencionar una clasificación que se tiene en México.

Lo primero será ampliar el concepto de reserva técnica como se ha dicho es el pasivo más grande e importante que tienen las compañías aseguradoras, las reservas técnicas son el monto estimado que se tiene para resolver todas las obligaciones contraídas por las compañías pertenecientes al sector asegurador. Dentro de la reserva técnica existen varias las cuales vamos a definir a continuación:

- **Reserva de Riesgos en curso.** Es la provisión estimada por la compañía para las posibles obligaciones que pueda tener. En la regulación mexicana se dice que “esta reserva es cubrir el valor esperado de las obligaciones futuras derivadas del pago de siniestros, beneficios, valores garantizados, dividendos, gastos de adquisición y administración, así como cualquier otra obligación futura derivada de los contratos de seguro”. (CNSF, 2013b)
- **Obligaciones pendientes de cumplir.** Es la provisión estimada por la compañía para las posibles obligaciones adquiridas por la compañía, dentro de la regulación mexicana se define como “*el valor esperado de siniestros, beneficios, valores garantizados o dividendos, una vez ocurrida la eventualidad prevista en el contrato de seguro*” (CNSF, 2013b) y se consideran las siguientes reservas:
  - *Por pólizas vencidas y siniestros ocurridos pendientes de pago;*
  - *Por dividendos y repartos periódicos de utilidades;*

- *Por siniestros ocurridos y no reportados, así como por los gastos de ajuste asignados a los siniestros*
- *Reserva matemática especial.* La regulación mexicana define a esta reserva como “la provisión de los recursos necesarios para que las Instituciones de Seguros hagan frente a las posibles mejoras en la esperanza de vida que se traduzcan en incrementos en los índices de supervivencia de la población asegurada” (CNSF, 2013b)
- *Reserva para fluctuaciones de inversiones.* La regulación mexicana menciona para esta reserva que se debe utilizar para “apoyar a las Instituciones de Seguros ante posibles variaciones de largo plazo en los rendimientos de sus inversiones” (CNSF, 2013b)
- *Reserva de contingencia.* En la regulación mexicana menciona que esta reserva es para “cubrir las posibles desviaciones estadísticas de la siniestralidad” (CNSF, 2013b)
- *Reserva de riesgos catastróficos.* En la regulación mexicana dice que esta reserva es para “cubrir el valor de la pérdida máxima probable derivada de la ocurrencia de siniestros de naturaleza catastrófica” (CNSF, 2013b)

Las reservas descritas en los párrafos anteriores son las que están definidas en la regulación mexicana en otras partes del mundo tienen diferentes nombres pero el propósito es el mismo, el cual es tener una estimación de las obligaciones contraídas por la empresa.

Para el cálculo de la mejor estimación se debe considerar que la compañía debe contar con hipótesis realistas para utilizar métodos actuariales y técnicas estadísticas cumpliendo los estándares de la práctica actuarial además de contar con información estadística oportuna, confiable, homogénea y suficiente y en caso de contar con información que cumpla con estos requisitos se podrá hacer uso de la información del mercado.

En la regulación mexicana se definen los siguientes conceptos:

- **Oportuna.** - “*en un determinado ramo o tipo de seguro, si corresponde a información estadística del período más reciente en que el comportamiento y circunstancias que incidieron sobre el riesgo, fueron similares y congruentes con el comportamiento y circunstancias bajo las cuales se pretenda valorar dicho riesgo*” (CNSF, 2013a)
- **Confiable.** - “*en un ramo o tipo de seguro, si no existe evidencia determinada por la Comisión, el actuario independiente que dictamine sobre la situación y suficiencia de las reservas técnicas o el comité de auditoría, o el*

*comisario en el caso de las Sociedades Mutualistas, respecto a deficiencias en el control interno sobre el manejo de la información estadística de la Institución de Seguros o Sociedad Mutualista. En los casos de información sobre riesgos en que no exista información propia o de mercado, se entenderá que la información es confiable si proviene de una fuente de la cual se pueda acreditar que la referida información ha pasado por un proceso de verificación”*(CNSF, 2013a)

- **Homogénea.** - *“en un determinado ramo o tipo de seguro, si corresponde a información estadística de riesgos iguales al que se pretende valorar o a información estadística de riesgos que en la mayor parte de sus características son similares respecto del riesgo que se pretende valorar; entendiendo que las características deben ser similares tanto en lo físico del ente sujeto al riesgo, como en los daños producidos y en el evento que genera los daños”*(CNSF, 2013a)
- **Suficiencia.** . - *“En un determinado ramo o tipo de seguro al cual se pretenda aplicar el método actuarial, si cumple con lo siguiente:*
  - *Que la información, en el ramo o tipo de seguro de que se trate, corresponda a un volumen de información estadística, así como a un número de riesgos asegurados, que permitan aplicar con un grado razonable de precisión los procedimientos estadísticos y actuariales que propone, y*
  - *Que la información estadística a que se refiere la fracción I anterior le permita identificar, atendiendo a las características del ramo o tipo de seguro de que se trate, los siguientes conceptos:*
    - *Los montos de reclamaciones recibidas, clasificadas por año de origen y año de desarrollo;*
    - *Los montos de reclamaciones pagadas, clasificadas por año de origen y año de desarrollo;*
    - *Los montos de primas emitidas, clasificadas por año;*
    - *Las sumas aseguradas de los contratos suscritos, identificados por el año en que se suscribieron;*
    - *Los montos de gastos de administración y adquisición, clasificados por el año en que se efectuaron;*
    - *El monto de las primas futuras, clasificadas por año de origen y año de pago;*
    - *En el caso de seguros de vida o invalidez de largo plazo, por cada año, edad y en su caso sexo, el número de asegurados, número de*

*fallecimientos o inválidos, número de rescates, número de rehabilitaciones, fecha de inicio de vigencia de cada póliza y sumas aseguradas, y*

- *En el caso de otros seguros de largo plazo, la información correspondiente que permita aplicar con un grado razonable de precisión, los procedimientos estadísticos y actuariales que proponga.”(CNSF, 2013a)*

Hasta ahora ya se tiene un poco se ha explicado el por qué son importantes los seguros tanto para los actuarios como para el país, también se explicaron términos generales de los seguros en el presente capítulo se abarcó una breve explicación de la directiva que se adoptó en la regulación mexicana de seguros vigente en la actualidad, la cual lleva por nombre Solvencia II.

En la implementación de esta directiva como se explica anteriormente se necesita que la información cumpla ciertos requisitos descritos anteriormente, por ello en el siguiente capítulo se plantea una metodología para realizar la validación de que la información sea suficiente.

## Capítulo 4

# Metodología de Reservas de Siniestros Ocurridos y no Reporte.

A continuación, se presentan los dos métodos elegidos para realizar la comparación. El primero es el Chain Ladder, esta metodología se eligió debido a que es la base de diversas metodologías, tanto determinísticas como estocásticas, para la estimación de Reservas Técnicas para siniestros ocurridos y no reportados; además de ser una metodología sencilla de aplicar y explicar al ser completamente determinística. El segundo método será el Bornhuetter Ferguson, este método se eligió por ser una metodología sencilla, apoyada del Chain Ladder modificando la manera de calcular los factores de desarrollo, con ello se puede ver que no es necesarios cambios muy robustos para refinar las estimaciones realizadas por los modelos.

Debido a que la información sobre siniestros y primas se tomó del Reporte sobre la Solvencia y Condición Financiera (de los años 2018, 2019 y 2020) y esta no especifica la forma de construcción de los triángulos de siniestralidad entonces para la finalidad del trabajo se consideró que el periodo de origen es la fecha de ocurrido el siniestro y el periodo de desarrollo es la fecha de registro contable del siniestro.

### 4.1. Chain Ladder

A continuación, se describe el proceso para realizar la estimación de reservas técnicas por método de Chain Ladder. El primer paso para realizar la estimación de la reserva por el método de Chain Ladder se debe colocar la información en forma de una matriz acomodando en los reglones por periodo de origen y las columnas por periodo de desarrollo; este triángulo se le denomina triángulo incremental quedando de la siguiente forma la matriz es importante mencionar que

la información fuera de este triángulo representa una irregularidad en la información.

Periodo de	Desarrollo (j)					
Origen (i)	1	1	2	...	n-1	n
1	$I_{1,1}$	$I_{1,2}$	$I_{1,3}$	$\vdots$	$I_{1,n-1}$	$I_{1,n}$
2	$I_{2,1}$	$I_{2,2}$	$I_{2,3}$	$\vdots$	$I_{1,n-2}$	
3	$I_{3,1}$	$I_{3,2}$	$I_{3,3}$	$\vdots$		
$\vdots$	...	...	...			
n-1	$I_{n-1,1}$	$I_{n-1,2}$				
n	$I_{n,1}$					

Donde:

$I_{i,j}$ : Es la información del periodo de origen  $i$  y periodo de desarrollo  $j$

Para el segundo paso se debe transformar el triángulo incremental en un triángulo acumulado, es decir acumular el monto por año de origen desde el cero hasta el último que se tenga información.

Periodo de	Desarrollo (j)					
Origen (i)	0	1	2	...	n-1	n
1	$IA_{1,1}$	$IA_{1,2}$	$IA_{1,3}$	$\vdots$	$IA_{1,n-1}$	$IA_{1,n}$
2	$IA_{2,1}$	$IA_{2,2}$	$IA_{2,3}$	$\vdots$	$IA_{1,n-2}$	
3	$IA_{3,1}$	$IA_{3,2}$	$IA_{3,3}$	$\vdots$		
$\vdots$	...	...	...			
n-1	$IA_{n-1,1}$	$IA_{n-1,2}$				
n	$IA_{n,1}$					

Donde:

$IA_{i,j} = \sum_{k=0}^j I_{i,k}$  para  $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; n = m - 1; \forall i + j \leq m$ .

Para el tercer paso se necesita obtener los factores de desarrollo, los cuales se calculan de la siguiente forma:

$$FD_j = \begin{cases} \frac{\sum_{k=(n+1)-(x-1)-j}^{n+1-j} IA_{k,j}}{\sum_{k=(n+1)-(x-1)-j}^{n+1-j} IA_{k,j-1}} & \forall j \in [1, n-x] \\ \frac{\sum_{k=1}^{n+1-j} IA_{k,j}}{\sum_{k=1}^{n+1-j} IA_{k,j-1}} & \forall j \in [n+1-x, n] \end{cases}$$

Donde:

$FD_j$  = Factor de desarrollo para la información acumulada del periodo  $j$ .

Para el cuarto paso se debe construir un factor de desarrollo acumulado, dichos factores serán utilizados para la proyección de la información, los cuales se calculan de la siguiente forma:

$$f_k = \prod_{i=k}^{n-1} FD_i; i = 0, \dots, n-1$$

Para el quinto paso se debe tener los factores de desarrollo acumulado, en este paso se estimaran las cantidades acumuladas para el último periodo de desarrollo.

$$\widehat{C}_{i,j} = C_{i,n-i} * F_{n-i}; i = 1, \dots, m$$

Para el sexto paso, el cual es la determinación de la mejor estimación de la reserva por año de origen, se debe realizar la diferencia entre la estimación de la cantidad acumulada del último periodo de desarrollo y el último valor observado:

$$\widehat{R}_i = \widehat{C}_{i,j} - C_{i,j}; i = 1, \dots, m$$

El séptimo paso, el último, es calcular la mejor estimación de la reserva y esta resulta como la suma de la estimación de las reserva por periodo de origen.

$$MejorEstimador = \sum_{i=1}^m \widehat{R}_i$$

Como la metodología de Chain Ladder es sencilla, algunos de los métodos de los que se mencionaron al inicio son alguna modificación para optimizar este método.

## 4.2. Bornhuetter-Ferguson (Versión Original)

A continuación, se describirá el segundo método de valuación de reservas técnicas el cual es Bornhuetter Ferguson, este método fue creado por dos actuarios, Ron Bornhuetter y Ron Ferguson fue presentado en el artículo: “The Actuary and IBNR”, en 1972. En el presente trabajo se describe la manera más simple del modelo, aunque este método es común usarlo en la vida laboral, se utiliza en versiones más robustas del método.

Para este método no solo basta con la información de los siniestros; además, se debe tener una estimación a priori de la siniestralidad; por ello es se debe tener

información adicional a los siniestros en este caso utilizaremos las primas por periodo de origen, es decir, prima emitida durante el año.

Como hipótesis de siniestralidad en este trabajo se van a considerar dos hipótesis, la primera es el Índice de Siniestralidad última la SONR estatutario, vigente al cierre de diciembre 2018, 2019 y 2020 para el subramo de Automóviles, es decir  $FS_{SONR}^{BEL} = \alpha_1$  y la segunda hipótesis será construir la  $\alpha_2$  con el promedio del cociente el total de la siniestralidad por periodo de origen y la prima emitida de dicho periodo, como a continuación se muestra:

$$\alpha_2 = \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{k=0}^{n-i} AI_{i,n-k}}{PE_i}$$

El primer paso para realizar la estimación de la reserva por el método de Bornhuetter-Ferguson se debe colocar la información en forma de una matriz acomodando en los reglones por periodo de origen y las columnas por periodo de desarrollo, de la misma manera que en Chain Ladder, este triángulo se le denomina triángulo incremental quedando de la siguiente forma la matriz.

Periodo de	Desarrollo (j)					
Origen (i)	0	1	2	...	n - 1	n
1	$I_{1,0}$	$I_{1,1}$	$I_{1,2}$	$\vdots$	$I_{1,n-1}$	$I_{1,n}$
2	$I_{2,0}$	$I_{2,1}$	$I_{2,2}$	$\vdots$	$I_{1,n-2}$	
3	$I_{3,0}$	$I_{3,1}$	$I_{3,2}$	$\vdots$		
$\vdots$	...	...	...			
m - 1	$I_{m-1,0}$	$I_{m-1,1}$				
m	$I_{m,0}$					

Donde:

$I_{i,j}$ : Es la información del periodo de origen  $i$  y periodo de desarrollo  $j$

Para el segundo paso se debe transformar el triángulo incremental en un triángulo acumulado, es decir acumular el monto por periodo de origen desde el primero hasta el último que se tenga información.

Periodo de Origen (i)	Desarrollo (j)					
	0	1	2	...	n-1	n
1	$IA_{1,0}$	$IA_{1,1}$	$IA_{1,2}$	$\vdots$	$IA_{1,n-1}$	$IA_{1,n}$
2	$IA_{2,0}$	$IA_{2,1}$	$IA_{2,2}$	$\vdots$	$IA_{1,n-2}$	
3	$IA_{3,0}$	$IA_{3,1}$	$IA_{3,2}$	$\vdots$		
$\vdots$	...	...	...			
m-1	$IA_{m-1,0}$	$IA_{m-1,1}$				
m	$IA_{m,0}$					

$$IA_{i,j} = \sum_{k=0}^j IA_{i,k} \text{ para } i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; n = m - 1; \forall i + j \leq m.$$

Donde:

$IA_{i,j}$ : Es la información acumulada del periodo de origen  $i$  al periodo de desarrollo  $j$

Para el tercer paso se necesita obtener los factores de desarrollo de la misma manera que en los factores Chain Ladder, los cuales se calculan de la siguiente forma:

$$FD_{i,j} = \frac{IA_{i,j+1}}{IA_{i,j}}$$

Donde:

$FD_{i,j}$ : Factor de desarrollo para la información acumulada del periodo de origen  $i$  y periodo de desarrollo  $j$ .

Podemos obtener los factores de proyección de la siguiente manera:

$$FD_j = \frac{\sum_{t=j}^{m-t-j} AI_{t,j} * R_{t,j}}{\sum_{t=j}^{m-t-j} AI_{t,j}}$$

Entonces:

$$FD_j = \frac{\sum_{t=j}^{m-t-j} AI_{t,j} * R_{t,j}}{\sum_{t=j}^{m-t-j} AI_{t,j}} = \frac{\sum_{t=j}^{m-t-j} AI_{t,j} * \frac{C_{i,j+1}}{IA_{i,j}}}{\sum_{t=j}^{m-t-j} AI_{t,j}} = \frac{\sum_{t=j}^{m-t-j} C_{i,j+1}}{\sum_{t=j}^{m-t-j} AI_{t,j}}$$

Para el cuarto paso se debe construir los factores de proyección, dichos factores serán utilizados para la proyección de la información, los cuales se calculan de la siguiente forma:

$$f_k = \prod_{i=k}^{n-1} FD_{i,k}; k = 0, \dots, n - 1$$

Para el quinto paso se construyen los factores de desarrollo de la siguiente manera:

$$\beta_j = \prod_{t=1}^{j-1} f_t^{-1}$$

Para la estimación de los  $IA_{i,j}$  del triángulo inferior esta metodología, se utiliza la siguiente expresión general:

$$\widehat{IA}_{i,j+k} = IA_{i,j} + (\beta_{j+k} - \beta_j) * \widehat{IA}_{i,\infty}$$

Para obtener  $\widehat{IA}_{i,\infty}$  se obtiene de la información de primas por periodo multiplicándolo por  $\alpha$ :

$$\widehat{IA}_{i,\infty} = PE_i * \alpha$$

Donde:  $\widehat{IA}_{i,\infty}$ : Estimación a priori de la siniestralidad  
 $PE_i$ : Prima emitida del periodo de origen  $i$   
 $\alpha$ : Hipótesis a priori de la siniestralidad

Una vez que se tenga la completa de la siniestralidad, es decir la información de la parte inferior del triángulo se puede obtener la estimación de la mejor estimación de reserva, de la siguiente manera.

$$MejorEstimador = SU - SO = \sum_{t=0}^n IA_{t,n} - \sum_{t=0}^n IA_{t,n-t}$$

Donde:  
 $SU$ : Siniestralidad última, siniestralidad proyectada  
 $SO$ : Siniestralidad Ocurrida, Diagonal del triángulo acumulado

### 4.3. Comparación de Métodos.

Ahora que se conoce las dos metodologías para la estimación de reservas técnicas se realizó un ejercicio práctico de las metodologías antes descritas, posteriormente se compararon con contra la información real.

Para los ejercicios prácticos se utilizó la información del ramo de automóviles de Seguros Banorte. En el ramo de automoviles Seguros BAnorte ha sido el sexto participante, según información de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros AMIS, en el mercado con una participación del 5.13 % en 2018, 4.87 % en 2019 y 4.71 % en 2020. La información utilizada de siniestros y primas se

obtuvo del Reporte sobre la Solvencia y Condición Financiera de 2018, 2019 y 2020 publicados en la página web de Seguros Banorte.

Se eligió a Seguros Banorte debido a que en la información presentada en Reporte sobre la Solvencia y Condición Financiera permite observar la composición de la reserva para Obligaciones Pendientes de Cumplir Por Siniestros Ocurridos y No Reportados y Gastos de Ajuste, dado que muestra el valor del mejor estimador y del margen de riesgo de manera desagregada.

Derivado que las metodologías antes descritas son para el cálculo de la mejor estimación de la reservas de Siniestros Ocurridos y no reportados solo se compara la mejor estimación calculada con las metodologías antes mencionadas contra la mejor estimación realizada por la compañía, es decir no se considera el margen de riesgo en la comparación.

Con la información de siniestros al cierre de 2018, se aplicó las metodologías para Chain Ladder, de donde se obtiene un como mejor estimador de la reserva de siniestros ocurridos y no reportado \$986 mdp, mostrando una sobre estimación del 30.41 % respecto a la mejor estimación realizada por la Compañía.

Al aplicar la metodología Bornhuetter Ferguson con el factor estatutario, 4.8 % se observa un resultado de \$55 mdp, en otras palabras, una subestación del 91.65 % respecto a la mejor estimación realizada por la Compañía, lo anterior, debido a que el factor estatutario es un valor muy pequeño. En cambio para el factor que se obtuvo de la experiencia de la Compañía 71.25 % obtenido un valor de \$829 mdp con lo cual se observa una sobre estimación del 9.65 % respecto al estimado por la Compañía, siendo esta la de menor desviación contra la real.

Resumen Información 2018				
Concepto/Método	Chain Ladder	BF Estatutario	BF Promedio	Real
Mejor estimador	986.18	55.78	829.16	756.20
Mejor estimador vs Real	30.41 %	-92.62 %	9.65 %	

\*Cifras en millones de pesos

Cuadro 4.1: Elaboración propia

Con la información de siniestros al cierre de 2019, se aplicó las metodologías para Chain Ladder, de donde se obtiene un como mejor estimador de la reserva de siniestros ocurridos y no reportado \$728 mdp, mostrando una sobre estimación del 9.12 % respecto a la mejor estimación realizada por la Compañía, siendo esta la de menor desviación contra la real.

Al aplicar la metodología Bornhuetter Ferguson con el factor estatutario, 5.27 % se observa un resultado de \$56 mdp, en otras palabras, una subestación del 91.47 % respecto a la mejor estimación realizada por la Compañía. En cambio para el fac-

tor que se obtuvo de la experiencia de la Compañía 59.88 % obtenido un valor de \$647 mdp con lo cual se observa una subestimación del 3.08 % respecto al estimado por la Compañía.

Resumen Información 2019				
Concepto/Método	Chain Ladder	BF Estatutario	BF Promedio	Real
Mejor estimador	728.75	56.97	647.32	667.86
Mejor estimador vs Real	9.12 %	-91.47 %	-3.08 %	

\*Cifras en millones de pesos

Cuadro 4.2: Elaboración propia

Con la información de siniestros al cierre de 2020, se aplicó las metodologías para Chain Ladder, de donde se obtiene un como mejor estimador de la reserva de siniestros ocurridos y no reportado \$580 mdp, mostrando una sobre estimación del 41.28 % respecto a la mejor estimación realizada por la Compañía.

Al aplicar la metodología Bornhuetter Ferguson con el factor estatutario, 5.27 % se observa un resultado de \$50 mdp, en otras palabras, una subestación del 87.8 % respecto a la mejor estimación realizada por la Compañía. En cambio para el factor que se obtuvo de la experiencia de la Compañía 60.5 % obtenido un valor de \$574 mdp con lo cual se observa una sobre estimación del 39.93 % respecto al estimado por la Compañía.

Resumen Información 2020				
Concepto/Método	Chain Ladder	BF Estatutario	BF Promedio	Real
Mejor estimador	580.08	50.08	574.56	410.60
Mejor estimador vs Real	41.28 %	-87.80 %	39.93 %	

\*Cifras en millones de pesos

Cuadro 4.3: Elaboración propia

# Capítulo 5

## Conclusiones

Cuando se habla del sector financiero mexicano es un tema más extenso que solo considerar los bancos, además el sistema no es algo novedoso se ha ido desarrollando con el paso de los años con la finalidad de mejorar las inconsistencias encontradas dentro del sistema. Las aseguradoras son una entidad operativa dentro del sistema financiero mexicano, por ello es importante el tema dentro del plan de estudios de la carrera de Actuaría, además existen otras instituciones que apoyan a las otras en el sistema financiero como son los proveedores de precios los cuales proporcionan el vector de tasas libres de riesgo que son utilizadas en las reservas para captar el efecto del mercado.

México fue pionero en materia de la Directiva de Solvencia II, aunque fue diseñada en Europa, México fue el primer país en implementar la directiva, considerando todos los temas involucrados con ello.

Ambas metodologías presentadas son deterministas no tienen ningún componente estocástico que sería un siguiente paso a estas metodologías, se eligieron estas metodologías derivado que Chain Ladder es la base para muchas metodologías y el Bornhuetter Ferguson el cual tiene como base el Chain Ladder solo con un ligero cambio en el cálculo de los factores de proyección de la siniestralidad.

Los dos métodos tienen ventajas y desventajas, como todos los métodos de estimación de reservas; para el método Chain Ladder una de las ventajas es la sencillez de sus cálculos y una de sus desventajas es que es un modelo sumamente sensible a los montos en la diagonal, un monto fuera de tendencia dentro de la última diagonal del triángulo provocando desviaciones en la estimación de la reserva. Para Bornhuetter Ferguson tiene mayor estabilidad que Chain Ladder puede usarse en caso de tener poca información y una de sus desventajas necesita una hipótesis de siniestralidad a priori tiene un grado de complejidad ligeramente mayor provocando ser menos intuitivo.

De los resultados obtenidos de aplicar ambos métodos se puede observar que

existe una desviación de al menos del 30

No se puede decir cual método es mejor que otro, si no que método se adapta mejor a las necesidades del actuario, para la estimación de reservas podrán existir casos donde Chain Ladder estime las obligaciones de la compañía mejor que Bornhuetter Ferguson y en otros casos sucederá lo contrario entonces no se debe buscar el mejor método, se debe encontrar el método que mejor estime las reservas técnicas.

## Referencias

- Agrosamex. (s.f). *¿qué es un fondo de aseguramiento?*  
<http://agroasemex-gob-mx.web02.winsvr.net/ProductosyServicios/Integraci%C3%B3ndeFondodeAseguramiento/FondosdeAseguramiento/%C2%BFQu%C3%A9sunfondodeaseguramiento.aspx>.
- Alonso, P. (2007). *Solvencia ii: ejes del proyecto y diferencias con basilea ii. anales instituto de actuarios españoles tercera época 13, 37-56.*
- BACCN. (2013). *Ley n° 827 de seguros.*
- Banxico. (2008). *Glosario.* <http://www.anterior.banxico.org.mx/divulgacion/glosario/glosario.html>.
- BMV. (2015). *Glosario.* <https://www.bmv.com.mx/es/grupo-bmv/glosario>.
- CNBV. (1999). *Disposiciones aplicables a los proveedores de precios.*
- CNBV. (2015a). *Calificadora de valores.* <https://www.cnbv.gob.mx/SECTORESSUPERVISADOS/BURS%C3%81TIL/Informaci%C3%B3n-estadística/Paginas/Calificadoras-de-Valores.aspx>.
- CNBV. (2015b). *Preguntas frecuentes fondos de inversión.* <https://www.cnbv.gob.mx/SECTORESSUPERVISADOS/SOCIEDADES-DE-INVERSION/Paginas/Preguntas-Frecuentes.aspx>.
- CNBV. (2015c). *Sofomes.* <https://www.cnbv.gob.mx/SECTORES-SUPERVISADOS/OTROS-SUPERVISADOS/Descripci%C3%B3n-del-Sector/Paginas/SOFOMES-Reguladas.aspx>.
- CNBV. (2016). *Empresas de factoraje financiero.* <https://www.gob.mx/cnbv/acciones-y-programas/empresas-de-factoraje-financiero-31741>.
- CNBV. (2018a). *Celebramos 23 años de la creación de la cnbv.* <https://www.gob.mx/cnbv/articulos/celebramos-23-anos-de-lacreacion-de-la-cnbv>.
- CNBV. (2018b). *Encuesta nacional de inclusión financiera 2018.*
- CNBV. (2018c). *Glosario de términos, portafolio de información.* <https://portafolioinfo.cnbv.gob.mx/Paginas/Glosario.aspx>.
- CNSF. (1935). *Ley sobre el contrato de seguro.*
- CNSF. (2013a). *Circular Única de seguros y finanzas.*
- CNSF. (2013b). *Ley de instituciones de seguros y de fianzas.*
- CNSF. (2020). *Boletín de análisis sectorial diciembre 2020.*
- Condusef. (2017). *La condusef cumple 18 años.* <https://www.gob.mx/condusef/prensa/la-condusef-cumple-18-anos>.
- Consar. (2020). *Ley de los sistemas de ahorro para el retiro.*

- Consorti-Minzoni, A. (2006). *crónica de dos siglos del seguro en México.*
- Española, R. A. (2001). Diccionario de la lengua española [en línea]. Consultado en <http://www.rae.es/rae.html> [2018-2019].
- Herrera-Contreras, F., Fernando;Pérez-Márquez. (2018). "modelo mexicano de supervisión basado en riesgos tipo solvencia ii."
- IPAB. (2020). *Ipab, ¿qué hacemos?*  
<https://www.gob.mx/ipab/quehacemos>.
- Lozano, I. A., y González, P. A. (2010). *Métodos estocásticos de estimación de las provisiones técnicas en el marco de solvencia ii.* Fundación MAPFRE, Instituto de Ciencias del Seguro.
- Mapfre, F. (2016). *Diccionario mapfre de seguros.*[en línea].  
<https://www.fundacionmapfre.org/publicaciones/diccionario-mapfre-seguros/>.
- Mishra, M., y Mishra, S. (2016). *Insurance principles and practice.* S. Chand Publishing.
- Mondragón, M. D., Carrillo, N. V., y prologuista, M. S. V. (2016). *Sistema financiero mexicano.* Editorial Trillas.
- Rincón, L. (2012). Introducción a la teoría del riesgo. *México: Facultad de Ciencias, UNAM.*
- Seguros Banorte S.A. de C.V., G. F. B. (2018a). *Reporte de solvencia y condición financiera cualitativa. ejercicio 2018.*
- Seguros Banorte S.A. de C.V., G. F. B. (2018b). *Reporte de solvencia y condición financiera cuantitativa. ejercicio 2018.*
- Seguros Banorte S.A. de C.V., G. F. B. (2019a). *Reporte de solvencia y condición financiera cualitativa. ejercicio 2019.*
- Seguros Banorte S.A. de C.V., G. F. B. (2019b). *Reporte de solvencia y condición financiera cuantitativa. ejercicio 2019.*
- Seguros Banorte S.A. de C.V., G. F. B. (2020a). *Reporte de solvencia y condición financiera cualitativa. ejercicio 2020.*
- Seguros Banorte S.A. de C.V., G. F. B. (2020b). *Reporte de solvencia y condición financiera cuantitativa. ejercicio 2020.*

# Apéndice A

## Código para Metodologías

```
#Ajustes Iniciales.
  setwd("- - - - Ruta de trabajo - - - -")

#Carga de Información
  Banorte_Autos <- read.csv("BanorteSiniestros.csv",header=TRUE, row.name
= 1)
  Banorte_Autos2019 <- read.csv("BanorteSiniestros2019.csv",header=TRUE,
row.name = 1)
  Banorte_Autos2020 <- read.csv("BanorteSiniestros2020.csv",header=TRUE,
row.name = 1)

#Primas
  Banorte_AutosPrimas j- read.csv("BanortePrimas.csv",header=TRUE, row.name
= 1)
  Banorte_AutosPrimas2019 j- read.csv("BanortePrimas2019.csv",header=TRUE,
row.name = 1)
  Banorte_AutosPrimas2020 j- read.csv("BanortePrimas2020.csv",header=TRUE,
row.name = 1)

#Función Chain-Ladder
  <- function(triangulo)

#Obtengo las dimensiones del triángulo para procesos
  dimension <- dim(triangulo)
  Num_ren <- dimension[1]
  Num_col <- dimension[2]

#Triángulo Acumulado
```

```

Info_Acum <- matrix(0, dimension[1], dimension[2])
for(i in 1:(Num_col)){
  if(i==1){
    Info_Acum[,1]=triangulo[,1]
  }else{
    Info_Acum[,i]=Info_Acum[,i-1]+triangulo[,i]
  }
}

#Vector de Factores de desarrollo
Fd <- rep(0,Num_col-1)
for(k in 1:Num_col-1){
  deno = sum(Info_Acum[1:(Num_col - k),k])
  nume = sum(Info_Acum[1:(Num_col - k),(k+1)])
  Fd[k] = nume/deno
}

#Vector de Factores de desarrollo
FdA <- rep(0,Num_col-1)
for(i in 1:Num_col-1){
  aux <- 1
  for(j in (Num_col-1):i){
    aux <- aux*Fd[j]
  }
  FdA[i] <- aux
}

#Se obtiene los siniestros reales
SO <- rep(0,Num_col-1)
for(k in 1:Num_ren){
  SO[k] = Info_Acum[k,(Num_ren+1-k)]
}

#Siniestralidad Ultima
SU <- rep(0,Num_col-1)
for(i in 1:Num_ren-1){
  SU[i] <- SO[i+1]*FdA[(Num_col-i)]
}
SU<-c(Info_Acum[1,Num_col],SU)

#Se obtiene la diferencia entre la siniestralidad ultima y y siniestros reales

```

```

provision <- SU - SO

#Calculo de reserva
reserva <- sum(provision)

return(reserva)
}

# Función Bornhuetter Ferguson
ReservaBF <- function(triangulo, prima, fs){

# Obtengo las dimensiones del triangulo para procesos
dimension <- dim(triangulo)
Num_ren <- dimension[1]
Num_col <- dimension[2]

# Triangulo Acumulado
Info_Acum <- matrix(0, dimension[1], dimension[2])
for(i in 1:(Num_col)){
  if(i==1){
    Info_Acum[,1]=triangulo[,1]
  }else{
    Info_Acum[,i]=Info_Acum[,i-1]+triangulo[,i]
  }
}

# Vector de Factores de desarrollo
Fd <- rep(0,Num_col)
for(k in 1:Num_col){
  if(k<Num_col){
    deno = sum(Info_Acum[1:(Num_col - k),k])
    nume = sum(Info_Acum[1:(Num_col - k),(k+1)])
    Fd[k] = nume/deno
  }else{
    Fd[k]=1
  }
}

# Vector de Factores de desarrollo Acumulado
Fda <- rev(cumprod(rev(Fd)))

```

```

# Se obtiene las betas para proyectar
beta <- 1/Fda

# Calcula la información a priori
apriori <- prima * fs

# Se acompleta la información
Info_Comp <- Info_Acum

for(j in Num_ren:2){
  for(i in 2:Num_col){
    if(i+j>Num_col+1){
      Info_Comp[j,i] = Info_Comp[j,(i-1)]+(beta[i]-beta[(i-1)])*apriori[j,1]
    }
  }
}

# Se Obtiene la información real
Sin_real <- rep(0,Num_col)
for(i in 1:Num_col){
  Sin_real[i] <- Info_Comp[i,(Num_col+1-i)]
}

# Se Obtiene la información proyectada
Sin_ult <- Info_Comp[,Num_col]

# Se obtiene la reserva por periodo
provision <- Sin_ult - Sin_real

# Calculo de reserva
reserva <- sum(provision)

# Muestro el resultado
return(reserva)
}

```

## Apéndice B

### Información 2018

Triángulo Incremental de siniestros autos									
Año	Emision	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
2011	2937	1704	225	31	7	4	2	1	1
2012	3339	1875	209	43	7	3	1	3	
2013	3706	2036	263	52	11	1	1		
2014	4125	2300	312	55	9	3			
2015	4550	2627	617	75	18				
2016	4970	3393	688	114					
2017	5082	3600	547						
2018	5699	4065							

Triángulo Acumulado de siniestros autos

Año	Emision	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
2011	2937	1704	1929	1960	1967	1971	1973	1974	1975
2012	3339	1875	2084	2127	2134	2137	2138	2141	
2013	3706	2036	2299	2351	2362	2363	2364		
2014	4125	2300	2612	2667	2676	2679			
2015	4550	2627	3244	3319	3337				
2016	4970	3393	4081	4195					
2017	5082	3600	4147						
2018	5699	4065							

Factores de desarrollo

$FD_1$	$FD_2$	$FD_3$	$FD_4$	$FD_5$	$FD_6$	$FD_7$
1.163159	1.022771	1.004185	1.001204	1.000618	1.000973	1.000507

Factores de desarrollo

$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$
1.198573	1.030446	1.007505	1.003305	1.002099	1.00148	1.000507

Chain Ladder

Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2011	1975	1975	0
2012	2141	2142.08	1.08
2013	2364	2367.5	3.5
2014	2679	2684.62	5.62
2015	3337	3348.03	11.03
2016	4195	4226.48	31.48
2017	4147	4273.26	126.26
2018	4065	4872.2	807.2
<b>Mejor Estimador</b>			<b>986.17</b>

Betas

$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$
0.834325	0.970453	0.992551	0.996706	0.997905	0.998522	0.999494	1

Hipótesis <i>apriori</i>		
Año	Emisión	Emisión* $\alpha = 4,8\%$
2011	2937	140.98
2012	3339	160.27
2013	3706	177.89
2014	4125	198
2015	4550	218.4
2016	4970	238.56
2017	5082	243.94
2018	5699	273.55

Seguros Banorte Información Acumulada Autos								
Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
2011	1704	1929	1960	1967	1971	1973	1974	1975
2012	1875	2084	2127	2134	2137	2138	2141	2141.08
2013	2036	2299	2351	2362	2363	2364	2364.17	2364.26
2014	2300	2612	2667	2676	2679	2679.12	2679.31	2679.41
2015	2627	3244	3319	3337	3337.26	3337.39	3337.6	3337.71
2016	3393	4081	4195	4195.99	4196.28	4196.43	4196.66	4196.78
2017	3600	4147	4152.39	4153.4	4153.69	4153.84	4154.08	4154.2
2018	4065	4102.24	4108.28	4109.42	4109.75	4109.92	4110.19	4110.33

Bornhuetter Ferguson $\alpha$ estatutaria			
Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2011	1975	1975	0
2012	2141	2141.08	0.08
2013	2364	2364.26	0.26
2014	2679	2679.41	0.41
2015	3337	3337.71	0.71
2016	4195	4196.78	1.78
2017	4147	4154.2	7.2
2018	4065	4110.33	45.33
<b>Mejor Estimador</b>			<b>55.77</b>

$\alpha$ promedio			
Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2011	1975	2937	67 %
2012	2141	3339	64 %
2013	2364	3706	64 %
2014	2679	4125	65 %
2015	3337	4550	73 %
2016	4195	4970	84 %
2017	4147	5082	82 %
2018	4065	5699	71 %
$\alpha$ promedio			71.25 %

Hipótesis <i>a priori</i>		
Año	Emisión	Emisión* $\alpha = 71,25\%$
2011	2937	2092.61
2012	3339	2379.04
2013	3706	2640.53
2014	4125	2939.06
2015	4550	3241.88
2016	4970	3541.13
2017	5082	3620.93
2018	5699	4060.54

Seguros Banorte Información Acumulada Autos								
Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
2011	1704	1929	1960	1967	1971	1973	1974	1975
2012	1875	2084	2127	2134	2137	2138	2141	2142.2
2013	2036	2299	2351	2362	2363	2364	2366.57	2367.91
2014	2300	2612	2667	2676	2679	2680.81	2683.67	2685.16
2015	2627	3244	3319	3337	3340.89	3342.89	3346.04	3347.68
2016	3393	4081	4195	4209.71	4213.96	4216.14	4219.58	4221.37
2017	3600	4147	4227.02	4242.06	4246.4	4248.63	4252.15	4253.98
2018	4065	4617.75	4707.48	4724.35	4729.22	4731.73	4735.68	4737.73

Bornhuetter Ferguson $\alpha$ promedio			
Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2011	1975	1975	0
2012	2141	2142.2	1.2
2013	2364	2367.91	3.91
2014	2679	2685.16	6.16
2015	3337	3347.68	10.68
2016	4195	4221.37	26.37
2017	4147	4253.98	106.98
2018	4065	4737.73	672.73
<b>Mejor Estimador</b>			<b>828.03</b>

## Apéndice C

### Información 2019

Triángulo Incremental de siniestros autos									
Año	Emision	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
2012	3324	1595	99	28	4	2	1	2	0
2013	3640	1705	152	31	9	1	1	2	
2014	4053	1945	207	44	7	3	2		
2015	4476	2199	493	61	14	4			
2016	4923	2708	555	90	22				
2017	5046	2902	433	91					
2018	5517	3222	324						
2019	5733	3305							

Triángulo Acumulado de siniestros autos

Año	Emision	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
2012	3324	1595	1694	1722	1726	1728	1729	1731	1731
2013	3640	1705	1857	1888	1897	1898	1899	1901	
2014	4053	1945	2152	2196	2203	2206	2208		
2015	4476	2199	2692	2753	2767	2771			
2016	4923	2708	3263	3353	3375				
2017	5046	2902	3335	3426					
2018	5517	3222	3546						
2019	5733	3305							

Factores de desarrollo

$FD_1$	$FD_2$	$FD_3$	$FD_4$	$FD_5$	$FD_6$	$FD_7$
1.139039	1.023011	1.004701	1.001164	1.000686	1.001103	1

Factores de desarrollo

$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$
1.174187	1.030857	1.00767	1.002955	1.001789	1.001103	1

Chain Ladder

Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2012	1731	1731	0
2013	1901	1901	0
2014	2208	2210.43	2.43
2015	2771	2775.96	4.96
2016	3375	3384.97	9.97
2017	3426	3452.28	26.28
2018	3546	3655.42	109.42
2019	3305	3880.69	575.69
<b>Mejor Estimador</b>			<b>728.75</b>

Betas

$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$
0.851653	0.970066	0.992388	0.997054	0.998214	0.998899	1	1

Hipótesis <i>apriori</i>		
Año	Emisión	Emisión* $\alpha = 4,8\%$
2012	3324	175.17
2013	3640	191.83
2014	4053	213.59
2015	4476	235.89
2016	4923	259.44
2017	5046	265.92
2018	5517	290.75
2019	5733	302.13

Seguros Banorte Información Acumulada Autos								
Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
2012	1595	1694	1722	1726	1728	1729	1731	1731
2013	1705	1857	1888	1897	1898	1899	1901	1901
2014	1945	2152	2196	2203	2206	2208	2208.24	2208.24
2015	2199	2692	2753	2767	2771	2771.16	2771.42	2771.42
2016	2708	3263	3353	3375	3375.3	3375.48	3375.77	3375.77
2017	2902	3335	3426	3427.24	3427.55	3427.73	3428.02	3428.02
2018	3222	3546	3552.49	3553.85	3554.19	3554.39	3554.71	3554.71
2019	3305	3340.78	3347.52	3348.93	3349.28	3349.49	3349.82	3349.82

Bornhuetter Ferguson $\alpha$ estatutaria			
Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2012	1731	1731	0
2013	1901	1901	0
2014	2208	2208.24	0.24
2015	2771	2771.42	0.42
2016	3375	3375.77	0.77
2017	3426	3428.02	2.02
2018	3546	3554.71	8.71
2019	3305	3349.82	44.82
<b>Mejor Estimador</b>			<b>56.98</b>

$\alpha$ promedio			
Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2012	1731	3324	52 %
2013	1901	3640	52 %
2014	2208	4053	54 %
2015	2771	4476	62 %
2016	3375	4923	69 %
2017	3426	5046	68 %
2018	3546	5517	64 %
2019	3305	5733	58 %
<b><math>\alpha</math> promedio</b>			<b>59.875 %</b>

Hipótesis <i>a priori</i>		
Año	Emisión	Emisión* $\alpha = 59,875 \%$
2012	3324	1990.25
2013	3640	2179.45
2014	4053	2426.73
2015	4476	2680.01
2016	4923	2947.65
2017	5046	3021.29
2018	5517	3303.3
2019	5733	3432.63

Seguros Banorte Información Acumulada Autos								
Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
2012	1595	1694	1722	1726	1728	1729	1731	1731
2013	1705	1857	1888	1897	1898	1899	1901	1901
2014	1945	2152	2196	2203	2206	2208	2210.67	2210.67
2015	2199	2692	2753	2767	2771	2772.84	2775.79	2775.79
2016	2708	3263	3353	3375	3378.42	3380.44	3383.69	3383.69
2017	2902	3335	3426	3440.1	3443.6	3445.67	3449	3449
2018	3222	3546	3619.74	3635.15	3638.98	3641.24	3644.88	3644.88
2019	3305	3711.47	3788.09	3804.11	3808.09	3810.44	3814.22	3814.22

Bornhuetter Ferguson $\alpha$ promedio			
Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2012	1731	1731	0
2013	1901	1901	0
2014	2208	2210.67	2.67
2015	2771	2775.79	4.79
2016	3375	3383.69	8.69
2017	3426	3449	23
2018	3546	3644.88	98.88
2019	3305	3814.22	509.22
<b>Mejor Estimador</b>			<b>647.25</b>

## Apéndice D

### Información 2020

Triángulo Incremental de siniestros autos									
Año	Emision	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
2013	3640	1705	152	31	9	1	1	2	0
2014	4053	1945	207	44	7	3	2	3	
2015	4480	2199	493	61	14	4	4		
2016	4930	2708	555	90	22	5			
2017	5056	2902	433	91	14				
2018	5530	3222	324	27					
2019	5557	3305	158						
2020	5125	2638							

Triángulo Acumulado de siniestros autos

Año	Emision	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
2013	3640	1705	1857	1888	1897	1898	1899	1901	1901
2014	4053	1945	2152	2196	2203	2206	2208	2211	
2015	4480	2199	2692	2753	2767	2771	2775		
2016	4930	2708	3263	3353	3375	3380			
2017	5056	2902	3335	3426	3440				
2018	5530	3222	3546	3573					
2019	5557	3305	3463						
2020	5125	2638							

Factores de desarrollo

$FD_1$	$FD_2$	$FD_3$	$FD_4$	$FD_5$	$FD_6$	$FD_7$
1.1291	1.020421	1.004847	1.001269	1.001018	1.001217	1

Factores de desarrollo

$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$
1.161806	1.028966	1.008373	1.003509	1.002237	1.001217	1

Chain Ladder

Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2013	1901	1901	0
2014	2211	2211	0
2015	2775	2778.38	3.38
2016	3380	3387.56	7.56
2017	3440	3452.07	12.07
2018	3573	3602.92	29.92
2019	3463	3563.31	100.31
2020	2638	3064.84	426.84
<b>Mejor Estimador</b>			<b>580.08</b>

Betas

$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$
0.860729	0.97185	0.991696	0.996503	0.997768	0.998784	1	1

Hipótesis <i>a priori</i>		
Año	Emisión	Emisión* $\alpha = 4,8\%$
2013	3640	191.83
2014	4053	213.59
2015	4480	236.1
2016	4930	259.81
2017	5056	266.45
2018	5530	291.43
2019	5557	292.85
2020	5125	270.09

Seguros Banorte Información Acumulada Autos								
Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
2013	1705	1857	1888	1897	1898	1899	1901	1901
2014	1945	2152	2196	2203	2206	2208	2211	2211
2015	2199	2692	2753	2767	2771	2775	2775.29	2775.29
2016	2708	3263	3353	3375	3380	3380.26	3380.58	3380.58
2017	2902	3335	3426	3440	3440.34	3440.61	3440.93	3440.93
2018	3222	3546	3573	3574.4	3574.77	3575.07	3575.42	3575.42
2019	3305	3463	3468.81	3470.22	3470.59	3470.89	3471.25	3471.25
2020	2638	2668.01	2673.37	2674.67	2675.01	2675.28	2675.61	2675.61

Bornhuetter Ferguson $\alpha$ estatutaria			
Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2013	1901	1901	0
2014	2211	2211	0
2015	2775	2775.29	0.29
2016	3380	3380.58	0.58
2017	3440	3440.93	0.93
2018	3573	3575.42	2.42
2019	3463	3471.25	8.25
2020	2638	2675.61	37.61
<b>Mejor Estimador</b>			<b>50.08</b>

$\alpha$ promedio			
Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2013	1901	3640	52 %
2014	2211	4053	55 %
2015	2775	4480	62 %
2016	3380	4930	69 %
2017	3440	5056	68 %
2018	3573	5530	65 %
2019	3463	5557	62 %
2020	2638	5125	51 %
<b><math>\alpha</math> promedio</b>			<b>60.5 %</b>

Hipótesis <i>a priori</i>		
Año	Emisión	Emisión* $\alpha = 60,5\%$
2013	3640	2202.2
2014	4053	2452.07
2015	4480	2710.4
2016	4930	2982.65
2017	5056	3058.88
2018	5530	3345.65
2019	5557	3361.99
2020	5125	3100.63

Seguros Banorte Información Acumulada Autos								
Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
2013	1705	1857	1888	1897	1898	1899	1901	1901
2014	1945	2152	2196	2203	2206	2208	2211	2211
2015	2199	2692	2753	2767	2771	2775	2778.3	2778.3
2016	2708	3263	3353	3375	3380	3383.03	3386.66	3386.66
2017	2902	3335	3426	3440	3443.87	3446.98	3450.7	3450.7
2018	3222	3546	3573	3589.08	3593.31	3596.71	3600.78	3600.78
2019	3305	3463	3529.72	3545.88	3550.13	3553.55	3557.64	3557.64
2020	2638	2982.55	3044.09	3058.99	3062.91	3066.06	3069.83	3069.83

Bornhuetter Ferguson $\alpha$ promedio			
Año	Sin. Ocu	Sin. Últ.	Mejor Estimador
2013	1901	1901	0
2014	2211	2211	0
2015	2775	2778.3	3.3
2016	3380	3386.66	6.66
2017	3440	3450.7	10.7
2018	3573	3600.78	27.78
2019	3463	3557.64	94.64
2020	2638	3069.83	431.83
<b>Mejor Estimador</b>			<b>574.91</b>