

# Grado de Administración y Dirección de Empresas

**Título: Visión general del sector asegurador.  
Cálculo de provisiones en seguros de no vida.**

**Autoría:** Sofia Fuentelsaz Jimeno

**Tutoría:** Eva Boj Del Val

**Departamento:** Matemática Económica, Financiera y Actuarial

**Curso académico:** 2022-2023



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

Facultat d'Economia  
i Empresa



## RESUMEN

El sector asegurador cada vez va incrementando su peso en la sociedad. La función principal de las entidades aseguradoras es cubrir parte de los riesgos a los que se exponen las personas en su día a día. Según las diferentes características de los riesgos cedidos, surge la principal clasificación de seguros: los patrimoniales, los de daños y los personales. Con estos últimos se aseguran perjuicios que puedan afectar directamente al estado de las personas, aunque no todos los tipos se consideran del ramo de vida. Para garantizar que en un futuro las aseguradoras tengan la capacidad de pagar las indemnizaciones, reservan parte de sus ingresos en las llamadas provisiones técnicas. En este trabajo se describen las provisiones específicas del ramo de no vida y, utilizando el programa "RStudio", se realiza una aplicación con datos reales en forma de triángulo de desarrollo en la que se calcula la provisión utilizando el método "Chain-Ladder".

### Palabras clave:

- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| -Cobertura de riesgos   | -Cálculo de provisiones     |
| -Entidades aseguradoras | -Metodología "Chain-Ladder" |
| -Seguros no vida        | -Triángulo de desarrollo    |

## ABSTRACT

Title: Overview of the insurance sector. Calculation of non-life insurance provisions.

The insurance sector is becoming increasingly important in society. The main function of insurance companies is to cover part of the risks to which people are exposed in their daily lives. According to the different characteristics of the risks ceded appear the most used classification of insurance: property insurance, damage insurance and personal insurance. With this latter type of insure, damages that may directly affect person's condition are insured, although not all types of this insurance are considered life insurance. In order to ensure that companies will be able to pay out compensations in the future, they set aside part of their income in so-called technical provisions. In this work are described the specific provisions for non-life insurance and, using the RStudio program, an application with real data is made through a run-off triangle in which the provision is calculated using the Chain-Ladder method.

### Keywords:

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| -Risk coverage       | -Claims reserving         |
| -Insurance companies | -Chain-Ladder methodology |
| -Non-life insurance  | -Run-off triangle         |

# ÍNDICE

<b>1. Introducción</b> .....	3
<b>2. Evolución de la implantación del sector asegurador tal y como funciona en la actualidad</b>	4
<b>3. Contextualización del mecanismo asegurador</b> .....	8
<b>4. Seguros de no vida</b> .....	15
4.1. <i>Productos más relevantes de la rama de no vida</i> .....	16
<b>5. Seguros de vida</b> .....	20
5.1. <i>Productos más relevantes de la rama de vida</i> .....	21
<b>6. Cálculo de provisiones en seguros de no vida</b> .....	26
6.1. <i>Aplicación en el programa “RStudio” con datos reales</i> .....	33
<b>7. Conclusiones</b> .....	42
<b>8. Bibliografía y Webgrafía</b> .....	44
<b>9. Anexo</b> .....	46

## 1. Introducción

Este trabajo de fin de grado se enmarca en el área actuarial y, más concretamente, trata de investigar sobre qué es realmente el sector asegurador y profundizar sobre qué papel tiene en la sociedad actual.

Es un ámbito que resulta interesante descubrir ya que, de algún modo, está presente en la vida cotidiana de las personas o lo va a estar en algún momento futuro. Desde la obligatoriedad de tener un seguro de automóvil, en el caso de tener un coche en propiedad, a otro tipo de seguros que pueden resultar útiles como el del hogar u otro de salud. Aunque hay otra justificación para haber escogido esta temática para este trabajo, y es que es un área muy amplia con diversas salidas profesionales para tener en cuenta en el futuro. Por tanto, es otro motivo para analizar en qué consisten los seguros y las diferentes ramas que hay en la actualidad.

Por otro lado, estudiar el sector es una manera de ver la aplicación en el mundo real que tiene la teoría y los conceptos estudiados en las asignaturas del curso.

El trabajo se inicia de manera teórica mostrando, primeramente, la evolución a lo largo de los años sobre cómo se fue creando el sector asegurador respondiendo a las diversas necesidades de la sociedad de cada momento. Todo con la intención de descubrir cómo surge la necesidad de crear un sector asegurador.

A continuación, se presentan diferentes apartados con el principal objetivo de conocer cómo es y funciona el mecanismo asegurador en la actualidad y, cuáles son los productos que la población se puede encontrar para cubrir sus riesgos en caso de requerir protección. Además de saber cuáles son los productos aseguradores más demandados.

Posteriormente se presenta la parte más práctica del trabajo donde se realiza un cálculo de provisiones en seguros del ramo de no vida. Para este análisis se utilizan datos reales sobre el número y los costes de siniestros relativos al periodo de tiempo desde 1995 hasta el 2003. Todo ello se realiza con el programa informático "RStudio" donde, sobre un área de trabajo específica se aplica la metodología "Chain-Ladder" para poder realizar el cálculo de provisiones.

Con esta parte práctica se pretende aprender a trabajar con datos ofrecidos por compañías aseguradoras y describirlos. Además de desarrollar más habilidades de las estudiadas en clase con el programa "RStudio" y así descubrir nuevas funciones de este.

## 2. Evolución de la implantación del sector asegurador tal y como funciona en la actualidad

El mundo de los seguros cumple importantes funciones en la sociedad actual, algunas de las cuales se expondrán en este trabajo. Este hecho explica la amplitud que tiene el sector asegurador en la actualidad y su peso en la economía. De hecho, en los últimos 12 años el sector asegurador en España ha representado entre un 5 y un 6% del PIB anual. Concretamente en 2020, tuvo un peso del 5,4% sobre el PIB (dato extraído de la página sobre datos estadísticos llamada “*Statista*”).

Además, la gran mayoría de personas o ya tienen algún seguro privado, o lo van a tener que contratar en determinados momentos de su vida. Las personas buscan maneras de protegerse en momentos en los que piensan que un riesgo les puede perjudicar. Por lo tanto, las compañías aseguradoras tienen que estar actualizadas y ofrecer los servicios que la sociedad demanda en cada momento.

Pero hasta llegar a este momento de desarrollo de los seguros, estos han tenido que sufrir una serie de transformaciones explicadas principalmente por la evolución de las necesidades que han ido teniendo las personas a lo largo de los años.

Como bibliografía de referencia principal para los apartados más teóricos del trabajo se han utilizado los libros *Teoría General del Seguro* (Alegre et al., 2017) y *Introducció al món de les assegurances* (Bermúdez et al., 2004).

Como concepto más básico, el seguro es un mecanismo para cubrirse de riesgos, y los humanos desde siempre, incluso en la prehistoria, han sentido la necesidad de prevenirse de ellos. En esa etapa, las contingencias a las que podían estar expuestos afectaban directamente a su supervivencia o a la de los individuos que convivían con ellos. Por ejemplo, si al ir a cazar el encargado de ello se hacía daño, no tendrían nada para comer. La solución a este tipo de riesgos nacía de forma inconsciente y es que, al vivir en comunidad, los otros miembros de la tribu ayudaban al afectado con espíritu solidario.

Para el autor Manes (1930), en la Edad Antigua comienza lo que él denomina la prehistoria en la evolución de los seguros y no es hasta finales de la Edad Media cuando empieza la historia del seguro, como una institución ya formalizada.

En la Edad Antigua surgen ciertas asociaciones que funcionan con la misma ayuda solidaria de todos los miembros hacia unos pocos que padecían pérdidas económicas, pero aún no se considera una forma de seguros como en la actualidad.

Se conoce que en pueblos como Fenicia o Grecia surgieron acuerdos en el comercio marítimo. Un ejemplo sería que entre todos contribuyeran a pagar daños causados por una gran

tormenta. También surgieron en la ciudad de Rodas en Grecia unos préstamos donde la cantidad era el valor del barco o de todo aquello que se transportaba, a cambio de unos altos intereses.

Más adelante, en la época romana surgen las llamadas "*collegia*" (comunidades de trabajadores) a las cuales, cada uno de los miembros tenía que aportar una pequeña cuota periódica para cubrir los gastos de funerales de los trabajadores fallecidos ("*collegia funeraticia*") o, para ayudar económicamente al trabajador en caso de enfermedad o a su familia en caso de su fallecimiento ("*collegia tenuiorum*").

Dentro de estos grupos de soporte, todos estaban expuestos al mismo riesgo y estaban dispuestos a ayudar solidariamente ya que, sabían que en el caso que este suceso les sucediese a ellos, todos los demás les ayudarían.

En la Edad Media se siguen desarrollando las manifestaciones aseguradoras en el comercio marítimo. Y sustituyendo a los antiguos "*collegia*" romanos aparecen los gremios. Según el diccionario de la lengua española de la Real Academia Española (RAE), un gremio es una agrupación de personas que se dedican al desarrollo de una misma profesión y que funcionaban según unas ordenanzas concretas. Dentro del gremio se distinguía al maestro, a los oficiales y a los aprendices. Algunas de las normativas de estas asociaciones dictaminaban que, a cambio de pagar una cantidad de dinero periódicamente, en caso de ocurrencia de algunas situaciones estipuladas como un incendio o un naufragio, el gremio se responsabilizaba de pagar una indemnización al perjudicado.

Es en estos momentos cuando estos acuerdos se van asimilando más a lo que es hoy un seguro, ya que aparece el concepto de pagar una cantidad determinada de dinero por si en un futuro sucede el siniestro estipulado, creando un fondo común con todas estas cantidades, de donde se sacarán las indemnizaciones futuras.

Pero la institución del seguro no se creó de forma consciente como un medio para cubrir riesgos hasta finales de la Edad Media e inicios de la Edad Moderna, cuando comienza la historia del seguro según Manes, y el hecho que marca el paso es la creación del primer contrato de seguro marítimo. Específicamente se creó en el 1347 en Génova y lo que cubría era un buque cuya ruta finalizó en Mallorca. Italia fue el principal lugar precursor ya que años después, en 1969, se creó la primera legislación que regía estos contratos, llamados pólizas.

También en Barcelona, dado el comercio marítimo del Mediterráneo, surgieron unas primeras regulaciones sobre normativas y contratos. Pero también surgieron otras "Ordenanzas" en el territorio español, y todas ellas supusieron los inicios de las bases jurídicas del seguro que fueron evolucionando hasta la actualidad.

En todos los periodos se cumple el principio básico del seguro (que continua hoy en día), y es que las pérdidas o desgracias con consecuencias económicas de unos pocos se reparten entre todos los miembros implicados en la asociación.

Fue ya entrada la Edad Moderna, concretamente en 1668, cuando se creó en París la primera compañía de seguros relacionada con el negocio marítimo.

En 1666, después de un gran incendio que causó perjuicios a una gran parte de la ciudad de Londres, surgió en el ayuntamiento un servicio para asegurar los edificios. Se creó con el motivo de poder pagar destrozos en caso de que otro incendio se produjera. Años después, en 1710 pasó de ser un servicio público a una compañía aseguradora privada llamada "*Sun Fire Office*", actualmente "*Sun Insurance Office*".

Relacionada con el comercio marítimo, en 1779 surgió el mercado de seguros Lloyd's, que sigue funcionando en Inglaterra. Debido al aumento de tránsito en la industria marítima, en una cafetería de Londres se reunían comerciantes que hablaban de los negocios y particulares con intención de cubrir sus riesgos. El dueño Edward Lloyd empezó a publicar una especie de diario, conocido como "*Lloyd's News*", donde se publicaba información de actualidad sobre las próximas rutas marítimas, sobre a qué puertos llegaban las mercancías o, diferentes naufragios que se habían producido. Como resultado se creó una organización de aseguradores con todos los negociantes que iban al café. Es una sociedad que aún existe en la actualidad como asociación de aseguradores y en ella se pueden reasegurar pólizas.

Como inicio de los actuales seguros de vida, en el siglo XVII existían las tontinas. Consistían en que un grupo de personas de similar edad se reunía y hacía un fondo donde cada uno de ellos incluía la misma cantidad de dinero. Este fondo no se tocaba, sino que se invertía hasta pasar una serie de años estipulados por los mismos participantes. Al llegar la fecha acordada, el dinero del fondo más los intereses que había retribuido se repartía entre los supervivientes del grupo.

La primera compañía de seguros de vida se creó en Londres en 1762, llamada "*Old Equitable Life Assurance Society*". Esta sociedad, para calcular las primas a pagar por los asegurados o las indemnizaciones a cobrar, fue la primera en introducir en los cálculos la probabilidad de fallecimiento según diversos factores como la edad. Esto fue posible gracias al desarrollo científico de la estadística, que finalmente ha derivado en los actuales seguros de vida.

Por lo tanto, es con la aparición de las compañías aseguradoras cuando se da un paso adelante en la evolución de los seguros ya que, se deja de lado el antiguo mecanismo de crear un fondo mutual con las aportaciones de todos los participantes con el objetivo de que, cuando a alguno de ellos le suceda el riesgo al que todos están expuestos, se le indemnice de este fondo común. Entonces surge un mecanismo asegurador moderno, donde la entidad aseguradora es una

gestora del fondo y hace de intermediaria. Ahora los asegurados pagan las primas a la entidad, que las recoge todas en un fondo y es ella quien, en caso de siniestro, paga la indemnización al asegurado perjudicado. Y, aunque ya no sea un fondo que crean los propios expuestos al riesgo, mantiene el espíritu solidario anterior ya que, las pérdidas de unos pocos se siguen repartiendo entre todos. Además, pasa a ser un negocio lucrativo, buscando un beneficio a cambio del servicio de asegurar.

Fue a partir del siglo XVIII, al comenzar la Edad Contemporánea, cuando se instauró el sistema asegurador tal y como funciona en la actualidad. Uno de los factores clave fue la Revolución Industrial. La sociedad pasó de ser rural a industrial y la población de las ciudades creció, entonces ya era más difícil hacer acuerdos de seguros entre tanta gente porque no se conocían entre ellos. Ahora se necesita un intermediario (la compañía aseguradora) para que la gente confíe en el mecanismo. Otro factor que destacar es la Revolución Científica ya que, con los avances tanto en estadística como en el cálculo de probabilidades, determinar la cantidad de prima necesaria para que la aseguradora pueda pagar en un futuro es mucho más preciso y técnico ahora con las operaciones actuariales. Se consiguió gracias al estudio de autores como Pascal, Laplace o Bernoulli.

La sociedad industrial requería que nuevas necesidades fueran cubiertas, ya que los individuos dejaron de estar tan protegidos por el deterioro de los gremios o el fin del proteccionismo. Y para ello fueron apareciendo nuevas ramas de seguros, ya no tan centradas en el comercio marítimo o riesgos provenientes de la naturaleza, sino enfocados en asegurar bienes y, más tarde, aparecen los seguros personales que pudieron desarrollarse gracias tanto a los avances científicos explicados anteriormente como a la evolución de las legislaciones. Simultáneamente se van creando nuevas entidades aseguradoras por Europa. Un ejemplo es la Sociedad de Seguros Mutuos contra Incendios de Casas, fundada en Madrid en el año 1821.

A partir de finales del siglo XIX hasta la actualidad, motivos como la migración hacia las ciudades o el desarrollo industrial, entre otros factores, han impulsado el crecimiento de los seguros. Pero en el siglo XX, la libertad anterior de contratar un seguro encuentra el límite de que se vive en sociedad y se intenta encontrar el bienestar común.

Como consecuencia, se desarrollan las legislaciones que han llegado hasta nuestros días como, por ejemplo, indican como debe funcionar la actividad, como se deben estipular los contratos o qué tipo de regulación se tiene que cumplir. También, por parte del Estado se establecieron ciertos seguros obligatorios como son el seguro de responsabilidad civil o la Seguridad Social. La legislación relativa al sector asegurador se ha ido perfeccionando desde las primeras menciones en el Código de Comercio de 1885 hasta la ley de 1984 que rige en la actualidad, donde el sector español se armonizó a las normativas europeas.

### 3. Contextualización del mecanismo asegurador

Como idea más general, pero que en el fondo es la raíz de todo el sector asegurador, es que una persona, al firmar un contrato con una compañía aseguradora, lo que está haciendo es transferirle a esta entidad un riesgo suyo o, al menos, una parte de este.

Las personas pueden quedar en situaciones vulnerables después de eventos que no dependen de ellas, como puede ser una enfermedad, un accidente de tráfico o el fallecimiento de familiares de los cuales dependían económicamente. El término de personas no solo se refiere a figuras individuales, si no que, las empresas también se aseguran ante contratiempos que puedan sufrir. Por lo tanto, se podría afirmar que la existencia actual del mecanismo asegurador responde a la necesidad de estar protegidos ante acontecimientos externos que afectarían al desarrollo habitual de la vida.

El riesgo es un concepto que se incluye en la mayoría de las definiciones o explicaciones que hablan del sector asegurador y, de hecho, también se utiliza al definir lo que son las ciencias actuariales (que es el área general en la que se incluye este trabajo). Por tanto, es primordial definirlo. Pero independientemente, el riesgo existe en muchos ámbitos y se relaciona habitualmente con la sensación de peligro. Por ello, hay que definir lo que se entiende por riesgo en el mundo asegurador, que es la definición más técnica.

La definición que se presenta se ha extraído del capítulo 2 del libro *Introducció al món de les assegurances* (Bermúdez *et al.*, 2004):

“El riesgo es la posibilidad de que ocurra un hecho futuro, fortuito, incierto y económicamente desfavorable”.

Como deducción, se puede extraer que el riesgo al que una persona este expuesta, y por el que busque protección ante él mediante un contrato de seguro, tiene que ser un evento que piense que le puede afectar pero que aún no ha sucedido. Además, si finalmente se produce, tiene que haberse dado de manera totalmente ajena al asegurado ya que, si este mismo lo provocara, ya no sería un evento fortuito. Como se ha comentado, un sujeto se asegura de algo que cree que le puede suponer pérdidas en un futuro, pero a la hora de asegurarse realmente no puede saber si finalmente acabará sucediendo o, si lo hace, se desconoce el momento y la intensidad en el que pueda acontecer. Como resultado del acontecimiento del riesgo (situación conocida como siniestro), el asegurado tiene que haber sufrido pérdidas de tipo económico. No solamente teniendo que soportar pérdidas materiales, como sería el caso de un incendio en la vivienda, sino que también patologías físicas que requieren servicios médicos o necesitar directamente ayudas económicas tras sufrir la pérdida de un familiar o tener que reponer objetos materiales.

Al haber una gran tipología de pérdidas económicas que se pueden sufrir, tienen que existir ciertas agrupaciones que engloben las más similares para que la compañía pueda ofrecer diferentes productos a los clientes. De los diferentes tipos de pérdidas existentes (y por tanto de los diferentes riesgos), nacen las ramas de seguros que conviven en el sector. Principalmente hay tres grandes bloques de seguros:

- Seguros **personales**: cubren aquellos riesgos que afectan directamente a la persona asegurada. Existen diversos tipos, entre ellos los de salud, útiles para cuando la persona enferma y ofrecen el servicio que da la Sanidad Pública. Hay personas que lo utilizan como complemento a esta y otras la sustituyen completamente. Otra tipología es la de invalidez o dependencia. Pero todos ellos protegen de riesgos que perjudican la salud o supervivencia de los individuos.
- Seguros **de daños**: al contratarlos se pretende proteger objetos materiales de incendios, robos o problemas que puedan tener profesionales a la hora de trabajar, como averías de máquinas o desperfectos causados durante un montaje de exposiciones o daños en fábricas.
- Seguros **patrimoniales**: se contratan con la finalidad de salvaguardar el patrimonio de una persona física o de una persona jurídica. Es decir, si en una empresa hay una inundación, a parte de los daños físicos que habrá que reparar, todo el tiempo perdido en volver a poner la fábrica en funcionamiento suponen pérdidas en el resultado de la empresa ya que, si no hubiera sufrido ningún imprevisto, durante ese tiempo se hubiera producido de manera habitual. El más relevante es el seguro de responsabilidad civil y se contrata para que, si se causa un daño a un tercero, sea el seguro quien se encargue de la indemnización ya que pueden resultar cuantías bastante elevadas. Habitualmente se incluye dentro de un contrato junto con otras tipologías, como en el caso de los seguros de automóvil, y como resultado surgen los conocidos seguros multirriesgo. Otras tipologías patrimoniales pueden ser de crédito o de defensa jurídica.

Como se ha comentado, los seguros multirriesgo son pólizas en las que se incluye más de una cobertura y, habitualmente, combinan seguros personales, de daños y patrimoniales. Los ejemplos más conocidos son el seguro de coche, el del hogar, los que contratan los negocios, además de aquellos que contratan en los edificios los propietarios de las viviendas para proteger las zonas comunes. En el caso del coche, como cobertura patrimonial se incluye obligatoriamente la de responsabilidad civil, como coberturas personales se integran las que cubren al conductor y acompañantes y, como cobertura de daños algunos ejemplos son las que protegen de robos o roturas de lunas.

Muchas veces se utiliza otro tipo de clasificación, especialmente cuando se definen que riesgos aseguran las diferentes compañías aseguradoras. Por ello es común oír que una entidad opera en el ramo de vida, en el ramo de no vida o incluso, las grandes aseguradoras pueden operar en los dos. La principal razón por la que se distinguen es que la matemática y estadística actuarial utilizada para sus cálculos es diferente. Pero esta diferenciación se explica más detalladamente en los apartados 4 y 5 de este trabajo.

Existen diferentes formas de solucionar o mitigar situaciones de riesgo que puedan perjudicar:

- Esta primera opción no se puede considerar una manera de protegerse ante un riesgo, ya que implica ser conecedor de que una situación pueda darse y afectar negativamente, pero simplemente no se pone ningún tipo de remedio.
- **Prevención:** ante el conocimiento del posible riesgo, se ejecutan diferentes acciones para que, si en el futuro se produce el suceso, los efectos no sean tan devastadores. Existen diferentes grados de prevención: el de mayor protección sería intentar que no sucediese el riesgo, después que sus efectos no sean perjudiciales, seguido de poner medidas para que las consecuencias sean pequeñas o, una vez pasado el siniestro, intentar recuperar aquello que aún tenga valor. Es muy difícil lograr eliminar completamente un riesgo con este tipo de medidas, con lo que en la mayoría de los casos simplemente se intenta que pueda causar los mínimos daños posibles.
- **Ahorro:** consiste en acumular progresivamente dinero para que, en caso de suceso perjudicial, tener los suficientes medios para remediar el resultado. Puede pasar que el riesgo ocurra antes de lo previsto y no haber tenido el suficiente tiempo para ahorrar lo necesario, y es una idea para tener en cuenta al decidir si es la opción a escoger para protegerse.
- **Autoseguro:** es una solución altamente compleja y supone que un agente productor de rentas, como por ejemplo una empresa o incluso un particular, conscientemente destine parte de su patrimonio a cubrir ciertos sucesos que le puedan ocurrir. Una opción es ir creando un fondo. No es lo mismo que el primer tipo de protección, ya que aquí si hay un pensamiento y acciones para protegerse. Tampoco se crea un fondo como el de una aseguradora, ya que simplemente aporta dinero la propia entidad. Técnicamente es difícil ya que no es la actividad productiva del agente y puede haber desconocimiento estadístico de cómo funciona una aseguradora real. Además de que es difícil determinar cuál será la cantidad futura necesaria y tan solo contribuye un patrimonio.

→ **Seguro:** responde al concepto expuesto al inicio de este apartado. Se contrata un seguro cuando se cree que, en caso de que suceda el riesgo, no se van a poder asumir las consecuencias y se prefiere pagar unas primas a una entidad aseguradora para que, en caso de siniestro, parte de los daños económicos recaigan sobre ella.

Todas estas medidas son complementarias entre ellas ya que es difícil que tan sólo con una se pueda eludir completamente un riesgo. Aunque cabe destacar que la más completa es contratar un seguro pese a que conlleve pagar un precio por esta cobertura. Por un lado, al tener un contrato escrito se sabe en todo momento que se tiene asegurado y que no (todo lo que no esté especificado, no está asegurado). Por otro lado, es un servicio inmediato. Desde el momento en que se paga la prima, el asegurado ya está cubierto, lo cual soluciona el problema que tiene la medida del ahorro de no haber acumulado el dinero necesario por no haber tenido suficiente tiempo.

Además, una persona individual no se puede comparar con una entidad aseguradora, ya que el gran tamaño de esta última le permite recoger suficiente capital (primas) e invertirlo en lugares que le dan mayores rendimientos.

Una combinación eficaz de las diferentes medidas puede, no tan solo mejorar la cobertura, si no también reducir el precio del seguro, ya que realmente al tomar medidas de prevención, el riesgo no es tan elevado como el de alguien que no tome ninguna. Y al ahorrar, se podrían eliminar coberturas no tan esenciales que van incrementando la prima.

Todos los participantes dentro del sector sobre el que se desarrolla el trabajo son lo que forman la organización aseguradora. Desde la oferta, donde se encuentran las entidades aseguradoras, hasta la demanda, formada por aquellas personas interesadas en proteger sus riesgos, pasando por todas aquellas normativas y legislaciones que el regulador (la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones (DGSFP), como institución más destacada) impone para que el mecanismo funcione y todos los sujetos cumplan con la parte estipulada que les corresponde. Como dato a destacar, en la demanda no solo encontramos al asegurado, que es la persona que sufriría las consecuencias del riesgo en caso de que sucediera, sino que también existe el tomador, que es quien formaliza el contrato y el responsable de pagar la prima, y el beneficiario, quien recibiría la indemnización futura. En muchas ocasiones una misma persona es quien toma los tres roles.

Una vez expuestas ciertas definiciones imprescindibles como la de riesgo e ideas generales de los seguros, a continuación, se presenta como funciona el mecanismo asegurador en sí, además de cuáles son los flujos de ingresos y gastos, y los momentos en los que se perciben dentro del ciclo económico asegurador.

Diversos autores como puede ser Donati (1960) definieron lo que es un seguro y, como resumen, se puede definir no solo como un contrato, sino también como una institución de carácter económico donde, una cantidad de personas que sienten la necesidad de protegerse frente a un riesgo de similares características, pagan una prima calculada mediante diversas metodologías estadísticas. Esta prima, que es el precio de este contrato, se paga a la entidad aseguradora, la cual las reúne todas en un fondo común. Este fondo no que queda todo el tiempo en la entidad, si no que se invierte para conseguir ganancias (se explica más detalladamente en el siguiente párrafo). Entonces, si en un futuro sucede el hecho estipulado en el contrato, la aseguradora estará obligada a cumplir su compromiso y tendrá que pagar al asegurado la cantidad de dinero previamente acordada.

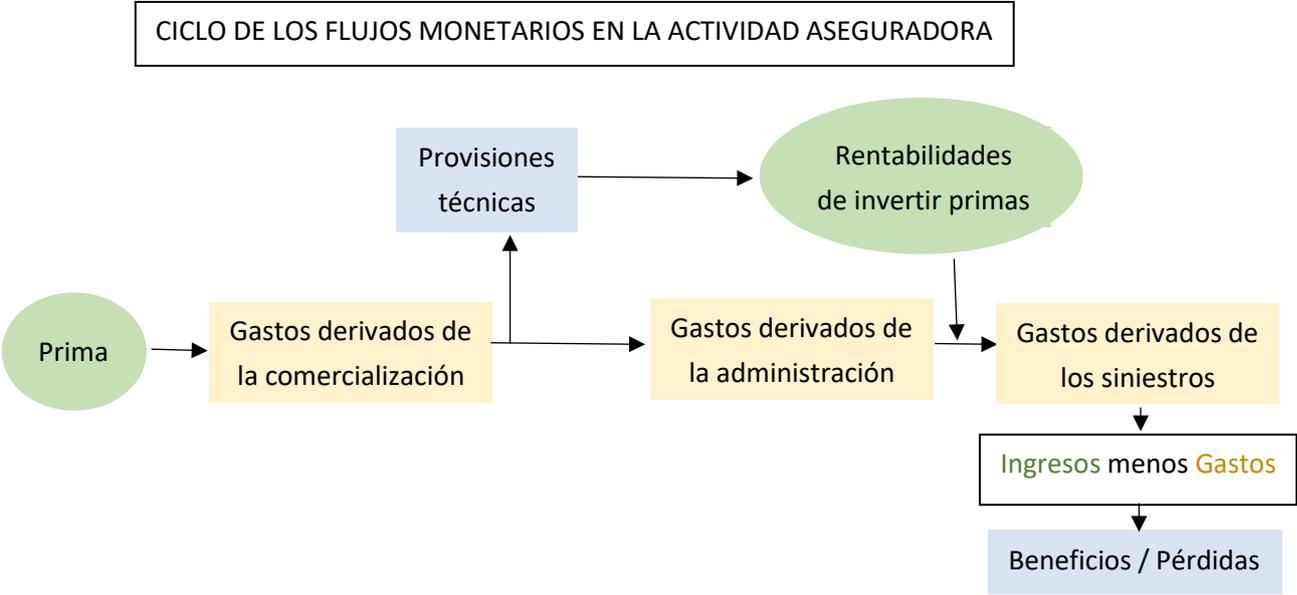
Por lo tanto, la entidad debe tener una serie de garantías y hacer un buen cálculo de las primas para que tenga el suficiente capital como para poder pagar a todos los afectados. En este punto es importante destacar la ley de los grandes números, en la que intervino Bernoulli, autor mencionado en el anterior apartado histórico, ya que desarrolló diversos avances matemáticos que fueron útiles para el progreso del mundo asegurador. Esta ley determina que tan solo se debe asegurar un riesgo si existe la opción de que afecte a un gran número de personas, pero que no les suceda a todos a la vez. De hecho, es un concepto que mantiene cierta relación con el espíritu solidario característico del mecanismo, es decir, que todos contribuyen al fondo, pero solamente unos pocos van a recibir una indemnización. Al reunir las primas de todos los participantes, siniestros que serían dificultosos de cubrir por una persona individual son aceptables para la entidad.

Si ahora nos centramos en el ciclo económico asegurador, vemos como característica relevante que los flujos de gastos e ingresos no van en la misma dirección que en cualquier otra actividad económica, incluyendo otras que también entran dentro del grupo de los servicios.

Lo primero que pasa es que las entidades cobran el dinero de las primas que han vendido ellas mismas o los agentes externos que las comercializan (es el instante en el que reciben los ingresos). En este momento, surgen los primeros gastos, que son aquellos que surgen de la gestión y procesos para la venta de las pólizas (gastos de consumo inmediato según el libro *"Introducción al mundo de las aseguradoras"* (Bermúdez *et al.*, 2004)). Más adelante se pagan los gastos relacionados con la administración de la propia empresa (gastos de consumo diferido según el libro mencionado). Y finalmente, se desembolsa la mayor parte de los gastos que corresponde al pago de los siniestros, dando lugar a las indemnizaciones. Paralelamente a este proceso, durante el tiempo que no se tienen que pagar los siniestros, los ingresos derivados de las primas menos los gastos ya desembolsados se guardan en las llamadas provisiones técnicas, las cuales, mientras no hay que utilizarlas, se invierten para que rindan y poder conseguir ciertas ganancias.

Las entidades, al final del período, deben tener suficiente dinero juntando las primas cobradas menos los gastos de funcionamiento y, lo que se gana al invertir las provisiones, para poder pagar el conjunto de gastos de los siniestros que se conocen. Por esta razón, las primas se calculan en función de lo que se espera pagar a los asegurados y, los fondos no se pueden invertir en activos muy arriesgados.

Seguidamente se presenta un esquema donde se refleja visualmente todo el proceso por el que pasan los ingresos que obtienen las aseguradoras hasta que llega la ocasión de tener que desembolsar parte por el acontecimiento de siniestros a algunos de los asegurados. El esquema se ha extraído de los materiales teóricos impartidos en la asignatura “Fundamentos del seguro” por el profesor Lluís Bermúdez, pero en este trabajo se presenta su versión traducida al castellano.



**Figura 1.** Fuente: materiales asignatura “Fundamentos del Seguro” [Lluís Bermúdez]

Un concepto relevante es el conocido como reaseguro. Consiste en que, la propia entidad aseguradora, que mediante el contrato de seguro ha asumido el riesgo o parte del riesgo del asegurado, puede transferirle una parte del riesgo asumido a otra entidad, llamada la entidad reaseguradora. Es una posibilidad que se puede escoger si la aseguradora prevé que, en caso de algún gran siniestro, no podría hacer frente a la cantidad de dinero que aceptó pagar en caso de su ocurrencia. En esta situación se cambian los papeles y es la aseguradora quién transfiere parte de los riesgos asumidos a otra entidad, y según el diccionario de seguros de la compañía aseguradora “Allianz”, ahora la aseguradora pasa a ser la entidad cedente. De la misma forma que en un contrato de seguros habitual, aquí también hay un compromiso escrito de que responsabilidades asume cada parte.

La fundación MAPFRE surgió, tal y como se conoce en la actualidad, en 2006, como resultado de la unión de diversas fundaciones anteriores creadas por la compañía aseguradora homónima. Su objetivo global es ayudar al desarrollo de la sociedad mediante diferentes proyectos, y entre ellos está el de difundir conocimientos. Por ello, a modo de recopilación se presentan los principios fundamentales que mueven a los seguros según la fundación MAPFRE:

- El carácter solidario que define a los seguros, por el hecho de que la recopilación de primas pagadas por muchas personas expuestas a un riesgo se utiliza para pagar las indemnizaciones a las personas que han sufrido ese mismo riesgo, situación que todos tenían la posibilidad de padecer.
- Este mecanismo permite a través de la indemnización recuperar la vida habitual anterior de forma más rápida. Resaltar la idea de que el contrato es una promesa de que, a cambio del pago presente de la prima, se entregará una compensación futura en caso de siniestro.
- Estas operaciones se engloban dentro del sector servicios, al no haber contraprestaciones materiales. A parte de entrelazar con ella otras actividades de servicios como, por ejemplo, se ofrecen servicios jurídicos en seguros como el de automóvil o el de hogar en caso de que se produzcan denuncias.
- Los seguros, aparte de ser un servicio de utilidad para los particulares, también contribuyen a la economía y finanzas en general. En primer lugar, se contribuye colectivamente a pérdidas de unos pocos, por lo tanto, se distribuye parte del dinero de los asegurados. También se participa en fondos que promueven otras entidades, como las financieras, para obtener rendimientos y asegurar el pago de rentas futuras. Por otro lado, respalda al desarrollo económico ya que, una industria por ejemplo puede funcionar con garantía de que, si pasa algo, está asegurada. Y entre otros, promueve el ahorro y, al invertir las primas, facilita conseguir financiación en sectores diferentes.

#### 4. Seguros de no vida

Este ramo del sector asegurador incluye todo el resto de las tipologías de seguros que no pertenecen al ramo de vida, el cual se explicará en el siguiente apartado. Por ello, en esta rama hay una mayor variedad de productos como consecuencia de que hay un mayor volumen de riesgos que pueden ser asegurados. También reciben el nombre de seguros generales al diferenciarlos de los de vida. La clasificación más primaria es la que separa a estos productos entre daños, patrimoniales y personales (donde se incluyen todos los seguros relacionados con cubrir a las propias personas a parte de los considerados del ramo de vida). Además, dentro de cada bloque hay una gran variedad de productos para contratar. A diferencia, en el ramo de vida existen diversos modelos que se pueden adaptar a las circunstancias y necesidades de los asegurados, e incluso han surgido nuevas tipologías diferentes a las tradicionales, pero siempre giran en torno a proteger o el fallecimiento o la supervivencia. Cabe destacar que los seguros de no vida no son contratados por particulares exclusivamente, sino que es muy común que empresas protejan sus bienes materiales imprescindibles para la generación de sus ingresos, además de ofrecer servicios a sus trabajadores, como sería el caso de un seguro de accidentes durante su jornada laboral.

Existen diversas fuentes, como en un apartado de divulgación de la página web de la compañía aseguradora “Allianz”, que diferencian una cuarta categoría dentro de los seguros generales, conocidos como seguros de prestación de servicios. Su principal característica es que, en situación de ocurrencia de un siniestro, no se entrega una cuantía monetaria, sino que se solucionan las consecuencias ofreciendo directamente el servicio necesario. Un ejemplo sería la asistencia médica en un seguro de salud, servicios de protección jurídica o, el seguro de decesos, donde al fallecer el asegurado se asumen los gastos funerarios. Los productos que se incluyen dentro de esta tipología se pueden englobar tanto dentro de los seguros personales, como los de daños, como los patrimoniales, por esto, simplemente se presentan las tres mencionadas como categorías elementales.

La estadística actuarial de no vida, mediante la cual se realizan todos los cálculos acerca de las primas o provisiones técnicas, tiene dos conceptos clave a calcular y, una vez más, son diferentes a los del campo de vida. Uno de ellos se trata del cálculo de la intensidad del siniestro ya que, para un mismo hecho asegurado en el contrato, la gravedad de las consecuencias económicas puede ser muy diversa. Un sencillo ejemplo sería un seguro de hogar que protege frente a incendios. No es lo mismo que se quemara una estancia a que se quemara la casa entera. Y, aunque siempre el contrato es el que especifica hasta que cantidad cubre la aseguradora, para que ella pueda determinar esta cuantía de indemnización es importante el cálculo de la prima a cobrar y donde se invierten las provisiones para asegurarse

de tener el capital suficiente en caso de siniestro. Por tanto, se puede afirmar que su intensidad no es constante.

Por otro lado, existe la posibilidad de que se repita el suceso del siniestro. Todos los riesgos que asegurar pueden repetirse en otro momento del tiempo y, a no ser que en el contrato estipule que tan solo existe cobertura para un número determinado de ocasiones, los cálculos de la entidad tienen que contemplarlo.

Por tanto, en el ámbito de este tipo de riesgos que permanecen estables, es decir, no cambian y siempre se está expuesto a ese mismo riesgo, las variables que hay que modelizar técnicamente son el **número de siniestros** (relacionado con la repetición) y el **coste de estos siniestros** (asociado a la intensidad).

Otra característica de los contratos del ramo de no vida es que habitualmente son anuales y la prima que se paga simplemente cubre durante este período. Pero, a no ser que haya comunicación entre las dos partes del acuerdo de que alguna de ellas quiera extinguir el contrato, este se renueva automáticamente cada año al finalizar el anterior. Otro motivo para su extinción es que una de las partes incumpla sus condiciones. Por ejemplo, es imprescindible que el riesgo asegurado sea incierto y fortuito, entre otras características enumeradas anteriormente y por lo tanto, si el asegurado conoce previamente que le va a ocurrir o lo fuerza para cobrar la indemnización y la entidad lo descubre, el contrato se anula.

#### *4.1.Productos más relevantes de la rama de no vida*

La Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones publica anualmente un documento llamado "Informe de Seguros y Fondos de Pensiones". En este informe se presentan datos y estadísticas actualizadas sobre la evolución que ha tenido el sector en el último año. El análisis muestra aspectos excepcionales que han afectado al sector, datos sobre la actividad, como el número de entidades aseguradoras o mediadores que operan tanto a nivel nacional como europeo y aspectos más concretos sobre los diferentes ramos existentes, además de productos privados de ahorro para pensiones.

El último informe publicado es el del año 2021 y, en el apartado c) 2.14. del capítulo I se presentan los datos relativos al ramo de no vida. En él se muestra que el seguro del automóvil es el que tiene más peso en los seguros generales, con un 30% de las primas, seguido con un 25,6% por el seguro de salud, concretamente el de asistencia sanitaria. Respecto el año 2020, el de automóvil se mantiene en primera posición, aunque ha descendido su participación, al contrario que el de asistencia sanitaria que ha aumentado su presencia en el sector, manteniendo el segundo lugar. Como tercer seguro con más presencia permanece el

multirriesgos del hogar con un 12,1% y el siguiente es el de decesos, que ha aumentado de 6,7% de primas en 2020 a un 6,8% en 2021.

La manera en la que se determina la posición de cada producto es mediante el peso que tienen las primas imputadas brutas de cada seguro respecto al total de primas imputadas brutas que se aportan al ramo de no vida. Se definen como primas devengadas brutas a las primas totales que se han cobrado durante el año, incluyendo tanto las provenientes de seguros como de reaseguros. Para obtener las primas imputadas brutas, hay que hacerles un ajuste a las devengadas brutas de toda aquella cantidad de primas que se ha pagado ese mismo año, pero que aún no se ha consumido y se tiene que guardar en provisiones para parte del año siguiente. Por lo tanto, ese 30% de las primas que tiene el seguro con más peso significa que, del total de primas consumidas durante el año, tanto de seguro como de reaseguro, el 30% se han destinado a seguros de auto.

El conjunto del ramo de no vida a tendido a coger más fuerza en los últimos años. Del año 2019 al 2020, las primas sufrieron una variación positiva del 1,54%. Y el último dato es que del 2020 al 2021, las primas han aumentado en un 2,86%. Por lo tanto, no solo hay un aumento anual en las primas destinadas a este ramo, sino que también el incremento es mayor cada año.

De igual manera, la fundación MAPFRE también presenta un informe anual llamado "El mercado español de seguros en 2021" y describe el sector asegurador y las tendencias de los últimos años. En el apartado 3.2 del capítulo 3 se presentan los datos del ramo de no vida. Sus datos confirman la disminución de las primas del seguro de automóvil, un 6% en los últimos 10 años, aunque deja entrever la idea que no necesariamente significa que haya menos pólizas contratadas, simplemente que, de media, los asegurados pagan menos al año que antes.

Respecto a la rama de salud, indica que el crecimiento se debe principalmente a la tipología de asistencia sanitaria que, aparte de representar más del 95% de todas las primas, ha aumentado un 3,4% más que los seguros llamados de enfermedad.

El crecimiento de la tipología de decesos se debe en gran medida a la buena respuesta que pudieron dar las aseguradoras durante el año 2020 ante la situación de pandemia.

Dentro de los **seguros personales** es donde se clasifican los seguros anteriormente mencionados de salud. Existen dos tipologías en la rama de salud, los seguros de enfermedad y los seguros de asistencia sanitaria.

La modalidad de asistencia sanitaria es la que, según los datos del año 2021, ha tenido una evolución al alza en cuanto a primas aportadas. Lo que ofrece su contratación son servicios de las diferentes especialidades de medicina, fármacos, y cualquier cura necesaria hasta que el asegurado recupere su estado de salud previo. Se pueden observar similitudes con los seguros

de daños, pero no dejan de ser personales porque al sujeto que se atiende es a una persona, ya que simplemente se prestan servicios para restablecer la salud (aspecto que se podría considerar como el daño) de una persona cuando ha sufrido daños en ella, y no se da una cuantía económica como indemnización como ocurre en el resto de los seguros personales y en los de vida. Es común que cubra ciertos gastos de hospitalización o de intervenciones quirúrgicas, pero lo tiene que especificar en cada contrato ya que estas coberturas pueden ser consideradas una modalidad aparte.

Hay personas que utilizan este tipo de coberturas como complementarias a los servicios que presta la Seguridad Social.

La tipología de seguros de enfermedad tiene como principal diferencia que no presta un servicio sanitario, simplemente da prestaciones económicas si el asegurado empieza a padecer una enfermedad. Algunas coberturas existentes son ayudas económicas por cada día que se está enfermo o indemnizaciones en caso de tener que permanecer ingresado en un hospital.

Los seguros de decesos, que mantienen una cuarta posición en el negocio asegurador, también pertenecen al grupo de personales. También se les conoce como seguros de entierro y las coberturas que prestan son, o una indemnización previamente acordada a los beneficiarios en caso de fallecimiento del asegurado para que puedan cubrir los gastos que supone el entierro o, directamente ofrecer los servicios funerarios necesarios.

Otros ejemplos de seguros personales son los de accidentes personales o los de invalidez.

El principal tipo de seguro dentro de los **seguros patrimoniales** es el de responsabilidad civil. Según el informe de la DGSFP esta tipología representa el 2,9% de las primas, aunque cabe resaltar que una parte importante de esta cobertura entra en el 30% de los seguros de automóvil, ya que es una cobertura obligatoria para contratar en los seguros de vehículos y, también dentro del multirriesgos del hogar se puede incluir esta cobertura. Principalmente lo que cubre es el patrimonio del asegurado ante acciones suyas que perjudiquen a un tercero. El Código Civil impone que cualquier persona que cause daños a un tercero de forma ya sea intencionadamente o por un descuido, tiene la obligación de reparar este perjuicio. Las cuantías económicas que pagar pueden resultar de gran magnitud, por ello, existe este seguro. Al pagar las primas el asegurado se protege de que, en caso de causar un daño a un tercero, la compañía aseguradora pagará la cuantía impuesta por el juez.

Los seguros de créditos, que recogen el 4,7% de las primas y se sitúan en quinta posición, también son patrimoniales. Su principal objetivo es que, en caso de que al asegurado sus deudores no le devuelvan las deudas (muchas veces los asegurados son empresas), es la aseguradora quien indemniza al asegurado para que sí cobre. Como la empresa ya ha cobrado, ahora es la aseguradora quien tiene el derecho de reclamar el dinero al deudor.

Dentro de la tercera categoría de los seguros generales, los conocidos como **seguros de daños**, encontramos los de incendios y los de robo como los más representativos. Estos riesgos pueden afectar a bienes materiales de manera que los pueden deteriorar parcialmente o llegar a eliminarlos por completo. Por ello, los dueños de estos objetos contratan este tipo de pólizas. Las indemnizaciones que cobran los asegurados, en caso de que el riesgo acabe produciéndose, acostumbran a ser cuantías económicas para poder reparar la pérdida material.

A la hora de establecer sus primas es importante conocer cuál es el valor de cada objeto incluido en el contrato, pero no es lo único que contemplan las entidades aseguradoras. También analizan aspectos como donde están situados (núcleos urbanos o rurales), si contiguamente se encuentran edificaciones con riesgos más elevados que los edificios normales (como sería el caso de una gasolinera), para que tipo de actividad se utilizan (no es lo mismo que formen parte del material productivo de una fábrica a que se encuentren en un hogar) o, si el propietario de los bienes previene los riesgos por su cuenta introduciendo medidas de seguridad como extintores o cámaras de videovigilancia. Todos estos elementos hacen variar el precio del seguro al alza o a la baja.

Los seguros de daños son útiles individualmente para las empresas, ya que este tipo de daños en sus instalaciones pueden llegar a derivar en consecuencias económicas mucho mayores al valor económico de los propios objetos afectados. Pero en el caso de los particulares, lo más habitual es que las contraten dentro de los anteriormente mencionados seguros multirriesgo.

Los **seguros multirriesgo** son de vital importancia dentro del sector asegurador español, ya que el de automóvil es el que más primas imputadas brutas ingresa y el de multirriesgos del hogar es el tercero en la clasificación.

El seguro de automóvil se considera un multirriesgo ya que las coberturas que se pueden contratar son tanto patrimoniales, como de daños, como personales. Aunque realmente, la base de este tipo de seguros es patrimonial, ya que la única cobertura que la ley obliga a contratar es la de responsabilidad civil. Principalmente es debido a que si un conductor causa un daño personal o material a un tercero está obligado a indemnizarlo, ya se haya producido de manera intencionada como si es consecuencia de un accidente involuntario. Dentro de las pólizas solo se contemplan los daños causados por accidentes. Los límites económicos que como máximo pagaría la aseguradora se pueden incrementar contratando la responsabilidad civil voluntaria. Las coberturas de daños que se pueden incluir son la de defensa jurídica por causas penales que se pueda necesitar, la asistencia en carretera para que una grúa venga en caso de fallo del vehículo o, daños que pueda sufrir el propio automóvil, como robos, incendios o rotura de lunas. Para concluir, las coberturas personales están relacionadas con cubrir a los ocupantes del vehículo por daños en su salud.

## 5. Seguros de vida

Los seguros del ramo de vida se crearon con la intención de proteger a las personas físicas de determinados riesgos a los que están expuestas. Estos seguros también entran dentro del grupo de personales, pero no son sinónimos. Es imprescindible diferenciarlos de los seguros personales pertenecientes al ramo de no vida. En este caso, los asegurados pagan una prima a la aseguradora con el fin de recibir una cuantía económica en el momento que sucedan solamente dos tipos de riesgos: el fallecimiento o la supervivencia del asegurado.

Sus productos se pueden clasificar en tres grandes grupos, los seguros que se contratan para el caso de vida (o de supervivencia), los que se contratan para el caso de muerte (o de fallecimiento) y por último los mixtos, que combinan en una misma póliza un producto para el caso de vida y otro para el caso de fallecimiento. Es cierto que tan solo hay dos riesgos de los cuales protege esta rama del sector asegurador, pero no por ello se limita la existencia a diversos tipos de productos ya que, dentro de los tres grandes grupos mencionados, hay más de una tipología de productos. De hecho, es muy común que las entidades aseguradoras permitan combinar ciertos productos de vida para que así el asegurado consiga una cobertura completa y adaptada a sus necesidades y, como resultado surgen los seguros mixtos.

A diferencia de los seguros generales, lo más común es que los de vida sean contratados por particulares, ya que protegen de aspectos que afectan directamente a sus vidas o a las de sus familiares. Pero es interesante conocer el concepto de seguro colectivo. Según del diccionario de MAPFRE este producto también se puede llamar seguro de grupo y consiste en que dentro de una póliza se incluyen diversos asegurados expuestos al mismo tipo de riesgo y, todos ellos se rigen por las mismas condiciones contractuales. El ejemplo más habitual es que una empresa decida hacerles un seguro de jubilación a sus trabajadores. Entonces tendrá que contratar un seguro colectivo y aportar al mismo todas las primas correspondientes a los asegurados. Este producto también se puede contratar para los seguros de accidentes laborales en el ramo de no vida.

La ciencia que se emplea para calcular las estadísticas y probabilidades relativas al ramo es la llamada estadística actuarial de vida y su objetivo base es modelizar la **edad de fallecimiento** de los asegurados. Ya no es necesario predecir el posible grado de gravedad de los siniestros ya que, tanto la supervivencia como la muerte son acontecimientos de intensidad única, simplemente o suceden o no suceden. Además, ambos solo ocurren una vez en la vida, no hay riesgo de repetición. Pero a diferencia de los seguros generales, ahora se contemplan riesgos variables, es decir, la probabilidad de que una persona fallezca va aumentando a medida que avanza la edad, lo cual se ve reflejado en un aumento progresivo de la prima. Por lo que la estadística actuarial elabora y trabaja con tablas de mortalidad o supervivencia donde se indica para cada edad, cuantas personas viven, cuantas fallecen y cuáles son las

probabilidades anuales de muerte. Un tipo de tablas son generacionales y, para cada generación, los datos de probabilidades varían.

Otra diferencia con los seguros explicados en el anterior apartado es que los contratos no finalizan pasado un año, sino que pueden ser a largo plazo. Normalmente finalizan cuando la persona fallece o cuando llega a cierta edad en el caso de los de supervivencia, aunque el contrato también puede ser temporal y marcar una fecha de extinción.

Una propiedad importante de los seguros de vida es que, como no se puede determinar objetivamente el valor de una persona, la cuantía económica que se entrega cuando sucede el hecho no equivale al daño exacto sufrido. Simplemente se entrega una cantidad que se fijó al estipular la póliza. Un aspecto relativo a las primas es que, el asegurado puede hacer un único pago en el momento que se hace efectivo el contrato (prima única) o, por el contrario, pueden ser primas periódicas que se van pagando según la temporalidad especificada en contrato. Pero hay que considerar que no todo el mundo acede directamente a una póliza de estas características. Cuando una persona quiere contratar un seguro de fallecimiento, es la entidad quien decide si acepta su riesgo o no. La decisión la toma mediante unos cuestionarios o pruebas médicas ya que intenta descubrir si el riesgo de muerte es el habitual en personas de su edad o si por el contrario, tiene algún tipo de riesgo inusual. Si es así, puede pedirle una mayor prima que a las personas que están bien de salud o incluso puede rechazar que ese riesgo entre en su cartera. Otra característica curiosa es que en el caso de que un juez embargue las propiedades de un asegurado por no pagar sus deudas, nunca se va a poder embargar una póliza de vida.

### *5.1. Productos más relevantes de la rama de vida*

Según el informe del 2021 de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, el ramo de vida ha sufrido un incremento respecto años anteriores, ya que es el primer año desde 2016 que ha habido un aumento en el ingreso de primas imputadas brutas. Concretamente han aumentado un 2,2% respecto el anterior año. La rotura de la tendencia a la baja del ramo muestra indicios de recuperación, pero aún está lejos de las primas destinadas al sector que había cinco años atrás.

Esta evolución positiva no solamente se ha visto reflejada en el aumento de las primas de los productos de vida más habituales, sino que donde se ha visto en mayor medida el resurgimiento del ramo ha sido en las primas devengadas de los productos más novedosos, conocidos como *“unit-linked”*. El incremento de las primas respecto el año anterior de estos productos ha sido un 20% superior al incremento de las de los productos clásicos.

Debido a que hay gran variedad de productos dentro del ramo, las primas de todos ellos no han seguido la misma tendencia positiva que el conjunto del negocio en el último año ya que, hay productos como el capital diferido o los conocidos como Planes Individuales de Ahorro Sistemático (PIAS) y Planes de Previsión Asegurado (PPA), cuyas primas devengadas han disminuido respecto el año anterior. En cambio, las primas devengadas se han visto incrementadas en las rentas vitalicias y en los seguros donde es el tomador del contrato quién asume el riesgo, y no la compañía aseguradora como es habitual. Estos productos son los mencionados “*unit-linked*”. También toman un papel importante en el sector los productos vida-riesgo, con un aumento cercano al 3,5% según el informe de seguros anual que proporciona la fundación MAPFRE.

Anteriormente se ha comentado el concepto de seguros colectivos, y los datos muestran su importancia en la actualidad ya que sus primas experimentaron un aumento del 70% respecto del año 2020.

El primer gran grupo son los **seguros para el caso de vida o de supervivencia**. También se clasifican dentro los llamados seguros vida-ahorro y, lo que cubren es el riesgo de sobrevivir a una cierta edad. El principal objetivo por el que una persona decide contratar este tipo de pólizas es prevenirse de posibles necesidades que se presenten en un futuro, especialmente relacionadas con el hecho de llegar a la jubilación, momento en que se deja de percibir el salario y se cobra una renta pública de menor cuantía. Es una opción para aquellas personas que piensen que llegada esa fecha no van a poder mantener su nivel de vida anterior. De hecho, lleva intrínseco el objetivo de ahorrar ya que, aunque haya diversos productos con características diferentes, el mecanismo fundamental es que el asegurado va pagando periódicamente una serie de primas y, si este llega vivo la fecha estipulada en el contrato, la aseguradora le entrega un capital o una renta periódica.

Uno de los productos es el seguro de capital diferido en caso de supervivencia. La entidad aseguradora pagará al asegurado una cantidad de dinero en la fecha estipulada en la póliza siempre que el asegurado haya llegado vivo. En caso contrario, el asegurador quedará exento de cualquier pago.

Otra clase es el seguro de renta de supervivencia. La única diferencia respecto el capital diferido es que, al llegar a la fecha pactada, si vive el asegurado no cobra un capital, sino que empieza a cobrar una renta, la cual puede tener diferentes características. Por un lado, puede ser diferida a la fecha en que se estipula el contrato o, puede ser inmediata, es decir, que se empieza a cobrar desde que se formaliza el contrato y se paga la prima única. Por otro lado, la renta puede ser vitalicia y, por tanto, cobrarla hasta el fallecimiento, o temporal, en cuyo caso el contrato tiene que definir cuando empieza y cuando acaba. Además, las cuantías de las rentas pueden ser variables, y vayan incrementándose periódicamente.

Al segundo grupo pertenecen los **seguros para el caso de muerte o de fallecimiento**. También son conocidos como seguros vida-riesgo ya que cubren fundamentalmente el riesgo de fallecimiento. El interés en contratarlos reside en garantizar unos ingresos a los beneficiarios de la póliza en caso de que el principal generador de ingresos del núcleo familiar fallezca. De manera que es el soporte económico de la familia quien contrata esta tipología de seguros. De manera general, consisten en que el asegurado paga primas a la entidad y, en el momento que él fallezca, los beneficiarios cobran un capital. Dentro del contrato pueden existir cláusulas extras donde indique que los familiares también cobrarán el capital en caso de invalidez del asegurado. Cubren un riesgo que claramente preocupa a la sociedad ya que, según datos del informe de la DGSFP, es la tipología de seguros de vida que más asegurados tiene, representando más del 70% del total dentro del ramo.

Una de las modalidades en caso de muerte es el seguro temporal. La prima pagada solamente cubre el riesgo de fallecimiento durante el periodo marcado en el contrato y, al finalizarlo, hay que decidir si se quiere renovar o no. El más habitual es el anual. Una situación en la que se puede utilizar es si se paga una hipoteca. En este caso, la aseguradora acaba de pagarla en caso de fallecimiento del deudor y, simplemente dura el tiempo que dura la hipoteca (también se pueden llamar seguros de amortización). Los beneficiarios no son familiares sino la entidad que ha concedido la hipoteca.

Si el seguro temporal se renueva anualmente, el precio va incrementando ya que, con más edad, la probabilidad de muerte aumenta.

Otra modalidad es el seguro de vida entera, donde el asegurado está cubierto durante toda su vida, y sus beneficiarios cobrarán el capital cuando se produzca la muerte del asegurado. Como solo hay que formalizar el contrato una vez, durante toda su vigencia se va a pagar la misma prima, a diferencia del seguro temporal.

También existe el llamado seguro sobre dos o más cabezas, y la diferencia con un seguro de fallecimiento vida entera habitual es que hay más de un asegurado en la póliza. Los beneficiarios no son ajenos al seguro, sino que son los propios asegurados. Cuando el primer asegurado fallece, la aseguradora paga el capital al resto de asegurados. Es habitual en matrimonios.

El caso de los **seguros mixtos** es una combinación de los expuestos anteriormente. Dentro del contrato existe tanto una póliza de supervivencia como de fallecimiento. De esta manera queda garantizado el cobro de un capital o renta, según estipule el contrato. Se determina una fecha, que acostumbra a ser la de jubilación del tomador del seguro. Si este llega vivo a la edad estipulada, él es el que cobra el dinero y, si por el contrario ha fallecido antes, son los beneficiarios quienes reciben la cantidad de dinero.

Uno de los más contratados es el seguro mixto básico, que combina un seguro temporal de muerte y un capital diferido. Un ejemplo sería que la entidad aseguradora tendría que pagar un capital a los beneficiarios si el asegurado muere entre los 50 y los 65 años, y si llega vivo a los 65 años, él es quien recibiría el capital.

Otro caso es el seguro combinado, en el que hay un seguro de muerte de vida entera junto con una renta vitalicia. Por tanto, los beneficiarios seguro que cobrarán un capital en el momento de la muerte del asegurado y, además, si el asegurado llega a una cierta edad, empezará a cobrar una renta de por vida.

El seguro a término fijo es otro tipo. El contrato determina una fecha concreta. Cuando llega el momento, si el asegurado a muerto, sus beneficiarios cobrarán un capital. En cambio, si sigue vivo, él mismo es el que lo recibirá.

En los seguros de vida de renta o capital diferido, existe la posibilidad de convertirse en un seguro mixto incluyendo la cobertura de reembolso de primas. Si el asegurado falleciera antes de llegar la fecha en que se le tendría que entregar el dinero, sus beneficiarios cobrarían las primas que se han pagado hasta el momento y desde la formalización del contrato.

Pero aparte de las tipologías más comunes comentadas, existen una serie de seguros más nuevos que se dirigen especialmente a incentivar el ahorro privado. Además, según los datos comentados en la introducción del apartado, están ganando importancia en el ramo de vida. La necesidad de idear nuevas tipologías surgió principalmente de que, las condiciones de tipos de interés, las probabilidades de muerte o la esperanza de vida para una generación en el momento en que el contrato se formaliza, pueden cambiar a lo largo del paso del tiempo, especialmente en los seguros de larga duración como podría ser un seguro de vida entera o de renta vitalicia. El hecho de que cambien las condiciones puede afectar a la solvencia de las entidades para tener suficiente capital para obedecer a sus obligaciones. Por ello surgieron nuevas tipologías que se caracterizan por el hecho de que las condiciones contractuales impuestas al inicio pueden variar y no permanecer inmóviles como pasa con las más tradicionales.

Dentro de los seguros vida-ahorro aparecen los PIAS y PPA, que tienen ciertas ventajas fiscales. Los Planes Individuales de Ahorro Sistemático (PIAS) son seguros mixtos, donde las primas se pagan para formar un fondo que se capitaliza, además de asegurar un seguro de fallecimiento. El fondo se tiene que cobrar en forma de renta vitalicia para obtener las ventajas fiscales sobre los rendimientos del fondo.

Los Planes de Previsión Asegurados (PPA) son una alternativa a los planes de pensiones convencionales, pero en este caso ofrecen rendimientos mínimos asegurados. El asegurado puede decidir las aportaciones que realiza.

Los seguros *“unit-linked”* mencionados anteriormente también son seguros mixtos en los que las primas de la parte de supervivencia se pueden invertir en fondos de inversión. De esta manera, es quien paga las primas y por tanto, el tomador del seguro, quien asume el riesgo de tener suficiente dinero al retirarlo del fondo. Esta responsabilidad conlleva una mayor rentabilidad.

## 6. Cálculo de provisiones en seguros de no vida

Uno de los temas de mayor relevancia relacionados con el sector asegurador y, más concretamente, sobre el funcionamiento ideal de sus entidades, que ofrecen a la población todos los productos aseguradores que tienen como objetivo cubrir parcialmente los riesgos a los que se pueden enfrentar durante sus vidas (desde los que surgen a raíz de objetos materiales hasta los que derivan de problemas en la salud que incluso pueden afectar a sus familiares más cercanos) es el de la solvencia de estas entidades. Para el regulador del sector, la mencionada anteriormente Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, la solvencia de las compañías también es un concepto primordial por el cual intenta buscar los mecanismos más precisos para controlarla.

Como se indica en uno de los libros bibliográficos de referencia de este trabajo con el título *“Teoría General del Seguro”* publicado por ICEA, (Alegre *et al.*, 2017), la ley que rige en España este concepto de solvencia es la reconocida por las siglas LOSSEAR, *“ley de ordenación, supervisión y solvencia de las entidades aseguradoras y reaseguradoras”*, que se publicó en el Boletín Oficial del Estado el 17 de julio del año 2015 y que empezó a aplicarse el uno de enero del año siguiente. Pero como sector extendido en diferentes países del mundo, la solvencia también es motivo de persecución en ellos. Como prueba de ello, la Unión Europea tiene una normativa llamada *“Solvencia II”* creada para armonizar el trato sobre las obligaciones de todas las entidades aseguradoras. De hecho, la ley española no es más que la entrada en vigor de la normativa europea en España.

Los contenidos incluidos dentro de la directiva de regulación europea se pueden clasificar en tres pilares esencialmente. Y el que regula todo lo relativo a la solvencia es el primero de ellos. Según el libro mencionado anteriormente Bermúdez *et al.* (2004) este primer pilar hace referencia a cuáles son los mecanismos que las entidades tendrán que aplicar a partir de su aprobación para guardar la cantidad de dinero suficiente para poder pagar los siniestros que ocurrirán en el futuro a sus clientes. Uno de los dos grandes instrumentos presentados son el requerimiento de una cantidad de dinero que se reservará en los balances de las compañías y formará parte de sus patrimonios netos. El nombre que le otorga la ley es *“Capital Obligatorio de Solvencia”*.

Pero en el presente trabajo se describirá en mayor medida el segundo mecanismo para preservar la solvencia, y consiste en que una parte de los ingresos que reciben las aseguradoras procedentes de las primas periódicas de sus clientes se tendrá que reservar en las llamadas **“provisiones técnicas”**. Pero antes de explicarlas y describir los datos sobre siniestros que se utilizarán para poder realizar un pequeño ejemplo de cómo se realiza el

cálculo de las provisiones, es importante definir exactamente los que los reguladores entienden por solvencia de las entidades. Según el diccionario en línea que ofrece la fundación MAPFRE, se entiende por solvencia el hecho de que, cuando parte de sus asegurados declaren que han padecido uno de los siniestros estipulados en sus pólizas, esta tenga el suficiente nivel de recursos para satisfacer sus obligaciones contractuales.

En el apartado 3 de este trabajo se explicó que, a diferencia de la mayoría de los sectores económicos, el asegurador recibe primero las primas (ingresos) y, dejando de lado los gastos derivados del propio funcionamiento de las empresas, es dentro de un plazo indeterminado que se tendrán que pagar los gastos de siniestros. De manera general, las provisiones técnicas no dejan de ser una especie de reserva de dinero que no se puede considerar beneficio aún ya que, una parte también incierta de ellas se deberá entregar a los asegurados afectados por los riesgos transferidos. Pero a diferencia del capital de solvencia obligatorio, las provisiones sí que se pueden invertir en activos seguros y altamente líquidos para que generen ciertos rendimientos durante el tiempo que no se van a utilizar (las exigencias sobre las características que deben de tener estos activos también están estipuladas por la normativa). Por tanto, como son cuantías que se tendrán que pagar en el futuro, pero las provisiones se tienen que generar en el presente, estas reservas se dotan por el valor estimado de las obligaciones futuras traído a la actualidad.

Las aseguradoras actuales acostumbran a ser grandes entidades que no solo aseguran un tipo de riesgo, sino que ofrecen productos de más de una rama aseguradora. Pero en estos casos, no se pueden juntar las obligaciones futuras en una misma reserva, sino que las provisiones se tienen que dotar de manera diferenciada para cada uno de los ramos.

Existe una gran diversidad de tipologías de provisiones, algunas más generales que se pueden llegar a aplicar para prever diversos riesgos y otras, que se han desarrollado según las características y necesidades específicas de tipos de seguros más concretos. Una de las provisiones más esenciales, y que tiene una raíz más bien contable, es la que se calcula para primas no consumidas. No todos los asegurados pagan sus primas anuales el primer día del año, pero en cambio la contabilidad habitualmente sí que se estipula por año natural. Por ello, al finalizar el año hay que calcular esta provisión que guarda en un fondo la parte de las primas que ya se han cobrado, pero que las pólizas de los clientes que las han pagado aún no finalizan y, por tanto, la entidad aún puede tener que pagarles indemnizaciones durante un periodo del ejercicio siguiente.

Las aseguradoras que se dedican a cubrir riesgos de vida tienen que reservar también provisiones específicas, al mismo tiempo conocidas como provisiones matemáticas. Lo más destacado acerca de ellas es que, en la mayoría de los casos, los asegurados pagan primas

periódicas para cubrirse de riesgos que sucederán a largo plazo. Por ejemplo, en un seguro de renta diferida vitalicia que se contrate cuando la persona expuesta al riesgo tenga 40 años, ella va a pagar primas durante 25 años hasta la fecha de jubilación. Estas cuantías se invierten, pero en todo momento la entidad tiene que provisionar estas primas incluyendo los intereses que van generando. En este tipo de seguros es especialmente importante, a diferencia de los del ramo de no vida, el tipo de interés aplicado, el cual está controlado por el regulador.

Y de la misma manera, también existe el desarrollo de provisiones específicas para los seguros de no vida, conocidas como provisiones de prestaciones. La clase que más peso tiene dentro de las calculadas para este tipo de seguros son las llamadas **provisiones por siniestros pendientes de liquidación o de declaración** y, de hecho, son las que se van a calcular con la metodología “*Chain-Ladder*” que se implementará en el subapartado 6.1 dentro de este mismo apartado. Como se ha explicado con anterioridad, lo más habitual es que la duración de las pólizas de los seguros generales sea de un año y, por tanto, los siniestros acontecidos dentro de ese año tienen que ser pagados mediante los recursos económicos que las aseguradoras recibieron ese año. Como aclaración, las primas que se ingresan por las pólizas contratadas para el año 2021 se tienen que destinar a pagar los eventos ocurridos dentro de ese mismo año 2021. Pero puede ocurrir que la entidad desconozca al final del periodo la totalidad de los siniestros acontecidos, y sea más tarde cuando los asegurados acaben de comunicar a la compañía lo ocurrido. Debido a este motivo aparecieron las mencionadas provisiones por siniestros pendientes. Específicamente, en la provisión se guardan los posibles recursos económicos tanto para los siniestros que si han acontecido pero que la entidad de momento desconoce (no declarados), y para aquellos que si tiene presentes pero que aún no se han empezado o no se han acabado de pagar (no liquidados).

Debido a que antes de que se comuniquen los incidentes se desconoce cuántos siniestros pueden suceder e incluso, cuál será su intensidad y por tanto su coste, la cantidad de recursos que se provisiona es la suma prevista del valor económico de todos los eventos individuales del periodo menos la parte de indemnizaciones ya concedidas por siniestros previamente declarados, según la publicación con título *Tarificación y Provisiones* (Boj *et al.*, 2021). Existen una serie de métodos para llegar a determinar el importe que podrían llegar a tener que pagar y, están ligados a los datos previos con los que cuentan las entidades aseguradoras sobre cómo han evolucionado los pagos en periodos anteriores y que ya se han acabado de pagar.

Según la bibliografía mencionada, el método “*Chain-Ladder*” entraría dentro del grupo de procedimientos matemáticos y actuariales llamados deterministas, refiriéndonos a su aplicación más elemental ya que, a partir de los conceptos teóricos de este surgen variaciones que se desarrollan a partir de introducir nuevas hipótesis.

Con la implementación del método “Chain-Ladder” las aseguradoras buscan descubrir que cantidad de dinero necesitarán guardar en las provisiones a formalizar a finales del año en el que se encuentren. Para hacerlo se basan en su historial de pagos, es decir, buscan la suma total del importe de los siniestros de ejercicios anteriores al año en que está calculando la provisión y, analizan que cantidad han ido pagando a los asegurados en los posteriores años al del suceso del siniestro, hasta finalizar completamente sus compromisos con ellos. Para tener una visión gráfica de todos estos datos pasados, se crea una tabla que se podría considerar de doble entrada ya que, la información se dispone en filas y columnas y, si los datos se leen desde las dos perspectivas, nos aportan informaciones diferentes que de forma conjunta permiten comprender la totalidad de las informaciones presentadas. A esta figura se la conoce como **triángulo de desarrollo**.

A continuación, se presentan los datos con los que se realizará el cálculo de provisiones mediante la aplicación en el programa informático “RStudio”, extraídos del libro “*Mathématiques de l’Assurance Non Vie Tome 2: Tarification et provisionnement*” (Denuit y Charpentier, 2004). Pero antes de entrar en el propio cálculo de provisiones, se explicará la disposición de los datos en el triángulo para comprender su significado y así poder llegar a entender mejor los resultados obtenidos de la aplicación del método, además de la tabla resultante, en la que se incluyen los datos conocidos previamente y se introducirán en el triángulo invertido, que al inicio se presenta vacío, los resultados con los que se calcularán las provisiones.

Los datos se presentan mediante el mencionado triángulo de siniestros o triángulo de desarrollo (figura 2), y en él se muestran los pagos que una compañía aseguradora ha realizado por siniestros a lo largo de 9 años, desde 1995 hasta 2003:

Año de origen	Año de desarrollo								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1995	351216	421171	322063	256867	621839	354512	392900	318850	747719
1996	327393	346258	223327	510957	843210	1159873	399618	412160	
1997	223873	325930	757637	297396	557279	396627	360084		
1998	227194	1695840	375980	534282	448557	784881			
1999	576451	473079	282135	572956	557513				
2000	464973	379183	609119	268196					
2001	391599	301595	346843						
2002	295655	270087							
2003	409862								

**Figura 2.**

Fuente: Tabla 13.12 de Denuit, M.; Charpentier, A. (2004). *Mathématiques de l’Assurance Non Vie Tome 2 : Tarification et provisionnement*. Economica, Paris.

En este caso concreto se van a utilizar datos desde el 2003 hasta 8 años atrás para descubrir el comportamiento del pago de los siniestros pasados y poder provisionar adecuadamente para tener suficiente dinero en posibles pagos futuros. Según la terminología utilizada en la bibliografía citada, este es un triángulo de  $k = 8$ . Es decir, el año para el que se están calculando las provisiones es el 2003 (el cálculo se realiza a finales de año) y corresponde al año de origen  $k$  igual a 8. Si nos desplazamos hacia arriba encontramos los años anteriores hasta llegar al 1996, que representa la  $k = 1$  y de igual manera, el 1995 sería la  $k = 0$ , y por tanto el primer año del que se tiene información.

Como bien se indica en el propio triángulo, cada fila representa un año pasado en el que sucedieron siniestros que la entidad se comprometió por contrato a indemnizar, y por tanto son los años de origen. Los datos dispuestos a lo largo de cada una de las filas mencionadas corresponden a importes económicos que se han utilizado para pagar siniestros que ocurrieron en ese mismo año, pero que salvo una parte de ellos que sí se pagó en el propio año, se acabaron de pagar en los años siguientes. Estos años posteriores en los que se van pagando siniestros pasados son los que se presentan en el triángulo de siniestros como años de desarrollo, y se sitúan en las columnas del triángulo. De igual forma también se presentan hasta  $k = 8$  años de desarrollo. Todos los datos de la columna  $k = 0$  corresponden a los importes que se pagaron en el mismo año de origen en que sucedieron los riesgos asegurados. Y, por lo tanto, los importes que se presentan en la columna  $k = 1$  corresponden a los pagos que se hicieron en el año siguiente a la ocurrencia del siniestro. Con esta explicación se evidencia la necesidad de la realización de las provisiones técnicas ya que, los pagos presentados en la columna  $k = 1$  no pueden salir de las primas pagadas ese mismo año porque, aunque sí que se haya declarado el siniestro durante este año, el siniestro ocurrió en el anterior. Y si no se hubieran hecho reservas en el año precedente y todo lo que no fue gasto se hubiera considerado beneficio directamente, no hubiera habido dinero para pagar estos siniestros declarados posteriormente.

En la publicación mencionada, a los años de origen se los representa con una  $i$  minúscula y a los años de desarrollo con una  $j$  también minúscula. Los importes situados dentro del triángulo se representan con una  $c$  minúscula con los subíndices  $i, j$ , representando que cantidad de dinero se ha pagado en el año de desarrollo  $j$ , por siniestros que sucedieron en el año  $i$ . Para entenderlo con datos del propio ejemplo, la cuantía  $c_{00}$  es igual a 351.216 unidades monetarias, es decir, el importe que se pagó en el año 1995 por siniestros acontecidos ese mismo año de ejercicio. También, la  $c_{03}$  representa que, de los siniestros ocurridos en el 1995, el importe de 256.867 unidades monetarias se pagó a los asegurados con póliza en ese año tres años después, es decir, en 1998. Con la  $c_{08}$  de importe 747.719 se acabaron de pagar todos los siniestros que acontecieron en 1995 y, por tanto, en este ejemplo la totalidad de siniestros se pagan entre el mismo año y 8 años después.

De igual manera se leen los datos de los años siguientes. Por ejemplo, si nos situamos en la cuantía  $c_{17}$ , las 412.160 unidades monetarias representan la parte de los siniestros ocurridos en 1996 que se pagaron 7 años después, y por tanto en el presente año 2003, año en que se calcularán las provisiones. El dato perteneciente a los siniestros que se tendrán que pagar en 2004 por los riesgos acontecidos en 1996 no aparece ya que es un dato desconocido que se conocerá en el año 2004, y por el que mediante la metodología “Chain-Ladder” se va a calcular su provisión. Si ahora nos situamos en la fila  $k = 8$  correspondiente al año de cálculo de provisiones 2003, solamente se encuentra la cuantía  $c_{80}$ . Esta corresponde a la cantidad de dinero que se ha pagado en el 2003 por los siniestros ocurridos y declarados antes de acabar el mismo año, pero gracias a la experiencia que tiene la entidad aseguradora y que está recogida en el triángulo de desarrollo, sabe que en este año 2003 habrán sucedido más siniestros pero que aún no han sido comunicados a la compañía. Lo que se quiere descubrir calculando las provisiones del 2003 es poder rellenar toda la fila que sigue a la cuantía  $c_{80}$ , es decir, las cantidades a provisionar que posiblemente se tengan que pagar en cada uno de los 8 años siguientes (y por tanto hasta en el 2011) para acabar con las obligaciones derivadas de las pólizas correspondientes al año 2003. De hecho, si nos situamos en la primera fila  $k = 0$ , que es la única que está totalmente completada, la suma de todos sus importes corresponde a la cantidad que la entidad aseguradora pagó por todos los siniestros ocurridos en ese año 1995. Como ya se han declarado todos los siniestros correspondientes a ese año, la compañía ya conocerá el número de siniestros de forma segura, o al menos los que sí acabaron siendo declarados por los asegurados, aunque el dato sobre el número de siniestros no se requiere en la metodología empleada “Chain-Ladder”.

Otra característica del triángulo es que la suma de los últimos importes de cada una de las columnas (que coinciden con los últimos importes de todas las filas) es igual al importe total de dinero que se ha pagado en el año en que se calculan las provisiones, en el ejemplo es el 2003. También se puede localizar en el triángulo como la diagonal que va desde la  $c_{80}$  hasta la  $c_{08}$ .

En la **metodología “Chain-Ladder”** los cálculos parten del triángulo de desarrollo previamente explicado, pero los importes en este caso serán cuantías acumuladas representadas por el símbolo  $C_{ij}$ . En este nuevo triángulo, en la primera columna correspondiente al año de desarrollo  $k = 0$  se muestran los mismos importes que en el triángulo de cuantías no acumuladas ya que, son las cantidades de dinero que se pagan en el mismo año de acontecimiento de los riesgos. Los datos que cambian respecto el primer triángulo explicado son los que aparecen a partir de la segunda columna  $k = 1$  ya que, aparte de presentar los importes que se pagan en el año siguiente de ocurrencia del riesgo cubierto, también se suman los importes previamente pagados para los siniestros del mismo año de origen. Por ejemplo, los importes que se muestran en la columna  $k = 3$  incluyen tanto los pagados tres

años después de los sucesos más los pagados dos años antes, un año antes y las cuantías satisfechas en el mismo año de ocurrencia. Como consecuencia, los importes de cada una de las filas cada vez son más elevados, hasta llegar a los dispuestos en la fila  $k = 8$ , que muestra el importe total que finalmente se ha pagado.

El primer paso para poder determinar la dimensión de las provisiones que la compañía tiene que reservar es completar la tabla que se presenta en la figura 3. El área “D” corresponde al triángulo de siniestros cuyos datos se presentan en la figura 2 de este trabajo. Para poder rellenar la parte sombreada de la tabla de la figura 3, denominada con la letra “F”, se tienen que calcular las cuantías estimadas, que corresponden a los importes que la entidad prevé que va a tener que pagar desde el año 2004 hasta el 2011, para acabar de cumplir con las obligaciones que se comprometió a cubrir en pólizas pasadas. Estas cuantías proyectadas se representan con el símbolo  $\hat{c}_{ij}$  y, la metodología “Chain-Ladder” utiliza los datos sobre cómo ha pagado la entidad aseguradora los siniestros pasados a lo largo de los 8 años siguientes a los sucesos de los siniestros, del triángulo superior “D”, para determinar estos importes que previsiblemente se tengan que pagar en el futuro y con los que se rellena el triángulo inferior “F”.

$i \backslash j$	0	1	...	...	$k-1$	$k$
0						
1						
⋮						
⋮						
$k-1$						
$k$						

**Figura 3.**

Fuente: Boj, E.; Claramunt, M.M.; Costa, T. (2021). Tarificación y provisiones.

Como ocurre con el triángulo de desarrollo, el método empleado en el trabajo realiza los cálculos con cantidades acumuladas por lo que, en el triángulo inferior se situarán las cuantías  $\hat{C}_{ij}$ . Estas acumularán los importes de los años de desarrollo previos que pertenezcan al mismo año de origen (misma fila  $k$ ).

## 6.1. Aplicación en el programa “RStudio” con datos reales

En el siguiente apartado se presentan los resultados del cálculo de provisiones que realizan las aseguradoras de la rama de seguros generales o no vida, obtenidos mediante la utilización del programa informático “RStudio”. Gracias a un área de trabajo específica, el programa puede realizar los cálculos mediante la metodología “Chain-Ladder”. A continuación, se van a presentar las diferentes respuestas que el programa muestra como resultados junto con la interpretación de los valores que realizan las entidades. De este modo, al final se obtienen los importes proyectados de los futuros pagos de siniestros para completar la tabla de siniestros y, con esta información se pueden formalizar las provisiones técnicas.

El primer paso que hay que realizar en el programa “RStudio” para llegar a obtener los cálculos deseados es cargar un área de trabajo (para este concepto el término en inglés que contempla el programa es “workspace”). El área que se ha empleado en este trabajo tiene el nombre de “provisio” que se encuentra publicada en el depósito digital de la Universidad de Barcelona, publicada en el año 2017 por Eva Boj, M. Mercè Claramunt y Teresa Costa (Claramunt *et al.*, 2017).

Una vez cargada el área de trabajo, el segundo paso es crear un nuevo “script” que es el espacio donde se escriben las diferentes funciones que contiene el área de trabajo para poder ejecutarlas. Si se ejecuta la función llamada “menuprovisio()” el propio programa muestra cuáles son los métodos para el cálculo de provisiones que se pueden aplicar con el área de trabajo cargada y, cuál es la función que se tendría que utilizar para cada uno de ellos. En el caso del modelo básico de “Chain-Ladder”, la función a aplicar en el “script” es “ibnrchl()”, y dentro del paréntesis hay que incluir el vector con la información de las cuantías dispuestas en cada fila del triángulo de desarrollo.

Como la función mencionada solo permite introducirle un único vector, pero el triángulo de desarrollo tiene diferentes cuantías referidas a diversos periodos temporales, lo siguiente que hay que crear son vectores individuales con los importes de cada fila del triángulo. A continuación, se muestran las instrucciones creadas para ello:

```
menuprovisio()  
c0<-c(351216,421171,322063,256867,621839,354512,392900,318850,747719)  
c1<-c(327393,346258,223327,510957,843210,1159873,399618,412160)  
c2<-c(223873,325930,757637,297396,557279,396627,360084)  
c3<-c(227194,1695840,375980,534282,448557,784881)  
c4<-c(576451,473079,282135,572956,557513)  
c5<-c(464973,379183,609119,268196)  
c6<-c(391599,301595,346843)  
c7<-c(295655,270087)  
c8<-409862  
ibnrchl(c(c0,c1,c2,c3,c4,c5,c6,c7,c8))
```

**Figura 4.** Fuente: instrucciones incluidas en “RStudio” para el cálculo de provisiones, de Denuit, M.; Charpentier, A. (2004). *Mathématiques de l’Assurance Non Vie Tome 2 : Tarification et provisionnement*. Economica, Paris.

Cada vector se ha denominado con una c minúscula y el número correspondiente a la fila del triángulo de datos. Es decir, el vector c0 incluye los importes del año de origen  $k = 0$ , y así sucesivamente. Para crear cada uno de los vectores se ha utilizado la función c() que simplemente une todos los datos introducidos y los junta en un vector. No ha sido necesario emplear esta función en la última fila ya que solamente hay un dato referido al año 2003 y, por tanto, no es necesario crear un vector.

En este momento ya se puede ejecutar la función específica “ibnrchl()” para obtener los cálculos del método “Chain-Ladder”. Dentro del paréntesis se volverá a utilizar la función c(), en este caso para unir los vectores individuales previamente creados y así, que la función contenga a la vez todos los importes conocidos del triángulo de siniestros. De hecho, una vez ejecutada, el primer resultado que ofrece esta función es el propio triángulo presentado en la figura 2 de este trabajo:

```
> ibnrchl(c(c0,c1,c2,c3,c4,c5,c6,c7,c8))
triángulo cuantías
      [,1]    [,2]    [,3]    [,4]    [,5]    [,6]    [,7]    [,8]    [,9]
[1,] 351216 421171 322063 256867 621839 354512 392900 318850 747719
[2,] 327393 346258 223327 510957 843210 1159873 399618 412160      0
[3,] 223873 325930 757637 297396 557279 396627 360084      0      0
[4,] 227194 1695840 375980 534282 448557 784881      0      0      0
[5,] 576451 473079 282135 572956 557513      0      0      0      0
[6,] 464973 379183 609119 268196      0      0      0      0      0
[7,] 391599 301595 346843      0      0      0      0      0      0
[8,] 295655 270087      0      0      0      0      0      0      0
[9,] 409862      0      0      0      0      0      0      0      0
```

**Figura 5.** Fuente: triángulo de desarrollo obtenido en “RStudio” al ejecutar la función de “Chain-Ladder”.

La interpretación del triángulo de siniestros, expuesto en la figura 5, es idéntica a la desarrollada en el apartado anterior para la figura 2 ya que, de hecho, es el mismo triángulo con los mismos importes pasados. Hay que destacar que lo que el resultado del programa informático muestra como fila 1 corresponde al año de origen  $k = 0$  y así sucesivamente llegando a lo que marca como fila 9, que para los datos presentados anteriormente se trata del año del cálculo de las reservas  $k = 8$ . Lo mismo ocurre en el caso de las columnas o años de desarrollo, donde el número que marca el programa informático es uno superior al contemplado en la metodología “Chain-Ladder”.

Como se ha comentado, la interpretación es la misma y, por explicar importes diferentes a los comentados anteriormente, 268.196 unidades monetarias es la cantidad de dinero pagada a los asegurados en el año 1998 por los siniestros acontecidos en el año 2000, pero que fueron declarados en algún año posterior. El triángulo muestra que, al estar la fila correspondiente al año 1995 completada, no se tendrá que reservar ninguna cantidad de dinero como provisión

en el cálculo que se está realizando en el 2003, porque sus siniestros están totalmente pagados.

También se observa que todos los espacios situados debajo del triángulo superior se han rellenado con un cero, ya que son datos que no se conocen porque aún no se han pagado, pero cuyas estimaciones ya aparecen en el siguiente resultado propuesto por el programa. Precisamente el siguiente resultado expuesto se muestra en la figura 6, y corresponde a la tabla completamente rellena de datos previamente conocidos, pero aún sin las cuantías proyectadas que surgen del método “Chain-Ladder”.

triángulo cuantías acumuladas

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]	[,9]
[1,]	351216	772387	1094450	1351317	1973156	2327668	2720568	3039418	3787137
[2,]	327393	673651	896978	1407935	2251145	3411018	3810636	4222796	4222796
[3,]	223873	549803	1307440	1604836	2162115	2558742	2918826	2918826	2918826
[4,]	227194	1923034	2299014	2833296	3281853	4066734	4066734	4066734	4066734
[5,]	576451	1049530	1331665	1904621	2462134	2462134	2462134	2462134	2462134
[6,]	464973	844156	1453275	1721471	1721471	1721471	1721471	1721471	1721471
[7,]	391599	693194	1040037	1040037	1040037	1040037	1040037	1040037	1040037
[8,]	295655	565742	565742	565742	565742	565742	565742	565742	565742
[9,]	409862	409862	409862	409862	409862	409862	409862	409862	409862

Figura 6. Fuente: triángulo de cuantías acumuladas obtenido en “RStudio”.

Como se ha comentado anteriormente se trabaja con importes acumulados. Por este motivo, los datos del triángulo superior de siniestros no son iguales a los presentados en la figura 2 del trabajo. Aquí, los datos presentados en cada una de las filas representan el importe pagado en el año de desarrollo que corresponda más todas las cantidades pagadas en años anteriores que conciernen a siniestros que sucedieron en el mismo año de origen.

La fórmula que proporciona la metodología “Chain-Ladder” para poder calcular estas cuantías acumuladas a partir de las cuantías originales es la siguiente:

$$C_{ij} = C_{ij-1} + c_{ij} \quad *$$

Para poder comprobar la fórmula presentada con los datos del ejemplo se van a presentar los cálculos de algunas cuantías acumuladas del año de origen  $k = 0$ . La primera cuantía es  $c_{00}$  y es igual a 351.216 unidades monetarias. Para obtener la cantidad acumulada  $C_{01}$  se tienen que sumar  $c_{00} = 351.216$  más  $c_{01} = 421.171$ . El resultado es que  $C_{01} = 772.387$ . De igual manera, si ahora tenemos presente que  $C_{07} = 3.039.418$  y que la cuantía no acumulada  $c_{08} = 747.719$ , al aplicar literalmente la fórmula presentada, se puede obtener la última cuantía acumulada del año de suceso de siniestros 1995.

\*Fórmula extraída de la publicación *Tarificación y provisiones* de Boj, E.; Claramunt, M.M.; Costa, T. (2021)

De la suma de  $C_{07}$  más  $c_{08}$  se obtiene que  $C_{08} = 3.787.137$ . Concretamente este importe supone todo el dinero que la entidad tuvo que desembolsar a todos sus asegurados con pólizas estipuladas para el año 1995 a lo largo del propio año de origen y los 8 siguientes. No se ha podido llegar a obtener esta cuantía total hasta finalizar el año 2003.

Por tanto, se puede proceder de igual manera hasta llegar a conseguir el triángulo de desarrollo completo de importes acumulados. Otra comprobación del cálculo sería que la cantidad  $C_{70} = 295.655$ , que es igual a  $c_{70}$  (ya que no hay datos previos en el triángulo), más  $c_{71} = 270.087$  proporciona el resultado de  $C_{71} = 565.742$ . Este es el importe que hasta el momento ha pagado la entidad por los siniestros declarados pertenecientes al año 2002. También se puede apreciar en el rectángulo que tan solo se han acumulado las cuantías con los importes pertenecientes hasta el 2003, ya que los datos del 2004 y años posteriores hasta el 2011 (el triángulo solo presentará datos 8 años más allá del cálculo de las provisiones) no se conocen. Estos datos son los que se han calculado de manera estimada y se presentan a partir de la siguiente figura expuesta.

La siguiente salida que ofrece el programa tras aplicarle la función de “Chain-Ladder” se presenta en la figura 7.

factores de desarrollo

[1] 2.473975 1.448388 1.291149 1.332718 1.278839 1.138911 1.111926 1.246007

Figura 7. Fuente: factores de desarrollo obtenidos en “RStudio”.

Estos datos son unas constantes que calcula el propio modelo llamadas factores de desarrollo. Se representan mediante la expresión  $\hat{m}_h$  y se obtienen dividiendo los datos de cualquier columna (h) entre los de su columna anterior (h-1). La expresión teórica para calcularlos es:

$$\hat{m}_h = \frac{\sum_{i=0}^{k-h-1} C_{i,h+1}}{\sum_{i=0}^{k-h-1} C_{i,h}} \quad **$$

De nuevo, se procede a comprobar el uso de la fórmula mediante algunos de los datos. El factor más sencillo de calcular en este caso es el último, el  $\hat{m}_7$ . Se obtiene mediante la división de las cuantías acumuladas de la columna  $k = 8$ , y en este caso solo hay uno, entre el dato de igual posición, pero de la columna inmediatamente anterior:  $C_{08} = 3.787.137$  entre  $C_{07} = 3.039.418$  y el resultado es  $\hat{m}_7 = 1,246007$ . Para calcular el factor anterior se procede de la

\*\*Las nomenclaturas y fórmulas expuestas en esta página han sido extraídas de la publicación *Tarificación y provisiones* de Boj, E.; Claramunt, M.M.; Costa, T. (2021)

misma forma, pero en este caso, hay que tener en cuenta que hay dos importes en la columna  $k = 7$ .

Por tanto, el cálculo para el penúltimo factor es  $C_{07} = 3.039.418$  más  $C_{17} = 4.222.796$ , todo ello dividido entre  $C_{06} = 2.720.568$  más  $C_{16} = 3.810.636$ . El resultado de toda esta operación proporciona que el factor de desarrollo  $\hat{m}_6 = 1,111926$ .

Se procedería de igual manera para llegar a calcular cada uno de los factores de desarrollo, pero teniendo en cuenta que, en cada nueva división habría que incluir una fila adicional de datos ya que, cuanto más cercano sea el cálculo a la columna 0, más datos pasados conocidos hay disponibles.

El principal objetivo de calcular los factores de desarrollo es porque se utilizan para obtener el rectángulo completo de cuantías acumuladas, presentado en la siguiente figura:

rectángulo con cuantías acumuladas

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]	[,9]
[1,]	351216	772387	1094450.0	1351317	1973156	2327668	2720568	3039418	3787137
[2,]	327393	673651	896978.0	1407935	2251145	3411018	3810636	4222796	5261635
[3,]	223873	549803	1307440.0	1604836	2162115	2558742	2918826	3245518	4043939
[4,]	227194	1923034	2299014.0	2833296	3281853	4066734	4631647	5150048	6416997
[5,]	576451	1049530	1331665.0	1904621	2462134	3148674	3586058	3987431	4968368
[6,]	464973	844156	1453275.0	1721471	2294235	2933958	3341516	3715518	4629562
[7,]	391599	693194	1040037.0	1342843	1789631	2288650	2606568	2898311	3611316
[8,]	295655	565742	819414.1	1057986	1409997	1803159	2053637	2283492	2845248
[9,]	409862	1013988	1468648.9	1896245	2527160	3231831	3680767	4092740	5099583

**Figura 8.** Fuente: rectángulo de cuantías acumuladas obtenido en "RStudio".

La fórmula necesaria para poder obtener todas las cuantías, no solamente las previamente conocidas, sino también las estimadas mediante el desarrollo "Chain-Ladder" con el uso de los factores de desarrollo calculados es la siguiente:

$$C_{i\ h+1} = C_{i\ h} \cdot \hat{m}_h \quad ***$$

La interpretación de esta fórmula de cálculo de cuantías acumuladas es que, para obtener todos los importes de una nueva columna  $h+1$ , hay que multiplicar la columna anterior por los factores de desarrollo. Se aplicará un factor u otro dependiendo de que columna se quiera determinar en cada momento. Por ejemplo, si se pretende obtener los importes de la columna correspondiente al año de desarrollo  $k = 6$ , se tendrán que multiplicar todas las cantidades de la columna previa ( $h=5$ ) por el factor de desarrollo  $\hat{m}_5$ . De nuevo, se va a proceder a continuación a realizar algunas de las demostraciones para obtener estas cuantías.

\*\*\* Fórmula extraída de la publicación *Tarificación y provisiones* de Boj, E.; Claramunt, M.M.; Costa, T. (2021)

Para obtener las cuantías acumuladas estimadas para el año 2004, como se ha comentado, habrá que multiplicar las cuantías reales del último año conocido (2003) por cada uno de los factores de desarrollo, según la columna a la que pertenezca el nuevo dato. Para empezar, si se multiplica la cuantía  $C_{07} = 3.039.418$  por el factor de desarrollo  $\hat{m}_7 = 1.246007$ , se obtiene el último importe acumulado de esa fila, que es que  $C_{08} = 3.787.136,104$ . Aunque este es un dato que ya era conocido por la entidad porque ya se había pagado.

Si ahora aplicamos esta misma fórmula para calcular las primeras cuantías proyectadas, vemos que se obtienen los mismos resultados que muestra la tabla de siniestros realizada por "RStudio", la cual se presenta en la figura 8:

Si  $C_{17} = 4.222.796$  se multiplica por  $\hat{m}_7 = 1,246007$ , se obtiene la cuantía  $\hat{C}_{18} = 5.261.633$ .

Si  $C_{26} = 2.918.826$  se multiplica por  $\hat{m}_6 = 1,111926$ , se obtiene la cuantía  $\hat{C}_{27} = 3.245.519$ .

Si  $C_{35} = 4.066.734$  se multiplica por  $\hat{m}_5 = 1,138911$ , se obtiene la cuantía  $\hat{C}_{36} = 4.631.648$ .

Si  $C_{44} = 2.462.134$  se multiplica por  $\hat{m}_4 = 1,278839$ , se obtiene la cuantía  $\hat{C}_{45} = 3.148.673$ .

Si  $C_{53} = 1.721.471$  se multiplica por  $\hat{m}_3 = 1,332718$ , se obtiene la cuantía  $\hat{C}_{54} = 2.294.235$ .

Si  $C_{62} = 1.040.037$  se multiplica por  $\hat{m}_2 = 1,291149$ , se obtiene la cuantía  $\hat{C}_{63} = 1.342.843$ .

Si  $C_{71} = 565.742$  se multiplica por  $\hat{m}_1 = 1,448388$ , se obtiene la cuantía  $\hat{C}_{72} = 819.413,9$ .

Si  $C_{80} = 409.862$  se multiplica por  $\hat{m}_0 = 2,473975$ , se obtiene la cuantía  $\hat{C}_{81} = 1.013.988$ .

Todas estas cuantías se sitúan en diagonal en el rectángulo de la figura 8 y representan el total de dinero que se habrá pagado al finalizar el año 2004, desde el 1995 hasta el año de los importes de la diagonal.

La aplicación de la misma fórmula se podría continuar realizando para llegar a rellenar la totalidad del rectángulo de cuantías acumuladas. De igual forma, cada una de las diagonales que se fueran completando corresponderían a los importes acumulados que de manera proyectada se habrán pagado a los asegurados en los años 2005 y sucesivos hasta llegar al 2011. Es decir, se obtendrían los importes que en total se habrán pagado dentro de 2 años y consecutivamente hasta llegar al pago a realizar dentro de 8 años, desde el año 1995. El último importe para desembolsar en el 2011, que se sitúa dentro de la tabla, se encuentra en el extremo inferior derecho, y corresponde a la cuantía acumulada estimada  $\hat{C}_{88} = 5.099.583$ . Para llegar a este resultado hay que multiplicar la cuantía proyectada anterior  $\hat{C}_{87} = 4.092.750$  por el factor  $\hat{m}_7 = 1,246007$ . Por poner otro ejemplo, multiplicando  $\hat{C}_{27} =$

3.245.518 por el factor de desarrollo  $\hat{m}_7 = 1,246007$ , se obtendría la cuantía estimada  $\hat{C}_{28} = 4.043.939$ .

El siguiente resultado que muestra la función de "Chain-Ladder" en "RStudio" es la misma tabla de cuantías estimadas pero esta vez, con importes no acumulados de años anteriores. Es decir, en cada casilla se sitúa el importe que previsiblemente tenga que pagar la entidad en un futuro para cada periodo. Se muestra en la siguiente figura 9:

rectángulo con cuantías desacumuladas

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]	[,5]	[,6]	[,7]	[,8]	[,9]
[1,]	351216	421171.0	322063.0	256867.0	621839.0	354512.0	392900.0	318850.0	747719.0
[2,]	327393	346258.0	223327.0	510957.0	843210.0	1159873.0	399618.0	412160.0	1038838.6
[3,]	223873	325930.0	757637.0	297396.0	557279.0	396627.0	360084.0	326691.8	798421.1
[4,]	227194	1695840.0	375980.0	534282.0	448557.0	784881.0	564913.1	518400.6	1266949.3
[5,]	576451	473079.0	282135.0	572956.0	557513.0	686539.6	437384.6	401372.3	980937.0
[6,]	464973	379183.0	609119.0	268196.0	572763.8	639722.8	407558.3	374001.7	914044.4
[7,]	391599	301595.0	346843.0	302806.2	446787.7	499019.4	317918.1	291742.2	713005.5
[8,]	295655	270087.0	253672.1	238572.0	352010.7	393162.4	250478.2	229854.9	561755.7
[9,]	409862	604126.4	454660.5	427596.3	630914.3	704671.3	448936.1	411972.7	1006843.8

**Figura 9.** Fuente: rectángulo de cuantías no acumuladas obtenido en "RStudio".

De la misma forma que anteriormente se ha explicado como acumular las cuantías del triángulo de siniestros, se procede para desacumular las cuantías previstas mediante la metodología empleada. La fórmula específica se presenta a continuación:

$$\hat{c}_{ij} = \hat{C}_{ij} - \hat{C}_{i,j-1} \quad \text{****}$$

Por poner otra demostración acerca de esta nueva fórmula, si se quiere obtener el importe exacto a pagar en el año 2004 por los siniestros acontecidos en 1996, cuya cuantía se representaría mediante el símbolo  $\hat{c}_{18}$ , se tiene que restar  $\hat{C}_{18} = 5.261.635$  menos  $\hat{C}_{17} = 4.222.796$ . El resultado sería que, en el 2004, por pólizas vigentes para el año 1996, se tendrán que pagar  $\hat{c}_{18} = 1.038.839$  unidades monetarias.

Este importe, al no ser acumulado, ya representa exactamente el dinero a pagar en el año 2004, pero tan solo para los sucesos ocurridos en 1996. Si se quiere saber el importe total que se tendrá que pagar en ese año, habrá que calcular las cuantías estimadas desde la  $\hat{c}_{18}$  hasta la  $\hat{c}_{81}$ . De hecho, ocupan la misma posición que las cuantías acumuladas para el 2004 calculadas en la página anterior.

Todas estas cuantías proyectadas son los importes que forman la primera diagonal del triángulo estimado inferior al triángulo de desarrollo. Por lo tanto, corresponden a las cuantías

\*\*\*\*Fórmula extraída de la publicación *Tarificación y provisiones* de Boj, E.; Claramunt, M.M.; Costa, T. (2021)

que de forma estimada la entidad aseguradora tendrá que pagar en el año 2004 a sus asegurados, pero por los siniestros que ocurrieron desde el año 1996 hasta el 2003. En el nuevo rectángulo no se incluyen los importes que se van a tener que pagar por las pólizas estipuladas a partir del año 2004.

Es necesario el cálculo de las cuantías a desembolsar año a año, y no de manera acumulada, para poder conseguir el principal objetivo que persigue este trabajo, y es una de las maneras con las que se pueden calcular las provisiones que va a tener que hacer la aseguradora a finales del año 2003.

Aunque también hay una forma de calcular las provisiones a través del rectángulo de cuantías acumuladas. En el triángulo presentado se analizan los pagos ya realizados y los previsibles en el futuro de siniestros acontecidos en un total de 9 años, los de 1995 que ya se han acabado de pagar, y los ocurridos hasta 8 años después. Por lo tanto, no hay que provisionar todos los importes presentados ya que, como se ha comentado, las cuantías de la parte superior de la tabla ya han sido desembolsadas. La provisión se podría calcular restándole al total que se calcula pagar por los 9 años, el importe ya pagado.

Si se suman todos los importes de la última columna de la tabla de importes acumulados estimados de la figura 8, la suma representa el total que la entidad habrá pagado en el 2011, ya que a cada columna se le han ido acumulando los importes pagados en el año anterior. Por otro lado, la suma de la diagonal de cuantías acumuladas efectivamente pagadas, que va desde la  $C_{80}$  hasta la  $C_{08}$ , muestra todo lo que se ha pagado hasta en 2003 (año del cálculo de la provisión). En consecuencia, la diferencia entre la columna  $k = 8$  del total de importes proyectados y la última diagonal con datos reales, que representa lo desembolsado hasta el año de la provisión, da como resultado la provisión que la compañía aseguradora tendría que reservar para asegurarse de poder pagar todas sus obligaciones en un futuro.

Total de importes a pagar – Importes ya pagados = Provisión

$$40.663.785 - 21.194.739 = \boxed{19.469.046} \text{ unidades monetarias}$$

Otra manera de determinar las provisiones necesarias para guardar es mediante la tabla de cuantías no acumuladas previamente calculadas. Cada uno de los importes pertenecientes a su triángulo inferior indica lo que en la actualidad se estima que se tendrá que pagar en cada momento futuro, también diferenciando que cuantías pertenecen a los siniestros de cada año pasado. Entonces, sumando cada una de las cuantías estimadas previamente también se puede obtener el importe que la aseguradora tendrá que reservar.

Estas cuantías proyectadas corresponden a los importes a pagar desde el 2004 hasta el 2011 por los siniestros ocurridos entre 1996 y el 2003. Y su suma da como resultado 19.469.045 unidades monetarias.

El penúltimo resultado que muestra el “RStudio” al aplicar la función de “Chain-Ladder” se muestra en la figura 10:

```
provisiones (suma de pagos futuros)
[1] 19469046
```

**Figura 10.** Fuente: importe de provisiones obtenido en “RStudio”.

Se observa que, tanto si se calculan las provisiones mediante la fórmula de cuantías acumuladas o sumando la totalidad de los importes futuros del triángulo inferior de siniestros, se obtiene el mismo resultado a provisionar, 19.469.046 unidades monetarias.

El último resultado que muestra el programa informático se presenta en la figura 11 y consiste en un vector que contiene los pagos a realizar a partir del 2004, y están separados por años.

```
vector pagos futuros
[1] 4350351.7 3533949.2 3354506.2 2696933.6 2160936.1 1391796.5 973728.4 1006843.8
> |
```

**Figura 11.** Fuente: vector de obligaciones futuras obtenido en “RStudio”.

El importe de 4.350.351,7 unidades monetarias representa el total de dinero que se tendrá que pagar exclusivamente en el próximo año 2004 por siniestros acontecidos desde el 1996 hasta el 2003. Visualmente, el importe resulta de sumar todas las cuantías no acumuladas de la primera diagonal del triángulo inferior de cuantías estimadas, la que va desde la cantidad  $\hat{c}_{81}$  hasta la  $\hat{c}_{18}$ . De igual manera, el segundo importe de 3.533.949,2 unidades monetarias representa la suma de dinero que se tendrá que pagar en el 2005 por los siniestros acontecidos desde el 1997 hasta el 2003.

En el extremo derecho del vector, se sitúa la cuantía de 1.006.843,8 unidades monetarias. El número coincide con el que se presenta en el extremo derecho inferior en el rectángulo de importes no acumulados en la figura 9 del trabajo, y representa el dinero a pagar por la aseguradora en el año 2011 por siniestros acontecidos en el año 2003 únicamente. Esto es debido a que el triángulo presentado solo analiza los pagos de siniestros ocurridos hasta el 2003 y, en el año 2011, ya se habrá acabado de pagar la totalidad de obligaciones derivadas de riesgos sucedidos con anterioridad al 2003 (la entidad aseguradora acaba de pagar los importes de siniestros 8 años después de que ocurran). Si se suman las cuantías de este vector de obligaciones futuras también se obtiene la provisión de 19.469.046 unidades monetarias.

## 7. Conclusiones

La parte práctica de este trabajo ha girado en torno a las provisiones técnicas que las compañías aseguradoras deben reservar. Concretamente las conocidas como reservas de siniestros pendientes de declaración, características de los seguros generales de la rama de no vida. Como consecuencia de que existe una póliza de seguro vigente proporcionada por una entidad y firmada por un asegurado, y en la fecha de cálculo de las provisiones la persona protegida ya ha pagado la prima exigida, esta entidad tiene que garantizar que va a poder hacer frente a sus obligaciones contractuales.

Los cálculos realizados pertenecen a cuantías estimadas, por lo tanto, hasta que no se declaren la totalidad de daños sufridos o la entidad reconozca exactamente la indemnización que corresponde a los asegurados según las pólizas contratadas, no se conocerán con precisión los importes a desembolsar. Para la aseguradora lo pertinente sería que el total de pagos a realizar fuera como máximo igual a las provisiones constituidas, para así poder pagar y cumplir con todos los contratos realizados. Pero a partir de ese punto, cuanto menor sea el importe real o, dicho de otra manera, cuanto mayor parte de las reservas no sea requerida para que salgan de la entidad en forma de indemnizaciones, más beneficios retendrá. Como indica su ciclo de actividad, los gastos totales no se conocen hasta el final. Pero este momento final no siempre coincide con el final del ejercicio contable ya que, en esta fecha, aún hay siniestros que no han sido comunicados a las compañías aseguradoras. Concretamente, en los datos expuestos para el desarrollo del cálculo de las provisiones, los siniestros acontecidos en el año base 1995, no se acababan de pagar íntegramente hasta 8 años después, no de la declaración de los daños, sino de los propios sucesos. Por ello, tampoco se conocería el total desembolsado hasta el final de estos 8 años. Sería en este momento cuando, conocidos los gastos derivados del propio funcionamiento de la entidad y el total de primas recogidas, se podría calcular el beneficio que le queda a la aseguradora por el servicio prestado.

La metodología "*Chain-Ladder*" determina las futuras cantidades a pagar estudiando como evolucionaron los pagos de siniestros ya resueltos completamente en años anteriores. Pero, lo sucedido en el pasado no quiere decir que se repita exactamente igual en el futuro. Aunque se esté asegurando continuamente el mismo tipo de riesgos, los asegurados y sus condiciones no son invariantes. Las necesidades reales de ingresos para pagar siniestros pueden desviarse de las estimaciones pasadas por diversos motivos, como por ejemplo que hayan entrado en la cartera de clientes asegurados más propensos a sufrir los riesgos asegurados o, que los ya presentes en años anteriores empiecen a sufrir más daños por incrementos en su edad.

Por ello, aunque las propias entidades quieran reservar lo necesario con el motivo de poder continuar con el negocio, existen normativas que determinan como se tienen que provisionar los ingresos derivados de primas. Esto es debido a que los reguladores quieren proteger a los asegurados ya que, como consecuencia de ciertas situaciones acontecidas, podrían quedar ampliamente desprotegidos económicamente. Por ello, las entidades no tienen libre elección sobre las cantidades de ingresos a reservar o como invertirlos.

El rectángulo de desarrollo presentado incluye tanto los datos reales pasados como las proyecciones realizadas hasta 8 años futuros de los siniestros ocurridos entre 1995 y 2003. Hasta el momento del cálculo de provisiones al final del año 2003, sobre el importe total de gastos que de manera proyectada se ha determinado, los importes que realmente ya se han pagado representan un 52,12% de este total. Es decir, del conjunto de los 9 años inminentemente anteriores, según las proyecciones aún quedarían por pagar alrededor de un 48% de sus importes, con primas que ya se han recibido.

A medida que avancen los años, el triángulo de desarrollo presentado irá evolucionando y se eliminarán los años con siniestros íntegramente pagados y se irán añadiendo los siguientes. De ellos no solo se puede extraer información de manera global, sino que también proporciona información año a año. Los datos correspondientes a cada año se encuentran situados por diagonales en el triángulo. De esta manera, las entidades pueden planificar más detalladamente sus acciones sabiendo ya lo que tienen reservado para años posteriores.

## 8. Bibliografía y Webgrafía

### → Bibliografía

ALEGRE, A.; BADÍA, C.; BOJ, E.; BOSCH, M.; CASANOVAS, M.; CASTAÑER, A.; CLARAMUNT, M.M.; COSTA, T.; GALISTEO, M.; GONZÁLEZ-VILA, L.; MÁRMOL, M.; MARTÍNEZ DE ALBÉNIZ, F.J.; MORILLO, I.; ORTÍ, F.J.; PONS, M.A.; PREIXENS, T.; RIBAS, C.; ROCH, O.; SÁEZ, J.; SARRASÍ, F.J. y VAREA, J. (2017). Teoría General del Seguro. (pp. 1 - 332). Asociación ICEA. ISBN: 978-84-697-6093-2

BERMÚDEZ, L.; ESPINOSA, F. y PÉREZ, J.L., (2004). *Introducció al món de les assegurances*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN 8483384639.

BERMÚDEZ, L. (2022). Materiales de la asignatura Fundamentos del Seguro (UB).

BOJ, E.; CLARAMUNT, M.M.; COSTA, T. (2021). Tarificación y provisiones (tercera edición). Depósito Digital de la Universidad de Barcelona. Colección de objetos y materiales docentes (OMADO).

CLARAMUNT, M.M.; COSTA, T.; BOJ, E. (2017). *provisio*: Área de trabajo en lenguaje R para el calculo de provisiones técnicas en seguros no de vida con métodos deterministas. Depósito Digital de la Universidad de Barcelona. Colección de Investigación- Software.

DENUIT, M.; CHARPENTIER, A. (2004). *Mathématiques de l'Assurance Non Vie Tome 2: Tarification et provisionnement*. Economica, Paris.

DIRECCIÓN GENERAL DE SEGUROS Y FONDOS DE PENSIONES (2021), Informe de Seguros y Fondos de Pensiones, Madrid.

DONATI, A. (1960). *Los seguros privados: Manual de Derecho*. Traducción y notas por Arturo Vidal Solá. Librería Bosch, Barcelona.

MANES, A. (1930). *Teoría general del seguro: tratado de seguros*. Traducción de la 4ª edición alemana por Fermín Soto. Logos, Madrid.

MAPFRE *Economics* (2021), El mercado español de seguros en 2021. Fundación MAPFRE, Madrid.

### → Webgrafía

c function - RDocumentation

Enlace: <https://www.rdocumentation.org/packages/base/versions/3.6.2/topics/c>

Fecha visita: 29/5/2023

Diccionario MAPFRE de Seguros - Fundación MAPFRE (fundacionmapfre.org)

Enlace: <https://www.fundacionmapfre.org/publicaciones/diccionario-mapfre-seguros/>

Fecha visita: 21/4/2023, 2/5/2023, 21/5/2023

Diccionario de Seguros Allianz | Home

Enlace: <https://www.allianz.es/descubre-allianz/mediadores/diccionario-de-seguros.html>

Fecha visita: 21/4/2023, 5/5/2023

El origen de los seguros (farodevigo.es)

Enlace: <https://www.farodevigo.es/ideas/miralfuturo/el-origen-de-los-seguros.html>

Autora: Gema Carrasco ofrecido por: Fundación Mapfre

Fecha visita: 1/4/2023

Fundación MAPFRE (fundacionmapfre.org)

Enlace: <https://www.fundacionmapfre.org/>

Fecha visita: 21/4/2023, 29/4/2023

Ley de los grandes números - Qué es, definición y concepto | 2023 | Economipedia

Enlace: <https://economipedia.com/definiciones/ley-los-grandes-numeros.html>

Fecha visita: 21/4/2023

Los Principios del Seguro - Fundación MAPFRE (fundacionmapfre.mx)

Enlace: <https://www.fundacionmapfre.mx/educacion-divulgacion/educacion-financiera/seguros/que-es-el-seguro/principios-seguro/>

Fecha visita: 22/4/2023

Los seguros: cuántos tipos existen y cuánto cuestan (bbva.com)

Enlace: <https://www.bbva.com/es/salud-financiera/los-seguros-cuantos-tipos-existen-y-cuanto-cuestan/>

Fecha visita: 18/4/2023

Los seguros no vida: ¿qué son y cuántos tipos hay? (allianz.es)

Enlace: <https://www.allianz.es/seguros-vida/consejos-de-vida/seguros-de-no-vida.html>

Fecha visita: 26/4/2023

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.6 en línea].  
<<https://dle.rae.es>> [3/4/2023].

Sector asegurador: aportación al PIB España 2011-2020 | Statista

Enlace: <https://es.statista.com/estadisticas/569567/aportacion-del-sector-asegurador-espanol-al-pib>

Autora: Rosa Fernández, publicado el 20 septiembre de 2022

Fecha visita: 11/4/2023

Tipos de seguros de vida ▷ ¿Cuáles existen? | BBVA

Enlace: <https://www.bbva.es/finanzas-vistazo/ef/seguros/tipos-seguros-vida.html>

Fecha visita: 5/5/2023

## 9. Anexo

- A continuación, se presentan las instrucciones introducidas en el “script” en “RStudio”:

```
menuprovisio()
c0<-c(351216,421171,322063,256867,621839,354512,392900,318850,747719)
c1<-c(327393,346258,223327,510957,843210,1159873,399618,412160)
c2<-c(223873,325930,757637,297396,557279,396627,360084)
c3<-c(227194,1695840,375980,534282,448557,784881)
c4<-c(576451,473079,282135,572956,557513)
c5<-c(464973,379183,609119,268196)
c6<-c(391599,301595,346843)
c7<-c(295655,270087)
c8<-409862
ibnrchl(c(c0,c1,c2,c3,c4,c5,c6,c7,c8))
```

- A continuación, se presentan los resultados obtenidos al ejecutar la función `ibnrchl()`:

```
> ibnrchl(c(c0,c1,c2,c3,c4,c5,c6,c7,c8))
triángulo cuantiles
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
[1,] 351216 421171 322063 256867 621839 354512 392900 318850 747719
[2,] 327393 346258 223327 510957 843210 1159873 399618 412160 0
[3,] 223873 325930 757637 297396 557279 396627 360084 0 0
[4,] 227194 1695840 375980 534282 448557 784881 0 0 0
[5,] 576451 473079 282135 572956 557513 0 0 0 0
[6,] 464973 379183 609119 268196 0 0 0 0 0
[7,] 391599 301595 346843 0 0 0 0 0 0
[8,] 295655 270087 0 0 0 0 0 0 0
[9,] 409862 0 0 0 0 0 0 0 0

triángulo cuantiles acumuladas
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
[1,] 351216 772387 1094450 1351317 1973156 2327668 2720568 3039418 3787137
[2,] 327393 673651 896978 1407935 2251145 3411018 3810636 4222796 4222796
[3,] 223873 549803 1307440 1604836 2162115 2558742 2918826 2918826 2918826
[4,] 227194 1923034 2299014 2833296 3281853 4066734 4066734 4066734 4066734
[5,] 576451 1049530 1331665 1904621 2462134 2462134 2462134 2462134 2462134
[6,] 464973 844156 1453275 1721471 1721471 1721471 1721471 1721471 1721471
[7,] 391599 693194 1040037 1040037 1040037 1040037 1040037 1040037 1040037
[8,] 295655 565742 565742 565742 565742 565742 565742 565742 565742
[9,] 409862 409862 409862 409862 409862 409862 409862 409862 409862

factores de desarrollo
[1] 2.473975 1.448388 1.291149 1.332718 1.278839 1.138911 1.111926 1.246007
```

rectángulo con cuantías acumuladas

```
[,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
[1,] 351216 772387 1094450.0 1351317 1973156 2327668 2720568 3039418 3787137
[2,] 327393 673651 896978.0 1407935 2251145 3411018 3810636 4222796 5261635
[3,] 223873 549803 1307440.0 1604836 2162115 2558742 2918826 3245518 4043939
[4,] 227194 1923034 2299014.0 2833296 3281853 4066734 4631647 5150048 6416997
[5,] 576451 1049530 1331665.0 1904621 2462134 3148674 3586058 3987431 4968368
[6,] 464973 844156 1453275.0 1721471 2294235 2933958 3341516 3715518 4629562
[7,] 391599 693194 1040037.0 1342843 1789631 2288650 2606568 2898311 3611316
[8,] 295655 565742 819414.1 1057986 1409997 1803159 2053637 2283492 2845248
[9,] 409862 1013988 1468648.9 1896245 2527160 3231831 3680767 4092740 5099583
```

rectángulo con cuantías desacumuladas

```
[,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
[1,] 351216 421171.0 322063.0 256867.0 621839.0 354512.0 392900.0 318850.0 747719.0
[2,] 327393 346258.0 223327.0 510957.0 843210.0 1159873.0 399618.0 412160.0 1038838.6
[3,] 223873 325930.0 757637.0 297396.0 557279.0 396627.0 360084.0 326691.8 798421.1
[4,] 227194 1695840.0 375980.0 534282.0 448557.0 784881.0 564913.1 518400.6 1266949.3
[5,] 576451 473079.0 282135.0 572956.0 557513.0 686539.6 437384.6 401372.3 980937.0
[6,] 464973 379183.0 609119.0 268196.0 572763.8 639722.8 407558.3 374001.7 914044.4
[7,] 391599 301595.0 346843.0 302806.2 446787.7 499019.4 317918.1 291742.2 713005.5
[8,] 295655 270087.0 253672.1 238572.0 352010.7 393162.4 250478.2 229854.9 561755.7
[9,] 409862 604126.4 454660.5 427596.3 630914.3 704671.3 448936.1 411972.7 1006843.8
```

provisiones (suma de pagos futuros)

```
[1] 19469046
```

vector pagos futuros

```
[1] 4350351.7 3533949.2 3354506.2 2696933.6 2160936.1 1391796.5 973728.4 1006843.8
> |
```

- A continuación, se presentan los cálculos realizados en “RStudio” para la explicación del subparado 6.1:

#Cálculos de cuantías acumuladas

```
351216+421171 #772387
3039418+747719 #3787137
```

#Cálculos factores de desarrollo

```
3787137/3039418 #1.246007
(3039418+4222796)/(2720568+3810636) #1.111926
```

#Cálculo de cuantías estimadas acumuladas mediante factores de desarrollo

```
4222796*1.246007 #5261633
2918826*1.111926 #3245519
4066734*1.138911 #4631648
2462134*1.278839 #3148673
1721471*1.332718 #2294235
1040037*1.291149 #1342843
565742*1.448388 #819413.9
409862*2.473975 #1013988
```

```
4092750*1.246007 #5099595
3245518*1.246007 #4043938
```

#Cálculo de cuantías desacomuladas  
5261635-4222796 #1038839

#Cálculo de las provisiones con cuantías acumuladas  
(3787137+5261635+4043939+6416997+4968368+4629562+3611316+2845248+5099583) #40663785  
(409862+565742+1040037+1721471+2462134+4066734+2918826+4222796+3787137) #21194739  
40663785-21194739 #Provisión = 19469046

#Cálculo de las provisiones con cuantías desacomuladas  
1038838.6+326691.8+798421.1+564913.1+518400.6+1266949.3+686539.6+437384.6+401372.3+980937.0+  
+572763.8+639722.8+407558.3+374001.7+914044.4+302806.2+446787.7+499019.4+317918.1+291742.2+713005.5+  
+253672.1+238572.0+352010.7+393162.4+250478.2+229854.9+561755.7+  
+604126.4+454660.5+427596.3+630914.3+704671.3+448936.1+411972.7+1006843.8 #Provisión = 19469045