

83

Proceso de Tarificación en el Seguro del Automóvil Una Perspectiva Técnica

Estudio realizado por: Montse Pascual Villacampa

Tesis del Master en Dirección de Entidades
Aseguradoras y Financieras

Curso 2005/2006

Esta publicación ha sido posible gracias al patrocinio de



Esta tesis es propiedad del autor. No está permitida la reproducción total o parcial de este documento sin mencionar su fuente. El contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del autor, quien declara que no ha incurrido en plagio y que la totalidad de referencias a otros autores han sido expresadas en el texto.

Presentación

Mi incorporación en el año 1999 a Banco Vitalicio como actuario de seguros en la Unidad de Estudios de la Dirección de Automóviles, me ha permitido aplicar mis conocimientos académicos (y ampliarlos) y adquirir una experiencia valiosa al vivir en primera persona el comportamiento cíclico de los resultados de esta modalidad de seguro.

Quiero dedicar esta tesis a todos aquellos que forman (o han formado) parte de la Dirección de Automóviles, especialmente a Alberto Macián y a Luis Roset, por todo lo que he aprendido de ellos y con ellos. Y también, a todos los profesores del Master y a mis compañeros de promoción.

Resumen

El seguro del automóvil, posiblemente debido a su naturaleza obligatoria, es la modalidad de seguro No Vida con más importancia dentro del sector asegurador, tanto por su encaje de primas, como por su incidencia en la cuenta de resultados.

Es precisamente la saturación de mercado motivada por la ya citada naturaleza obligatoria de dicho seguro, la que permite explicar el tradicional comportamiento cíclico de los resultados de este mercado, tan maduro. Ante dicha situación, el primer problema y posiblemente el más importante que se suscita para la gestión del seguro del automóvil, es una adecuada política de precios.

En este trabajo, y partiendo de las restricciones introducidas desde el marco legal, se realiza una descripción pormenorizada del proceso de tarificación del seguro del automóvil, con especial énfasis en los aspectos técnico-actuariales.

Resum

L'assegurança de l'automòbil, possiblement motivat per la seva natura obligatòria, és la modalitat d'assegurança No Vida amb més importància dins del sector assegurador, tant pel seu volum de primes com per la seva incidència en el compte de resultats.

És precisament la saturació de mercat motivada per la ja esmentada natura obligatòria d'aquesta assegurança, la que permet explicar el tradicional comportament cíclic dels resultats d'aquest mercat, tant madur. Davant d'aquesta situació, el primer problema i tanmateix el més important que s'ha d'afrontar per la gestió de l'assegurança de l'automòbil, és una adequada política de preus.

En aquest treball, i partint de les restriccions introduïdes des del marc legal, es realitza una descripció detallada del procés de tarificació de l'assegurança de l'automòbil, amb especial èmfasi en els aspectes de tècnica actuarial.

Summary

Motor insurance is, possibly due to its compulsory nature, the most important type of Non-Life insurance within the insurance industry, not only because of its premiums income, but also because of its importance in the P & L account.

Market saturation, mostly motivated by the above mentioned compulsory nature of motor insurance, is the most evident explanation to the traditional cyclical behaviour exhibited by the results of this mature market. Facing this situation, the first and most important problem that arises to manage motor insurance is a proper pricing policy.

In this work, and considering the restrictions introduced by the legal environment, a detailed description of the pricing process in motor insurance, with a special stress on the technical & actuarial issues is carried out.

Índice

1. Presentación y objeto de la tesis	9
2. El marco legal	13
3. Información genérica	15
3.1. Riesgos asegurables	15
3.1.1. Tipos de cobertura	
3.1.2. Paquetes de contratación	
3.2. Factores de riesgo considerados	23
3.3. Sistemas de tarificación	24
3.3.1. Tarificación a priori (class-rating)	
3.3.2. Tarificación a posteriori (experience-rating)	
4. Información estadística sobre el riesgo	55
4.1. Fuentes de información interna	55
4.2. Fuentes de información externa	55
4.2.1. Sistema Informativo de Especificaciones Técnicas, Base SIETE	
4.2.2. Fichero Histórico de Siniestralidad de Conductores, SINCO	
4.2.3. Estadística del Seguro del Automóvil (ESA)	
4.2.4. Información geo-demográfica (Instituto Nacional de Estadística y otras fuentes privadas)	
4.2.5. Información financiera/crediticia de clientes y otras	
4.3. Periodo de análisis	60
4.4. Tratamiento de la información muestral	61
5. Conclusiones	65
6. Bibliografía	67

Proceso de Tarificación en el Seguro del Automóvil. Una Perspectiva Técnica

1. Presentación y objeto de la tesis

El seguro del automóvil, se diferencia de otros seguros No Vida por su carácter obligatorio. Dicho factor en conjunción con la notable presencia del automóvil en España, tanto en las economías domésticas, como en el tejido empresarial (según los últimos datos publicados por la Dirección General de Tráfico, datos del 2004, circulan 26.432.641 de vehículos), justifica su importancia no sólo por su participación en el encaje de primas como por su incidencia en la cuenta de resultados.

	Total	Vida	No Vida	Autos	Autos RC	Autos Resto	% Autos / Total	% Autos / No Vida
1999	32.250	17.129	15.121	6.838	3.938	2.899	21,20%	45,22%
2000	40.822	23.772	17.051	7.987	4.603	3.384	19,56%	46,84%
2001	42.063	23.029	19.034	8.867	5.248	3.620	21,08%	46,59%
2002	48.880	27.117	21.763	9.949	5.890	4.059	20,35%	45,72%
2003	41.600	17.743	23.857	10.617	6.258	4.358	25,52%	44,50%
2004	45.224	18.972	26.252	11.239	6.544	4.695	24,85%	42,81%
2005	48.775	20.532	28.243	11.659	6.641	5.018	23,90%	41,28%

Cuadro 1.- Encaje de primas (millones de euros)
(Fuente: ICEA)

	Total	Vida	No Vida	Autos	Autos RC	Autos Resto
2000	26,58%	38,78%	12,76%	16,80%	16,90%	16,70%
2001	3,04%	-3,12%	11,63%	11,02%	14,01%	6,98%
2002	16,21%	17,75%	14,34%	12,20%	12,23%	12,13%
2003	-14,89%	-34,57%	9,62%	6,71%	6,25%	7,37%
2004	8,71%	6,93%	10,04%	5,86%	4,57%	7,73%
2005	7,85%	8,22%	7,59%	3,74%	1,47%	6,89%

Cuadro 2.- % Variación en encaje de primas

Al tratarse de un mercado maduro y saturado, y con tanto peso sobre el encaje global de primas del sector, se desatan periódicamente ciclos de resultado. Se puede apreciar en el siguiente cuadro la evolución más reciente del resultado técnico y técnico-financiero, tanto de seguro directo como en propia conservación:

	Siniestralidad / Primas	Gastos Adquis. & Adminis.	Gastos Técnicos	Resultado Financiero	Resultado Total
2000	-87,67%	-17,86%	-1,65%	7,69%	0,51%
2001	-80,34%	-17,95%	-1,73%	5,49%	5,47%
2002	-74,59%	-16,96%	-1,89%	2,09%	8,65%
2003	-75,87%	-16,78%	-1,35%	7,09%	13,09%
2004	-71,69%	-16,59%	-1,26%	6,50%	16,96%
2005	-72,74%	-16,64%	-1,51%	7,44%	16,55%

Cuadro 3.- Resultado técnico sobre primas adquiridas (negocio directo)
(Fuente: ICEA)

	Siniestralidad / Primas	Gastos Adquis. & Adminis.	Gastos Técnicos	Resultado Financiero	Resultado Total
2000	-88,01%	-18,32%	-1,74%	8,14%	0,07%
2001	-81,70%	-18,38%	-1,83%	5,81%	3,90%
2002	-75,62%	-17,36%	-1,99%	2,19%	7,22%
2003	-77,20%	-17,11%	-1,42%	7,45%	11,72%
2004	-73,14%	-16,96%	-1,33%	6,86%	15,43%
2005	-73,99%	-16,91%	-1,58%	7,80%	15,32%

Cuadro 4.- Resultado técnico sobre primas adquiridas (neto de reaseguro)
(Fuente: ICEA)

El sector del seguro del automóvil está evidenciando en el ejercicio 2006 una profundización de la coyuntura sectorial registrada en el ejercicio 2005, cuyos rasgos fundamentales se pueden resumir en:

- un exceso creciente en la oferta de aseguramiento, basado principalmente en el positivo resultado técnico sectorial registrado en ejercicios precedentes,
- un incremento del parque automovilístico inferior al incremento de oferta anteriormente referido, y en consecuencia
- un ajuste del mercado hacia nuevas posiciones de equilibrio que se sitúa en menores niveles de prima media, acrecentando la rotación de carteras,
- adicionalmente, una creciente polarización de la distribución en las Entidades Aseguradoras de mayor cuota de mercado, tal como se puede apreciar en el siguiente cuadro resumen:

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
5 COMPAÑÍAS	44,99%	46,04%	46,68%	46,96%	49,10%	51,10%
10 COMPAÑÍAS	62,69%	64,85%	64,25%	64,93%	67,74%	69,14%
15 COMPAÑÍAS	73,13%	75,32%	74,69%	74,79%	78,62%	80,42%

**Cuadro 5.- Cuota de mercado en primas - % Acumulado
(Fuente: ICEA)**

Lo anterior ha tenido como efectos de acompañamiento:

- una inusitada presencia del seguro del automóvil en los medios de comunicación, no sólo asociada a las entidades de venta directa, sino también a entidades de corte tradicional con unos niveles de actividad comercial inferiores a las expectativas que se habían formado,
- la entrada en segmentos de actividad no tradicionales para determinadas entidades, en su búsqueda de fuentes alternativas de negocio que compense su nivel de actividad en sus segmentos tradicionales (Camiones y Remolques, Autobuses y Autocares, Renting con opciones de aseguramiento a Daños Propios, Motocicletas...) habitualmente orientadas a la captación de riesgos de superior prima media,
- la consecuente reacción de las entidades con menor cuota de mercado, que siguiendo el comportamiento de las entidades de mayor cuota pugnan por retener su cartera con políticas de aligeramiento tarifario.

Especialmente en esta coyuntura resulta necesaria una adecuada política de precios, que teniendo en cuenta el carácter cíclico del sector, permita desarrollar los objetivos establecidos por la entidad. No podemos olvidar el siempre vigente "trade-off" entre crecimiento y resultado. Por ello, habitualmente el objetivo de las Entidades Aseguradoras se formula en términos de alcanzar un nivel de resultado establecido en el proceso presupuestario, intentando maximizar el crecimiento en primas coherente con dicha restricción.

Este trabajo, partiendo de las restricciones introducidas desde el marco legal, va a proporcionar una descripción pormenorizada y estructurada del proceso de tarifación del seguro del automóvil, y se centrará con especial énfasis en los aspectos técnico-actuariales.

2. El marco legal

En relación al proceso de tarificación del seguro del automóvil, el marco legal viene establecido por:

- La ley 30/1995 de 8 de noviembre, de Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados (en adelante LOSSP): artículo 24.
- Real Decreto 2486/1998 de 20 de noviembre, Reglamento de Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados (en adelante ROSSP): artículos 76 y 77.

En concreto del artículo 24 de la LOSSP interesa destacar los siguientes puntos:

- La suficiencia de las tarifas de primas, en base a hipótesis actuariales razonables que permitan a la entidad aseguradora hacer frente a las obligaciones derivadas de seguro, y en particular, constituir las provisiones técnicas adecuadas.
- Las tarifas de primas responden al régimen de libertad de competencia en el mercado de seguros, sin que la fijación de las mismas en base a primas de riesgo obtenidas de estadísticas comunes tenga la consideración de una práctica restrictiva de la competencia.
- La Dirección General de Seguros podrá prohibir la autorización de tarifas de primas que no cumplan lo dispuesto en los puntos anteriores y en la Ley de Contrato de Seguro.
- Las tarifas de primas y las bases técnicas no estarán sujetas a autorización administrativa, si bien deberán estar a disposición de la Dirección General de Seguros, que podrá requerir su presentación.

En relación a los artículos 76 y 77 del ROSSP interesa asimismo destacar:

- Las tarifas de primas deberán fundamentarse en bases técnicas y en información estadística elaboradas de acuerdo con lo establecido en el ROSSP.
- La prima de tarifa se ajustará a los principios de indivisibilidad, invariabilidad, suficiencia y equidad.
- La prima de tarifa estará integrada por la prima pura o de riesgo, por el recargo de seguridad, en su caso, y por los recargos necesarios para que la entidad pueda hacer frente a sus gastos de administración y adquisición, incluyendo en los últimos los de mantenimiento de negocio, así como el posible margen de beneficio o excedente propio de la

actividad. Los gastos de gestión de siniestros se incluirán en la prima pura.

- Las bases técnicas serán suscritas por un actuario de seguros, comprendiendo los siguientes apartados:
 1. Información genérica: en ella se dará explicación al riesgo asegurable conforme a la póliza respectiva, los factores de riesgo considerados y los sistemas de tarificación utilizados.
 2. Información estadística sobre el riesgo: se aportará información sobre la estadística que se haya utilizado indicando el tamaño de la muestra, las fuentes y método de obtención de la misma y el periodo a que se refiera.
 3. Recargo de Seguridad: se dotará al objeto de cubrir las desviaciones aleatorias desfavorables de la siniestralidad esperada.
 4. Recargos para gastos de gestión: se detallará cuantía, suficiencia y adecuación de los recargos para gastos de administración y de adquisición, incluidos entre estos últimos los de mantenimiento del negocio, justificados en función de la organización de la entidad, actual y prevista en la entidad.
 5. Recargo para beneficio o excedente: se destinará a remunerar los recursos financieros e incrementar la solvencia dinámica de la empresa.
 6. Cálculo de la prima: en función de las bases estadísticas y financieras si procede, se establecerá la equivalencia actuarial para fijar la prima pura que corresponda al riesgo a cubrir y a los gastos de gestión de los siniestros. Tomando como base la prima pura y los recargos, se obtendrá la prima de tarifa o comercial. Si se admiten primas fraccionadas y fraccionarias, se justificará la base y el recargo para calcularlas, concretando que estas últimas son liberatorias por el periodo de seguro al que correspondan.
 7. Cálculo de las provisiones técnicas: las bases técnicas reflejarán el método elegido para el cálculo de las provisiones técnicas entre los admitidos por el ROSSP.

En los siguientes capítulos se desarrollan las dos primeras componentes de las bases técnicas referentes a la información genérica y a la información estadística sobre el riesgo.

3. Información genérica

3.1. Riesgos asegurables

3.1.1. Tipos de Coberturas

Tras haber analizado los Condicionados de los productos de automóviles de las Entidades Aseguradoras más significativas, a continuación se procede a detallar las coberturas comercializadas con mayor habitualidad:

El Seguro Obligatorio de Automóviles (SOA)

El marco legal de esta cobertura queda establecido en el Real Decreto 7/2001 de 12 de enero (Reglamento sobre la responsabilidad civil y seguro en la circulación de vehículos a motor) y en el Real Decreto Legislativo 8/2004, de 29 de octubre (texto refundido de la Ley sobre responsabilidad civil y seguro en la circulación de vehículos a motor).

Los aspectos más importantes son:

- El SOA comprende la cobertura de los daños a las personas y en los bienes causados a los perjudicados por hechos de la circulación, con limitaciones cuantitativas y exclusiones.
- En las indemnizaciones por daños a las personas, el asegurador, dentro de los límites del aseguramiento de suscripción obligatoria, deberá reparar el daño causado a las personas, excepto cuando se pruebe que el mismo fue debido únicamente a la conducta o negligencia del perjudicado o a fuerza mayor extraña a la conducción o al funcionamiento del vehículo.

Para los daños personales rige el principio de responsabilidad objetiva o por riesgo, por lo que el conductor del vehículo causante del accidente sólo queda exonerado en la medida en que se cumpla alguna de las situaciones mencionadas anteriormente.

El límite de aseguramiento es de 350.000 euros por víctima. Si la cuantía de la indemnización (fijada según Baremo) fuera superior, se satisfará, con cargo al SOA, dicho importe máximo.

- En la indemnización de daños en los bienes, el asegurador, dentro de los límites del aseguramiento de suscripción obligatoria, deberá reparar el daño causado cuando el conductor del vehículo resulte civilmente responsable.

Para los daños materiales rige el principio de responsabilidad subjetiva o por culpa, por lo que el perjudicado debe probar la negligencia, imprudencia, impericia o dolo del causante del accidente.

El límite de aseguramiento es de 100.000 euros por siniestro.

- En los gastos de asistencia médica, farmacéutica y hospitalaria, el SOA cubre la cuantía necesaria hasta la sanación o consolidación de secuelas, siempre que el gasto esté debidamente justificado atendiendo a la naturaleza de la asistencia prestada.
- En los gastos de entierro y funeral en caso de muerte, el SOA cubre la cuantía que se justifique siempre que sea acorde con los usos y costumbres del lugar donde se preste el servicio.
- Cuando el siniestro sea ocasionado en un Estado adherido al Convenio multilateral de garantía distinto de España, por un vehículo que tenga su estacionamiento habitual en España, se aplicarán los límites de cobertura obligatoria fijados por el Estado miembro en el que tenga el lugar el siniestro. No obstante, si el siniestro se produce en un Estado miembro del espacio económico europeo, se aplicarán los límites de cobertura mencionados anteriormente, siempre que éstos sean superiores a los establecidos en el Estado donde se haya producido el siniestro.
- En el SOA se pueden distinguir dos tipos de exclusiones. La diferencia se encuentra en que en un grupo el asegurador podrá repetir una vez efectuado el pago de la indemnización y en el otro no. Las exclusiones en las cuales no podrá repetir son: todos los daños y perjuicios causados por las lesiones o el fallecimiento del conductor del vehículo causante del siniestro, los daños sufridos por el vehículo asegurado o por las cosas transportadas en él, los daños personales y materiales causados por un vehículo robado. Y, algunas de las exclusiones en las cuales sí podrá repetir son: los daños personales y materiales causados por una conducción bajo los efectos del alcohol o de otras sustancias estupefacientes, los causados por una conducta dolosa y los causados por un tercero responsable de los daños.

El Seguro Voluntario de Automóviles (SVA)

Tal y como se ha visto en el apartado anterior, el SOA cubre los daños personales y/o materiales en unos supuestos mínimos y en unos límites mínimos de cuantías de indemnización.

A partir de los anteriores límites, las Entidades Aseguradoras ofrecen la posibilidad de contratar un seguro de responsabilidad civil que amplíe los límites cualitativos y cuantitativos del SOA.

Desde el punto de vista cualitativo, es habitual contemplar los siguientes supuestos:

- Caída de objetos de uso personal.
- Arrastre de remolque o caravana.
- Daños causados por el vehículo en reposo.
- Actuación de ocupantes.
- Conducción de otro vehículo sin seguro.
- Conducción de hijos menores de edad.
- Responsabilidad civil como peatón y ciclista.

Y, desde un punto de vista cuantitativo, la práctica habitual de mercado ha consistido en elevar en 50.000.000 de Euros por siniestro los límites cuantitativos del SOA.

En el mercado español no ha habido evidencia empírica, hasta el momento, de siniestros que excedan de 50.000.000 de Euros, lo que en la práctica casi equivaldría a equiparar dicho seguro voluntario limitado a un seguro voluntario ilimitado en cuantía.

Defensa Jurídica y Reclamación Daños

La transposición de la normativa comunitaria (Ley 21/90, de 19 de diciembre) planteaba 3 modelos distintos para que las Entidades Aseguradoras pudieran ofrecer esta cobertura:

- Contratándose a través de una Entidad distinta.
- Teniendo la oferente dos estructuras separadas para esta cobertura y las restantes.
- El cliente puede elegir entre el servicio jurídico de la Entidad o servicios jurídicos externos (abogado y procurador). La libre elección/designación de abogado suele acarrear una limitación económica en cuanto a la prestación del servicio jurídico.

El origen de esta separación reside en la posibilidad de existencia de conflicto de intereses entre el cliente y el asegurador.

En cuanto a la defensa jurídica, el asegurador garantiza, siempre en relación a siniestros de responsabilidad civil tanto obligatoria como voluntaria contemplada en póliza:

- La defensa personal del tomador, del asegurado y del conductor del vehículo asegurado por abogados y procuradores designados libremente por ellos, siempre que sean necesarios para la defensa de sus intereses y que estén autorizados para ejercer en la jurisdicción donde se realice el procedimiento judicial.
- El pago íntegro de todos los gastos judiciales e impuestos, siempre que no constituyan sanción personal.
- El depósito de fianzas personales que le sean exigidas al tomador, al conductor, al propietario o a los ocupantes, para obtener su libertad provisional o garantizar el pago de las costas judiciales, con exclusión de

multas y sanciones con ocasión de un siniestro y hasta el límite establecido en las condiciones particulares de la póliza.

Algunas Entidades también incluyen el pago de los gastos de defensa en otras situaciones (por ejemplo: omisión de socorro, conducción temeraria, conducción bajo influencia alcohol, drogas, estupefacientes,...).

En cuanto a la reclamación de daños, se garantiza, siempre que los daños no estén cubiertos por una cobertura de daños al propio vehículo:

- La reclamación al tercero responsable, amistosa o judicialmente de los daños causados (personales y/o materiales). La reclamación será dirigida exclusivamente por el asegurador, a cuyo cargo irán los correspondientes gastos, debiendo el perjudicado otorgar poderes y realizando las designaciones que sean necesarias.
- Si el asegurador consigue del tercero responsable o de su asegurador, en vía amistosa, la conformidad al pago de una indemnización y no considera probable obtener mejor resultado reclamando judicialmente, lo comunicará al perjudicado. Si éste no acepta dicho arreglo amistoso, podrá proseguir por su exclusiva cuenta la reclamación, dándose por terminada la intervención del asegurador, el cual se obliga a rembolsar al perjudicado los gastos judiciales y los de los profesionales que en él intervengan, en el supuesto de que dicha reclamación tenga éxito por encima de la transacción ofrecida.

Se aplicará lo antes indicado en los casos en que no sea posible el arreglo amistoso y el asegurador considere improcedente la reclamación en vía judicial.

- El asegurado faculta expresamente al asegurador y a sus representantes legales para percibir directamente las indemnizaciones que, en virtud de esta cobertura, se hayan obtenido a su favor, transaccionalmente o por resolución judicial, sin perjuicio de la posterior liquidación.

Para la designación de profesionales se aplicará según lo indicado en la cobertura de Defensa Jurídica.

Algunas entidades también incluyen otros casos para la reclamación de los daños corporales (por ejemplo: del conductor y los ocupantes, del tomador conduciendo ocasionalmente otro vehículo...). y para la reclamación de los daños materiales (por ejemplo: mercancías transportadas en el vehículo asegurado, al vehículo asegurado como consecuencia de hechos ajenos a la circulación...).

Accidentes del Conductor (y Ocupantes)

Se comenzó a ofrecer para dar cobertura a los daños corporales de las personas excluidas del SOA.

Desde la Ley 30/95 sólo se encuentra excluido el conductor. Es por esta razón que una parte importante de los productos que se ofrecen actualmente sólo incluyan al conductor.

Cubre las indemnizaciones, hasta la suma asegurada en póliza, resultantes de los accidentes en los que se produzcan lesiones corporales o el fallecimiento de las personas transportadas por el vehículo.

Las contingencias cubiertas son (de forma inmediata o dentro del plazo de 1 ó 2 años desde de la fecha del accidente): muerte, invalidez permanente, asistencia sanitaria e invalidez temporal.

Para las invalideces se tendrá en cuenta los grados de invalidez preexistentes.

Las coberturas de invalidez temporal y permanente son incompatibles entre sí.

Algunas exclusiones habituales son: accidentes intencionados, cobertura por el Consorcio, pruebas deportivas, embriaguez, drogas,...

Asistencia en Viaje

Es una de las coberturas con mayor frecuencia y universalidad en su utilización. Año tras año ha ido en aumento su frecuencia (situándose la media del sector entorno al 20-22%). A medida que el asegurado ha ido conociendo la extensión de su cobertura ha ido en aumento su utilización, facilitada por la incorporación de nuevas tecnologías como la telefonía móvil.

Normalmente, este servicio es prestado por empresas especializadas, por lo que las entidades que comercializan esta garantía no son las que lo prestan.

El objetivo de esta cobertura es garantizar a los asegurados una serie de prestaciones asistenciales que cubren tanto a las personas como al vehículo. Las primeras se otorgan incluso cuando los asegurados viajan por otros medios de transporte y por separado.

Las personas aseguradas son:

- La unidad familiar (titular de la póliza, el cónyuge, los ascendientes y descendientes dentro de los límites establecidos).
- En caso de accidente de circulación, también son asegurados el conductor y cualquier otro ocupante del vehículo que viaje gratuitamente.

Las garantías se dividen en 2 bloques:

- Relativas a las personas: son válidas en cualquier lugar del mundo, aunque a veces, en territorio nacional, se establecen unas distancias mínimas (franquicias kilométricas). Cubre gastos médicos, transporte o

repatriación de personas, gastos de acompañantes, desplazamiento de familiares ...

- Relativas al vehículo, y en su caso a la caravana o remolque: suelen aplicarse franquicias kilométricas. Algunas de las coberturas más usuales son: remolcaje en caso de avería o accidente hasta el taller más próximo (o con un límite cuantitativo de dinero), reparación de urgencia en carretera, excepto el coste de las piezas a sustituir, servicios a los asegurados en caso de inmovilización del vehículo por avería o accidente (gastos de hotel y transporte o repatriación de los asegurados), servicios a los asegurados en caso de robo del vehículo, transporte o repatriación del vehículo averiado o robado,...

Incendio y Explosión

Esta cobertura perteneciente al bloque de daños del vehículo suele ser contratada habitualmente debido tanto a su coste asequible (su frecuencia es suficientemente reducida) como al hecho de que permite consorciar los daños catastróficos. Algunas Entidades incluyen esta cobertura dentro de la garantía de Daños Propios.

Los supuestos más habituales de cobertura son:

- Los daños que pueda sufrir el vehículo como consecuencia de incendio, explosión y caída del rayo, tanto en circulación como en reposo o en el curso de su transporte.
- Cortocircuitos que produzcan la combustión lenta y sin llamas del sistema eléctrico.
- La acción de humos, vapores, carbonilla y cualquier consecuencia similar derivada de los eventos descritos anteriormente.
- Los daños ocasionados con el fin de poner a salvo el vehículo de los eventos descritos así como los gastos que ocasione la intervención del servicio de bomberos.
- Transporte del vehículo, sobre otro medio, necesario después de dichos eventos.

Las exclusiones más habituales son:

- Los daños debidos a la sola acción del calor.
- Los daños que tengan su origen en quemaduras provenientes de objetos incandescentes y los debidos a los accidentes del fumador...

Rotura de Lunas

Se cubre hasta el límite pactado en póliza, la reparación del daño o la reposición del bien en caso de inutilización del parabrisas delantero, luneta posterior, cristales de las ventanas laterales y techo solar del vehículo.

Las exclusiones más habituales suelen ser:

- Los efectos de ralladuras, raspaduras, picaduras, desconchados y otras causas que produzcan simples defectos estéticos.
- Las roturas sufridas en faros, pilotos, intermitentes y espejos retrovisores.
- Las lunas y cristales correspondientes al remolque de cualquier clase que sea traccionado por el vehículo asegurado.

En algunas Entidades viene siendo habitual el obligar a la contratación de dicha cobertura, ya que como en el caso de incendio permite consorciar daños desde un nivel de prima moderadamente asequible.

Robo o Apropiación Ilegal del vehículo

Se cubre la desaparición y/o los daños materiales sufridos en el vehículo asegurado, incluida la rotura de lunas, como consecuencia directa de:

- Hurto de uso, sin ánimo de lucro (sin fuerza ni sobre las cosas ni sobre las personas).
- Hurto, con ánimo de lucro (sin fuerza ni sobre las cosas ni sobre las personas).
- Robo (con fuerza sobre las cosas).
- Explotación o Atraco (con fuerza sobre las personas).

Las exclusiones más habituales suelen ser:

- Apropiaciones ilegales en que intervengan en condición de autores o cómplices quienes no tienen la condición de terceros a efectos de las garantías de Responsabilidad Civil.
- Siniestros que no hayan sido denunciados a la Autoridad competente.
- Apropiaciones ilegales producidas por negligencia grave del asegurado, tomador del seguro, conductor del vehículo o de las personas que de ellos dependan o que con ellos convivan.

El asegurado está obligado a poner en conocimiento de las autoridades de la sustracción del vehículo, entregando al asegurador copia de la denuncia, poniendo de su parte cuantos medios disponga para descubrir a los autores y recuperar el vehículo.

Pérdida Total

En relación a la cobertura del daño parcial y total del vehículo, suele haber dos alternativas en el mercado:

- Se cubren ambos tipos de daños (parcial y total) en una única garantía que es la de Daños Propios. Con todo en este tipo de pólizas también se acostumbra a permitir la contratación de pérdida total sin la contratación de daños propios.

- Se escinde el daño parcial del total en dos coberturas diferenciadas, respectivamente Daños Propios y Pérdida Total. Para contratar Daños Propios suele ser obligatorio contratar Pérdida Total, si bien se puede contratar Pérdida Total sin Daños Propios.

Se puede cubrir la Pérdida Total del vehículo originada por alguno de los siguientes eventos: daños o colisión, incendio y robo.

Dado un siniestro, la consideración de pérdida total vendrá definida por el criterio de valoración de siniestros de la cobertura. Como práctica habitual del mercado, se suele considerar el 75% del valor venal del vehículo.

Daños Propios del vehículo

Teniendo en cuenta lo comentado en la cobertura anterior (Pérdida Total), en la definición de la cobertura de Daños Propios, se puede contemplar sólo el daño parcial, o bien, el daño parcial y el total. En cualquier caso, cuando contempla únicamente el daño parcial es práctica habitual del mercado obligar a contratar la cobertura de Pérdida Total.

Se cubrirá en función de cómo esté estructurada la póliza, o bien el daño parcial, o bien el daño parcial y total originado por las causas contempladas en póliza, siendo las más habituales:

- Colisión con otros vehículos, personas, animales o cosas.
- Vuelco, caída a zanjas, cursos de agua, lagos o mares.
- Impacto de piedras, granizo u otros objetos, caída de árboles, postes, líneas eléctricas, así como corrimiento de tierras, hundimiento de carreteras, puentes o edificaciones, etc.
- Actos vandálicos...

Algunas de las exclusiones más habituales suelen ser:

- Las meras averías mecánicas, incluso por la congelación del agua en el circuito de refrigeración o la falta de agua, aceite u otros elementos similares, así como los daños sufridos por el vehículo por seguir circulando en esas condiciones.
- La reparación del simple desgaste por uso o deficiente conservación (neumáticos, etc.)
- Los daños causados por los objetos transportados o con motivo de la carga y descarga de los mismos.
- Los daños que afecten a los accesorios (elementos de mejora, ornato y comodidad no comprendidos entre los integrantes del vehículo a su salida de fábrica), excepto si han sido incluidos específicamente en las condiciones particulares
- Los daños ocasionados como consecuencia de la circulación por vías no aptas para ello...

Esta cobertura contempla diferentes modalidades de contratación en función de que se aplique o no franquicia por siniestro. La franquicia puede establecerse

como porcentaje de la suma asegurada del vehículo, o bien, y para mayor claridad, como una cifra absoluta.

Otras garantías

Hasta el momento se han presentado las coberturas de mayor contratación en el mercado. Adicionalmente, existe un elenco de garantías optativas destinadas tanto a las personas como al vehículo. A título enunciativo y no limitativo:

- Defensa de infracciones administrativas de tránsito.
- Subsidio por retirada temporal del permiso de conducir.
- Vehículo de sustitución.
- Intereses de préstamo para reparación.
- Segunda opinión médica.
- Colisión con animales...

3.1.2. Paquetes de contratación

Las modalidades o paquetes de contratación dependen fundamentalmente del tipo de vehículo a asegurar. En este apartado nos vamos a referir al turismo, por ser el vehículo de aseguramiento más masivo.

En el mercado se acostumbran a establecer los siguientes paquetes:

- Terceros o Básico: como mínimo contiene SOA, SVA, Defensa y Reclamación, Accidentes del Conductor y Asistencia en Viaje. Se puede contratar también coberturas como Incendio o Rotura de Lunas al objeto de consorciar.
- Combinado: sobre el paquete Básico contempla como mínimo la cobertura de Apropiación Ilegal, y habitualmente otras coberturas del bloque de Daños excepto Daños Propios (Incendio, Rotura de Lunas, Pérdida Total).
- Daños Propios con franquicia: sobre el paquete Combinado se incluye la cobertura de Daños Propios con franquicia (obligando a contratar las diferentes coberturas del bloque de Daños, tales como Incendio, Rotura de Lunas y Pérdida Total).
- Daños Propios sin franquicia (Todo Riesgo): sobre el paquete anterior se elimina la aplicación de la franquicia sobre la garantía de Daños Propios.

3.2. Factores de riesgo considerados

Los factores de riesgo son las características que se utilizan para distinguir a los asegurados que tienen diferentes riesgos asociados, es decir, que tienen diferente comportamiento siniestral. Los factores seleccionados son las variables que intervienen en la tarificación.

En el seguro del automóvil y dependiendo de la cobertura y del tipo de vehículo, los factores potenciales de riesgo a tener en cuenta pueden ser, por ejemplo:

- Factores relativos a alguna de las figuras que aparecen en la póliza (tomador, asegurado, conductor/es): el tipo de tomador (persona física o jurídica), el tipo de asegurado (persona física o jurídica), el tipo de conductor (nominado o innominado), las características personales del conductor/es (el sexo, la edad, la antigüedad del permiso de conducir, el estado civil, la profesión), información de su historial siniestral...
- Factores relativos al vehículo asegurado: la categoría, la clase, el tipo, la marca, el modelo, el valor, la potencia, el peso máximo autorizado (p.m.a.), la relación peso/potencia, la cilindrada, el tipo de combustible, el número de plazas, la antigüedad, la opción de garaje, el tipo de materias transportadas...
- Factores relativos a la circulación: para determinar la zona de circulación se puede utilizar la comunidad autónoma, la provincia, la isla (cuando procede), la comarca, el municipio (código INE), la población, el código postal, etc. de la zona de riesgo.

Otros factores son: el ámbito territorial (nacional, U.E., etc.), el uso del vehículo, los kilómetros anuales recorridos,...

Los factores de riesgo seleccionados dependen del tipo de vehículo y de la cobertura. Por ejemplo: en la cobertura del SOA y del SVA se suelen utilizar, entre otras, la potencia en turismos y el p.m.a. en camiones; en el SOA de turismos no es habitual que intervenga la antigüedad del vehículo y sí en cambio en la cobertura de Daños Propios.

En el siguiente apartado se detallan los métodos de tarificación que nos ayudan a determinar cuáles son los más significativos, es decir, los que mejor explican el comportamiento de la siniestralidad.

Adicionalmente, las agrupaciones de los valores de las variables de tarificación (clases de tarifa) también pueden ser distintos según la combinación tipo de vehículo y cobertura.

3.3. Sistemas de tarificación

De acuerdo con el marco legal, el objetivo de un proceso de tarificación es la obtención de primas que deben responder al régimen de libertad de competencia y deben ajustarse a los principios de indivisibilidad, invariabilidad, suficiencia y equidad.

Desde el punto de vista actuarial, se distinguen dos sistemas de tarificación: tarificación a priori (class-rating) y tarificación a posteriori (experience-rating).

3.3.1. Tarificación a priori (class-rating)

El sistema de tarificación a priori permite asignar una prima a un nuevo riesgo que se incorpora a la cartera en base a unas determinadas características de ese riesgo (características relacionadas con el conductor, el vehículo, la zona de circulación...). Conociendo estas características se podrá asignar la siniestralidad esperada, y por tanto, la prima correspondiente.

Tal y como anteriormente se ha comentado, esta prima debe de ser equitativa y suficiente. Desde el punto de vista actuarial el principio de equidad significa que cada asegurado debe pagar una prima acorde con el riesgo que aporta a la Entidad Aseguradora.

Por tanto, previamente, la Entidad Aseguradora debe segmentar su cartera de riesgos, teniendo en cuenta su experiencia siniestral, en grupos homogéneos de manera que los asegurados que pertenecen a un mismo grupo paguen la misma prima. Dichos grupos deben ser lo más homogéneos posible internamente y lo más heterogéneos entre sí. Es decir, los individuos que se encuentran en mismo grupo tienen un comportamiento siniestral similar y los que están en diferentes grupos tienen un distinto comportamiento siniestral.

Para determinar estos grupos homogéneos se utilizan unas variables de clasificación que recogen el comportamiento siniestral del riesgo. Estos factores o variables de riesgo, que están relacionadas con las características de las personas que intervienen en la póliza, el vehículo asegurado, la zona de circulación..., se denominan variables de tarificación.

Por tanto, cuando se incorpore un nuevo riesgo a la cartera, éste será asignado a un grupo en base a los valores que tomen las variables de tarificación, tendrá asociada una siniestralidad esperada y le corresponderá una prima.

No obstante, es importante tener en cuenta que existen factores que influyen en el riesgo que quedan fuera de la tarificación a priori debido a su difícil cuantificación. Es por esta razón, que todavía existe heterogeneidad dentro de los grupos.

Estas diferencias que existen dentro de los grupos se tienen en cuenta a posteriori, aplicando métodos de tarificación a posteriori que corrigen la prima a priori en base a la experiencia siniestral individual del conductor/es en la Entidad Aseguradora.

Los pasos que se deben seguir para obtener la prima a priori¹:

1. Recopilar información de una cartera para una cobertura y un tipo de vehículo determinado en un periodo determinado de tiempo.

¹ Mi experiencia profesional confirma y amplía las fases comentadas por Boj, Claramunt y Fortiana en el documento "Una alternativa en la selección de los factores de riesgo a utilizar en el cálculo de primas".

El capítulo 4 (“Información estadística sobre el riesgo”) se centra en el proceso de recopilación de esta información y, más concretamente, detalla las fuentes de información que disponen las Entidades Aseguradoras, el criterio para determinar el periodo a analizar y el proceso de tratamiento de esta información. Como resultado, se obtiene, para cada una de las unidades básicas de información (transacción significativa a efectos del riesgo), las variables a modelizar (variables de siniestralidad, tales como el número y coste de los siniestros ocurridos en el periodo de vigencia de la transacción) y los factores de riesgo o variables explicativas.

2. A partir de de la información anterior, se trata de determinar la estructura de la tarifa. Esta fase comprende los siguientes aspectos:

- Selección de las variables de tarificación.

Las variables de tarificación son los factores de riesgo o características que se utilizan para explicar/modelizar la siniestralidad.

- Determinación de las clases de tarifa.

Las clases de tarifa son las clases o niveles que se distinguen dentro de cada variable de tarificación.

- Obtención de los grupos de tarifa.

Formación de grupos homogéneos de riesgo, exclusivos entre sí y exhaustivos, formados a partir de las clases de tarifas anteriores.

- Tratamiento adecuado de los siniestros de elevada intensidad.

3. Cálculo de una prima para cada grupo de tarifa. En esta fase se realiza la estimación de las primas puras o de riesgo y se incorporan los recargos correspondientes para obtener la prima comercial o de tarifa.

La prima pura tiene en cuenta el riesgo que aporta el asegurado a la Entidad Aseguradora. Este riesgo está relacionado con el número esperado de siniestros que va a tener y con sus costes probables (ambos se consideran variables aleatorias). Así pues, conociendo o prediciendo la esperanza y la varianza de estas variables se puede asociar la prima pura a su esperanza y el recargo de seguridad a su dispersión.

Si se asumen como hipótesis simplificadoras del proceso de riesgo la de equidistribución de las cuantías de los siniestros, la de independencia entre dichas cuantías y la de independencia entre el coste por siniestro y el número de siniestros, la prima pura podrá expresarse como el producto del número medio de siniestros (o frecuencia de siniestralidad) y el coste medio del siniestro.

4. Posicionamiento de la tarifa en el mercado.

Se deben realizar comparativos de precios que muestren como está posicionada la tarifa respecto a la competencia. Este análisis permite

saber qué factores de riesgo está utilizando la competencia y si está tratando los riesgos de igual manera.

5. Finalmente, se realiza una estimación del efecto de la nueva tarifa sobre la nueva producción, tanto en prima media como en incremento, en base a la nueva producción de un periodo anterior.

Se utilizan técnicas de análisis estadístico multivariante para cubrir estas fases. Algunas de ellas sólo llegarán hasta la fase 2 (obtención de grupos de tarifa) y otros llegarán hasta la fase 3 (obtención de grupos de tarifa y estimación prima pura).

Dentro de estas técnicas se distinguen las técnicas de clasificación de individuos mediante análisis discriminante, las técnicas de agrupación de individuos mediante análisis cluster o de conglomerados, y las técnicas de predicción mediante modelos de regresión. Se recomienda la utilización de varios métodos para seleccionar un buen subconjunto de variables tarificadoras [Boj, Claramunt y Fortiana (2001)].

A continuación se procede a explicar dichas técnicas, algunas de ellas (modelos lineales generalizados y métodos de análisis cluster jerárquico divisivo) más en detalle ya que son las que actualmente se aplican más habitualmente en el seguro del automóvil.

Análisis discriminante

Al igual que otras técnicas de análisis multivariante con aplicación habitual en campos como la Bioestadística, el análisis discriminante se trata de una técnica de tipo descriptivo/clasificativo y no proyectivo/predictivo, lo cual limita su interés práctico en la técnica aseguradora.

Esta técnica permite identificar los factores de riesgo que clasifican/agrupan a los individuos en dos o más poblaciones según sus niveles de riesgo y posteriormente, con un proceso de selección de factores de riesgo se escogen aquellos que “mejor” discriminan a las poblaciones formadas a priori.

Es habitual analizar la muestra en dos sub-colectivos, el que no conlleva riesgo y el que conlleva riesgo, por ejemplo atendiendo a la experiencia en el número de siniestros. Así, la población sin riesgo es la que no tiene siniestros y la de riesgo es la que tienen al menos un siniestro. Al seleccionar las variables que mejor discriminan las poblaciones se están seleccionando las variables de tarifa, pero no se obtiene ninguna prima o estimación de la siniestralidad.

Análisis cluster o de conglomerados

Los métodos de análisis cluster tienen por objeto clasificar los riesgos que conforman una cartera en subconjuntos de modo que los riesgos que los integran sean lo más homogéneos dentro del subconjunto, y lo más heterogéneos entre diferentes subconjuntos. En algunos casos adicionalmente

a la mera clasificación de riesgos se obtiene una prima o predicción del nivel de riesgo esperado.

Los métodos cluster se clasifican entre jerárquicos y no jerárquicos (los métodos jerárquicos agrupan los casos de un modo ordenado), y dentro de los jerárquicos, se pueden clasificar a su vez entre aglomerativos y divisivos o de segmentación.

Los **métodos de análisis cluster jerárquico aglomerativo** parten de la consideración de que cada individuo forma un grupo “per se” y, posteriormente, se van integrando en base a criterios de “similitud” los individuos en subconjuntos mayores hasta que finalmente se obtiene el colectivo total. Para decidir cómo se van fusionando los individuos en sucesivos subconjuntos, se define una matriz de distancias entre individuos en función de su experiencia de siniestralidad. La anterior matriz de distancias permite una representación gráfica que se denomina dendograma.

El dendograma ayuda a decidir el número de grupos a considerar y el orden en el que se deben formar los conglomerados. Estos métodos son únicamente de utilidad para indicar qué factores de riesgo permiten agrupar riesgos similares por comportamiento siniestral en subconjuntos de la cartera, y en la formación de clases de riesgo dentro de la tarifa. No permiten obtener primas o predicciones sobre el nivel de riesgo.

Los **métodos de análisis cluster jerárquico divisivo**, al contrario que los aglomerativos, parten de la idea de que el colectivo total de la cartera forma un conjunto inicial que se divide sucesivamente por medio de particiones cada vez más finas. A diferencia de los anteriores métodos, este método es explicativo/predictivo, permitiendo obtener primas de riesgo, ya que a partir de un conjunto de k variables categóricas $X_{(n \times k)}$ (variables independientes), de tipo nominal u ordinal (las variables que conceptualmente son continuas se deben discretizar en intervalos, ya sea de modo monótonico o “flotante”), se intenta explicar el comportamiento de una variable cuantitativa $Y_{(n \times 1)}$ (variable dependiente, normalmente frecuencia/ n° medio de siniestros, prima de riesgo, o incluso tasa de siniestralidad), siendo n el número de riesgos.

El algoritmo de segmentación, que parte del colectivo total, se puede representar gráficamente en forma de árbol de decisión y sigue los siguientes pasos:

- La variable a explicar/modelizar se confronta con respecto de todas y cada una de las variables explicativas, debidamente discretizadas en diferentes grupos (es razonable definir la discretización anterior teniendo en cuenta la variable a modelizar), y para cada variable explicativa se calcula la suma de cuadrados entre grupos, que tiene la siguiente expresión:

$$SCE_j = \sum_{h=1}^{m_j} n_h (\bar{Y}_{.h} - \bar{Y})^2$$

donde n_h es el número de individuos del grupo h , m_j es el número de categorías/grupos de la variable explicativa discretizada X_j , $\bar{Y}_{.h}$ es la media de la variable Y para los individuos que están en el grupo h y \bar{Y} es la media de esta variable para todos los individuos de la muestra. Las expresiones de estas medias son:

$$\bar{Y}_{.h} = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} Y_{ih}}{n_h} \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{h=1}^{m_j} \sum_{i=1}^{n_h} Y_{ih}}{\sum_{h=1}^{m_j} n_h} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

donde Y_{ih} es el valor de la variable dependiente para el individuo i que pertenece al grupo h , definido por una de las variables categóricas.

- Como criterio de segmentación se selecciona aquella variable explicativa (categórica o discretizada) con un SCE_j máximo. Es decir, la variable X_j marca el criterio de división si:

$$SCE_l = \text{Max}_{j=1, \dots, k} \{SCE_j\}$$

- Para comprobar si esta suma de cuadrados entre grupos (SCE) es estadísticamente significativa, se usa el estadístico F que, bajo la hipótesis nula de igualdad de grupos, se distribuye como una F de Fisher con $m_l - 1$ grados de libertad en el numerador y $n - m_l$ grados de libertad en el denominador.

$$F_l = \frac{SCE_l / (m_l - 1)}{SCD_l / (n - m_l)} \approx F_{n - m_l}^{m_l - 1}$$

donde SCD indica la suma de cuadrados dentro de los grupos y tiene la siguiente expresión:

$$SCD_j = \sum_{h=1}^{m_j} \sum_{i=1}^{n_h} (Y_{ih} - \bar{Y}_{.h})^2$$

- Una vez seleccionada una variable explicativa como variable de segmentación, se itera el proceso realizando nuevas divisiones dentro de cada uno de los grupos formados por dicha variable. Por tanto, dentro de cada uno de los conglomerados formados, para las variables explicativas distintas de la ya seleccionada, se calculan las sumas de los cuadrados entre grupos. El algoritmo de segmentación finaliza por varias situaciones, por ejemplo cuando no existen más variables explicativas con las que dividir la muestra, cuando los grupos formados no tienen diferencias significativas respecto de la variable a modelizar/explicar o cuando el tamaño muestral (medido o bien por el número de expuestos/año al riesgo, o mejor incluso por el nº de siniestros dentro del conglomerado) es inferior a un tamaño mínimo (por ejemplo, menos de 30 siniestros por segmento, lo cual supondría que la convolución del coste total de dichos 30 siniestros no

convergería adecuadamente a una distribución de coste total con una varianza mínimamente acotada).

El método anteriormente descrito supone implícitamente que la variable independiente o variable a modelizar es conceptualmente continua, tal como es el caso con la prima de riesgo empírica de un subcolectivo de la cartera o su tasa de siniestralidad. En tal caso, el anterior algoritmo de segmentación no es más que una aplicación iterada de un contraste de diferencia de medias entre las diferentes categorías o discretizaciones de cada variable explicativa. En tal caso, y como ya se ha comentado, el estadístico muestral de prueba para dicho contraste se basa en la distribución muestral F de Fisher (también conocida como F-Snedecor).

Otra posibilidad es la modelización de variables independientes conceptualmente discretas (categóricas) como es el caso de la distribución empírica del nº de siniestros por póliza (su media nos daría la frecuencia siniestral) es, haciendo una abstracción, un contraste de independencia de atributos, y por tanto su estadístico muestral de prueba se basaría en la distribución muestral Chi-cuadrado.

Este tipo de métodos, en las versiones anteriormente comentadas (variables continuas versus discretas) cubre todas las fases de la tarificación, aunque su predicción está limitada a las clases ya existentes de las variables categóricas seleccionadas (si en cartera no se tiene asegurado un conductor de 18 años con un vehículo sobrepotenciado en la provincia de Teruel no es posible tener una estimación directa de la prima para dicho perfil de riesgo) y la única opción para la estimación de la prima pura es alguna media de los grupos terminales.

Los **métodos de análisis cluster no jerárquico** son métodos que optimizan un funcional objetivo fijado un número de clusters. Aquellos que como objetivo tienen alguna variedad de minimización de la varianza dentro de los grupos a formar, pueden ser utilizados unidimensionalmente en la discretización de variables continuas.

Modelos de regresión

Las técnicas de regresión consisten en la estimación de la variable respuesta en base a una serie de variables explicativas, dependientes o predictores. Existen una gran variedad de modelos a los que adaptar nuestros datos. Con estas técnicas se alcanza la fase 3 del proceso de tarificación a priori, puesto que se aplican tanto para la selección de las variables de tarificación (los predictores seleccionados serán las variables de tarificación) como para la estimación de las primas puras.

Dentro de estas técnicas destacan los modelos lineales generalizados que es la técnica más utilizada actualmente por las Entidades Aseguradoras. Es por este motivo, que a continuación se procede a explicar con más detalle estos modelos [McCullagh and Nelder (1989), Boj, Claramunt y Fortiana (2001)].

Los **modelos lineales generalizados** (MLG) son una extensión de los modelos lineales clásicos que incluyen, como casos particulares: el modelo de regresión lineal, el modelo de Poisson, los modelos de análisis de la varianza y algunos modelos de análisis de supervivencia.

En el modelo lineal clásico se define una relación lineal estocástica entre la variable dependiente, las variables explicativas y el término de perturbación aleatoria del modelo. Su expresión es la siguiente:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i$$

donde:

Y : vector de realizaciones de la variable respuesta, vector $n \times 1$ continuo univariante con (y_i) para $i=1,2,\dots,n$ observaciones independientes. En el caso del seguro del automóvil, es la variable que recoge la siniestralidad para cada riesgo objeto de estudio (número o coste de los siniestros).

X_1, X_2, \dots, X_p : vectores $n \times 1$ de realizaciones de las variables explicativas, dependientes o predictivas, con (x_{ij}) para $i=1,2,\dots,n$ y $j=1,2,\dots,p$. En el caso del seguro del automóvil, son los factores potenciales de riesgo.

Sobre este modelo se establecen una serie de hipótesis, entre ellas que el término de perturbación aleatorio o error ε_i se distribuye según una ley normal con esperanza igual a cero y varianza constante ($\varepsilon_i \approx N(0, \sigma^2)$), lo cual permite obtener observaciones independientes que se distribuyen según una ley normal con esperanza $E[y_i] = \mu$ y varianza constante $Var[y_i] = \sigma^2$ ($y_i \approx N(\mu, \sigma^2)$).

Una vez estimados los coeficientes β mediante el método de los mínimos cuadrados ordinarios, se puede estimar el valor esperado de la variable respuesta de la siguiente manera:

$$\hat{\mu}_i = E[y_i] = \hat{\beta}_0 + \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j x_{ij}$$

Por tanto, en el modelo lineal clásico se pueden distinguir las siguientes 3 componentes:

1. La componente aleatoria: la variable Y sigue una distribución normal con esperanza μ y varianza constante σ^2 .
2. La componente sistemática, también llamada predictor lineal, se denota por η y corresponde al vector de n componentes, siendo cada una de ellas igual a

$$\eta_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij}$$

3. La función que relaciona la componente aleatoria y la componente sistemática, también llamada función link, es la función identidad. Si expresamos esta relación de la siguiente manera $\eta_i = g(\mu_i)$, entonces $g(\mu_i)$ es la función link y en este caso $g(\mu_i) = \mu_i$.

Aunque el modelo lineal clásico se utiliza frecuentemente, en ciertas ocasiones su aplicación puede ser no apropiada. Por ejemplo:

- la distribución normal (distribución continua) no es adecuada para modelizar variables discretas (por ejemplo: número de siniestros).
- si la media de los datos está restringida a un determinado rango de valores (por ejemplo: coste de siniestros, siendo positivo), entonces el modelo lineal clásico no es apropiado, ya que el predictor lineal puede tomar cualquier valor.
- Puede ser no realista asumir que la varianza de los datos es constante para todas las observaciones.

En el caso del seguro del automóvil, no es apropiado utilizar el modelo lineal clásico debido a la naturaleza de las variables dependientes que se analizan. La variable número de siniestros toma valores en el rango de los números naturales y el coste de los siniestros es una variable continua estrictamente positiva.

De acuerdo con lo comentado anteriormente, los MLG son una extensión de los modelos lineales clásicos y, por tanto, se pueden aplicar a un rango más amplio de análisis de datos. Las dos extensiones de los MLG respecto a los modelos lineales clásicos son:

1. La distribución de Y puede ser cualquier distribución de la familia exponencial (normal, log-normal, poisson, gamma...), mientras que en los modelos lineales clásicos seguía una distribución normal.

La expresión general de su función de densidad es:

$$f_Y(y; \theta; \phi) = \exp\{[y\theta - b(\theta)]/a(\phi) + c(y, \phi)\}$$

donde $a(\cdot)$, $b(\cdot)$ y $c(\cdot)$ son funciones, θ es el parámetro canónico y ϕ es el parámetro de dispersión.

La esperanza y varianza de la anterior distribución se determina por:

$$E(Y) = \mu = b'(\theta) \quad \text{Var}(Y) = b''(\theta)a(\phi)$$

Como se puede observar, la varianza de Y es el producto de dos funciones: una, $b''(\theta)$, depende del parámetro canónico (por tanto, también de μ) y se denomina función de varianza, mientras que la otra es independiente de θ y sólo depende del parámetro de dispersión.

La función $a(\phi)$ suele tener la siguiente forma: $a(\phi) = \phi/w$, donde w es el posible peso especificado a priori y ϕ es el parámetro de dispersión. Por tanto, otra manera de expresar la varianza es:

$$\text{Var}(Y) = V(\mu)\phi/w$$

donde V es la función varianza.

2. La función link, $g(\mu)$, debe ser una función monótona diferenciable, mientras que en los modelos lineales clásicos era la función identidad.

Los coeficientes de la regresión se estiman por criterios máximo verosímiles.

Por tanto, si en los MLG se selecciona una distribución del error normal y la identidad como función link, se obtiene como caso particular los modelos lineales clásicos.

Se pueden combinar diferentes links con una función de error (y al revés), pero existen unos links “naturales” asociados a algunas distribuciones, los cuales se denominan links canónicos. Estos links proporcionan unas características simplificadoras en la formulación, lo que no implica que vayan a ser siempre los más adecuados para unos datos determinados.

Para seleccionar la distribución, es necesario analizar los valores que toma la variable respuesta Y . Así, para la variable número de siniestros es más adecuado utilizar una distribución de Poisson, una Binomial o una Binomial Negativa, en cambio, para la variable coste de los siniestros es más apropiado utilizar una distribución Gamma o una Inversa Gaussiana.

Así como en los modelos lineales clásicos se utiliza el coeficiente de determinación para medir la bondad del ajuste, en los MLG existen la devianza y el estadístico de Pearson χ^2 .

Previamente a definir la devianza, se define la devianza escalada. La devianza escalada recoge la variabilidad no explicada por el modelo y se define de la siguiente manera:

$$D^*(Y, \hat{\mu}_M) = -2 \cdot \log \left(\frac{L(Y, \hat{\mu}_M)}{L_{sat}} \right)$$

donde $L(Y, \hat{\mu}_M)$ es la función de verosimilitud para el modelo M y L_{sat} es la función de verosimilitud del modelo saturado. El modelo saturado es el que tiene un parámetro por observación y cumple $\mu_i = y_i$ para $i = 1, 2, \dots, n$.

La devianza se define como la devianza escalada por el parámetro de dispersión. El uso de la devianza como estadístico de bondad del ajuste requiere de resultados asintóticos sobre su distribución y se suele suponer, a menudo, que se distribuye asintóticamente como una Chi-cuadrado.

La distribución asintótica sólo es cierta ante condiciones muy restrictivas, que difícilmente se van a dar en la práctica. Por tanto, la devianza no es directamente utilizable como medida de la bondad del ajuste, pero sí para comparar dos modelos jerárquicos. Es decir, permite contrastar la hipótesis de

si uno o varios factores de riesgo adicionales mejoran significativamente el ajuste.

Por ejemplo, sea M_r un modelo con $r+1$ parámetros $(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_s, \beta_{s+1}, \dots, \beta_r)$ y M_s un modelo con $s+1$ parámetros $(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_s)$ y se quiere comprobar si las variables explicativas adicionales del modelo M_s son significativas en el modelo, es decir, si tienen influencia significativa en la siniestralidad esperada.

Por tanto, la hipótesis nula y la hipótesis alternativa son:

$$H_0 : \beta_{s+1} = \dots = \beta_r = 0$$

$$H_1 : \exists \beta_i \neq 0$$

Las devianzas correspondientes a cada modelo se expresan y se distribuyen de la siguiente manera:

$$D_0^* = -2 \cdot \log \left(\frac{L_s(\cdot; \hat{\beta}_s)}{L_{sat}} \right) \approx \chi_{n-s-1}^2 \quad \text{y} \quad D_1^* = -2 \cdot \log \left(\frac{L_r(\cdot; \hat{\beta}_r)}{L_{sat}} \right) \approx \chi_{n-r-1}^2,$$

donde $\hat{\beta}_s$ denota la estimación máximo verosímil y L_s la función de verosimilitud respecto al modelo M_s , y $\hat{\beta}_r$, L_r de igual manera para el modelo M_r .

Adicionalmente, se tiene que,

$$D_0^* - D_1^* = -2 \cdot \log \left(\frac{L_s(\cdot; \hat{\beta}_s)}{L_r(\cdot; \hat{\beta}_r)} \right) \approx \chi_{r-s}^2$$

Para la realización del contraste se utiliza la siguiente distribución asintótica F-de Fisher Snedecor (división de Chi-cuadrados):

$$\frac{(D_0^* - D_1^*) / (r - s)}{D_1^* / (n - r - 1)} \approx F_{(r-s, n-r-1)}$$

Para saber si hay que aceptar o rechazar H_0 se debe observar el p-valor asociado al contraste. Así, fijado un nivel de significación α^* , si $p\text{-valor} \geq \alpha^*$ se acepta H_0 y se rechaza H_1 , y si $p\text{-valor} \leq \alpha^*$ se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

A medida que se van incluyendo variables explicativas en el modelo, la devianza escalada se va haciendo cada vez menor.

Se deberá seleccionar aquel modelo que proporcione una menor devianza escalada. Se disponen de diferentes opciones para reducirla: variando la función link, la distribución del error y/o los diferentes factores de riesgo.

En el seguro del automóvil, lo habitual es fijar una función link y una distribución del error y a partir de aquí realizar el proceso de selección de los predictores. Los procedimientos para seleccionar los factores de riesgo que deben entrar en el modelo son los siguientes:

- Eliminación progresiva (Backward Stepwise Regression): este procedimiento parte del modelo de regresión con todas las variables y en cada etapa se elimina la variable menos influyente.
- Introducción progresiva (Forward Stepwise Regression): este algoritmo funciona de forma inversa al anterior, parte del modelo sin ninguna variable regresora y en cada etapa se introduce la más significativa.
- Regresión paso a paso (Stepwise Regresión): este método es una combinación de los procedimientos anteriores, comienza como el de introducción progresiva, pero en cada etapa se plantea si todas las variables introducidas deben permanecer. Termina el algoritmo cuando ninguna variable entra o sale del modelo.

Una vez realizado el proceso de selección, se debe validar el modelo resultante. Una manera de validarlo consiste en aplicar un contraste estadístico de significación global del modelo, consistente en la comprobación de si la variabilidad explicada por los predictores seleccionados es suficiente como para que la regresión en cuestión tenga poder predictivo.

Si el modelo resultante tiene p parámetros entonces la hipótesis nula es:

$$H_0 : \beta_1 = \dots = \beta_p = 0$$

y mediante el estadístico F expresado en términos de devianzas escaladas se obtiene:

$$\frac{(D_0^* - D_1^*) / p}{D_1^* / (n - p - 1)} \approx F_{(p, n-p-1)}$$

Tal y como se ha comentado en el contraste anterior, a través del p-valor asociado se sabe si se acepta o no la hipótesis nula. Así, fijado un nivel de significación α^* , si $p\text{-valor} \geq \alpha^*$ se acepta H_0 y se rechaza H_1 , es decir, el conjunto de p variables no son estadísticamente significativas. En cambio, si $p\text{-valor} \leq \alpha^*$ se rechaza H_0 y se acepta H_1 , es decir, el conjunto sí predicen el comportamiento de la variable dependiente.

El p-valor no sólo permite saber si aceptamos o rechazamos la hipótesis, sino también permite saber en qué medida. Adicionalmente, se puede utilizar para comparar dos regresiones con los mismos predictores pero con diferentes

funciones link y/o distribuciones del error. Se seleccionaría aquella que proporcionara un menor p-valor en el contraste.

3.3.2. Tarificación a Posteriori (Experience-Rating)

En el apartado anterior se ha analizado en cierto detalle el concepto y algunas de las técnicas más habituales de lo que en la actualidad es el proceso de tarificación a priori o class-rating, en virtud del cual y dado un riesgo con diferentes factores apriorísticos (en nuestro caso, determinadas características del conductor, del vehículo y de la zona de circulación) se puede asociar una prima equitativa, y todo ello con independencia de su historial previo (o futuro) como conductor (número, tipo y coste de los eventuales siniestros en los que haya podido estar envuelto, y en los que se le impute responsabilidad).

Parece intuitivo que si se pudiera observar un sub-colectivo de riesgos homogéneos desde la perspectiva de sus factores apriorísticos de riesgo, se encontrarían historiales siniestrales muy heterogéneos (contemplados tanto retrospectivamente como prospectivamente).

Tanto por lo anteriormente expuesto, como por motivos de estrategia comercial (en última instancia de competencia en precios) resulta cada vez más común en el mercado asegurador la utilización de cláusulas que vinculan al tomador en los resultados económicos del asegurador (especialmente en la participación en resultados positivos, aunque no de modo exclusivo).

Normalmente en las operaciones sobre la vida, esas cláusulas se suelen articular vía Participación en Beneficios (Financieros y de Mortalidad) o como Participación en el Resultado de la Póliza (es menos frecuente la aplicación de estas cláusulas que implican al tomador en caso de Pérdidas para el asegurador).

No obstante, es en las operaciones de seguro No-Vida (diferentes a las anteriores, sobretudo por su duración y por su menor componente financiera) donde este tipo de cláusulas ha llegado de mayor manera a conocimiento del asegurado. Este tipo de cláusulas se ha aplicado en la modalidad de "descuentos en prima por no siniestralidad", y sobre todo en el Ramo de Automóviles, mediante otros Sistemas de Tarificación a Posteriori (Experience-Rating) más sofisticados, como el conocido modelo de Credibilidad Exacta "Bonus-Malus" (basado en el número de siniestros).

Tomando una vez más como ejemplo el seguro del automóvil, cabe señalar en primer lugar que no es adecuado diseñar un sistema de tarificación a posteriori para todas las coberturas. En ocasiones ello es debido a la relativamente escasa repercusión económica de la cobertura en cuestión sobre el total de coberturas contempladas en la póliza, que hacen aconsejable no complicar la estructura del producto innecesariamente.

En otros casos el motivo se debe a razones de índole técnica, ya que al tener algunas coberturas una frecuencia de siniestralidad muy reducida, por ejemplo la cobertura de incendio, con una frecuencia del 0'02%, parecería absurdo establecer un sistema que minorara prima al 99'98% de vehículos que no sufren

incendios, o incrementarla al 0'02% que lo sufren, por cuanto eliminaría casi al 100% la mutualización de riesgos inherente a cualquier operación de seguro.

Llegados a este punto, interesa comentar que en el seguro del automóvil, especialmente para turismos, lo habitual es que existan en la actualidad en cada póliza 2 sistemas de tarificación a posteriori diferenciados, uno para el seguro de Responsabilidad Civil, y otro para la cobertura de Daños Propios (en algún caso, aunque no es frecuente ni muy justificado desde un punto de vista técnico, puede ampliarse a alguna coberturas del Bloque de Daños Propios en adición a la propia cobertura de Daños Propios).

En el caso de Responsabilidad Civil se han utilizado casi de modo exclusivo modelos de tarificación a posteriori basados en el número de siniestros. Ello es así por la superior varianza de la distribución del coste de siniestros de Responsabilidad Civil (motivado ello especialmente por los siniestros de daños corporales). Se supone implícitamente por lo tanto que el importe de siniestros es constante/homogéneo. El primer sistema Bonus-Malus que se utilizó en el mercado asegurador español para una póliza de automóviles, se introdujo por Banco Vitalicio en el año 1987 (Producto "Protección Automovilista", Ramo Externo 66).

En los primeros años el esquema dominante de estos sistemas fue el de una estructura vectorial o "escala" Bonus/Malus de diferentes niveles (entre 10 y 20 niveles). Existía un nivel neutro o de entrada, y normalmente ante no declaración de siniestro se reducía uno o más niveles por año, y ante la declaración de uno o más siniestros computables, se incrementaba un número determinado de niveles, modificando el nivel de primas en consecuencia. Fue también habitual el que la determinación del nivel neutro o de entrada de cada riesgo dependiera de factores apriorísticos de tarificación (como edad, sexo, antigüedad de carnet), existiendo por tanto diferentes niveles neutros o de entrada. Esa situación, inducida tanto por insuficiencia de tamaño muestral necesaria para integrar las anteriores variables de modo "multivariante" y no puramente multiplicativo en la tarifa a priori, como por motivos de simplicidad estructural, supuso un esquema de tarificación híbrido "a priori"/"a posteriori", que tiende a ser evitado en la actualidad, contemplando los factores a priori de riesgo en la tarifa a priori, y haciendo depender el nivel de entrada estrictamente del historial siniestral.

La modelización técnica de dicho sistema a lo largo del tiempo, para comprobar el impacto económico de los recargos/descuentos asociados al mismo es relativamente sencilla. Se puede modelizar adecuadamente por medio de una Cadena de Markov (proceso estocástico en tiempo discreto utilizado para modelizar la dinámica de un sistema con un número finito de estados), calculando en base a la distribución del número de siniestros la matriz (de probabilidades) de transición (normalmente modelos de Poisson o Binomial Negativa).

Dado el vector inicial de pólizas distribuidas por los diferentes niveles, así como los vectores de entradas (nueva producción) /salidas (anulaciones) para cada uno de los niveles por año, se puede proyectar de modo razonable la evolución a futuro de dicho sistema dinámico, permitiendo hacer valoraciones sobre el equilibrio financiero-actuarial a largo plazo del sistema. Teniendo en cuenta que la

frecuencia de siniestros computables (con culpa) de Responsabilidad Civil para turismos fluctúa habitualmente en el entorno del 10% (la probabilidad de no siniestro es de casi un 85%-90%), por lo que con independencia del vector inicial de pólizas por nivel de la escala, el carácter ergódico de la matriz de transición hace que la mayoría de pólizas se sitúen en un corto periodo de tiempo en los niveles de máxima bonificación).

Con la introducción de la información que se deriva del fichero Tirea-Sinco, en los primeros años del siglo actual, tanto para la cotización como para el alta de las pólizas, tal y como se comenta en el presente trabajo, se pasa conceptualmente de un esquema vectorial (número finito de niveles) a un esquema matricial (una tabla de entrada en la que se definen las celdas de la misma como intersección de número de años de exposición al riesgo y número de siniestros computables). Dicha estructura de información es más rica que la que proporciona el sistema precedente y permite una mejor caracterización de los riesgos.

Una vez hecho el sacrificio conceptual de asumir como hipótesis simplificadora que el importe medio se asume constante u "homogéneo" (se considera como "numerario"), el modelo que más se adecua al anterior sistema matricial (número de años, número de siniestros) es el modelo de Credibilidad Exacta (la credibilidad "exacta" se caracteriza por hacer hipótesis explícitas de las distribuciones de las variables aleatorias a considerar) Poisson-Gamma-Binomial Negativa, y que por dicho motivo se va a exponer seguidamente.

Breve comentario sobre la Teoría de la Credibilidad

Se considera una hipotética cartera de asegurados, "más o menos" homogénea. Como hipótesis de trabajo se parte del hecho de que inicialmente y debido a insuficiencia de información, las características siniestralas de los diferentes riesgos de la cartera son idénticas.

Los diferentes comportamientos siniestralas que se observan a posteriori en la cartera hacen pensar en la posibilidad de que la cartera considerada no tenga un comportamiento "común", siendo menos homogénea de lo que se esperaba.

Se observa la experiencia siniestral de cada asegurado para intentar inferir cuál es su comportamiento siniestral teórico. Se trata de un fenómeno de observación y aprendizaje, en el que, por supuesto, a mayor experiencia se tiene mejor caracterizado cada riesgo individual.

La lógica interna de esta técnica es la siguiente: se considera una cartera de pólizas, de la que inicialmente no se dispone de mucha información, y en la que se ha de suponer que es "homogénea" respecto al comportamiento de los riesgos, aplicando una "Prima Colectiva", común para todos los asegurados. A medida que transcurre el tiempo y se va aumentando la información muestral de la cartera de pólizas, se puede observar el comportamiento "empírico" de cada póliza, que genera su "Prima Individual" de riesgo, diferenciándose del resto del colectivo.

Los Sistemas de Tarificación a Posteriori determinan una "ponderación" entre ambas primas, la "Colectiva" y la "Individual", para cada asegurado, en función de su comportamiento siniestral a posteriori.

De ese modo, si se denomina por Z a la variable Coste Total de los Siniestros de una póliza, y z_i^* a la media empírica (o a Posteriori) del Coste Total de los Siniestros en la póliza i -ésima de la cartera, entonces el problema no es otro que determinar la siguiente prima :

$$\Pi(i) = (1 - \alpha) * E[Z] + \alpha * z_i^* ; 0 \leq \alpha \leq 1$$

Como se puede apreciar en la anterior expresión, se trata de una media ponderada (en realidad una combinación lineal convexa) entre la prima teórica a priori para el colectivo ("Prima Colectiva"), y la prima empírica a posteriori ("Prima Individual"). Según la cantidad y la calidad de la experiencia, el factor de ponderación α será próximo a 1 (dando importancia únicamente a la experiencia individual), o próximo a 0 (despreciando la información a posteriori).

Por todo lo anterior se denomina a α como "Factor de Credibilidad", y a $(1-\alpha)$ "Factor de Fiabilidad", significando el mayor o menor grado de confianza entre las diferentes fuentes de información (colectiva e individual) de que dispone la Entidad Aseguradora, a la hora de determinar las primas.

Evidentemente, el hecho de que se cuente con más o menos tiempo de observación (al igual que el tamaño muestral en un procedimiento ordinario de inferencia estadística) afectará al Factor de Credibilidad, ya que será tanto más próximo a la unidad cuanto mayor sea el período de observación de la cartera.

Se trata, en definitiva, de un proceso dinámico de aprendizaje, en virtud del cual se va determinando la correspondiente ponderación asignada a la "Prima Individual" (Credibilidad), en contraste con la ponderación complementaria asignada a la "Prima Colectiva" (Fiabilidad).

Modelo Poisson-Gamma-Binomial Negativa

Se considera una hipotética cartera de asegurados, de la que, por insuficiencia de información se considera inicialmente más o menos homogénea.

Con el paso del tiempo se constata la existencia de distintos "sub-colectivos" dentro de la cartera, que generan diferentes resultados de siniestralidad. La anterior situación hace revisar la hipótesis original de homogeneidad de riesgos dentro de la cartera y se empiezan a buscar modos de discriminar las características siniestralidad de los diferentes riesgos.

Como hipótesis de trabajo se parte del hecho de que el coste de los posibles siniestros está igualmente distribuido para los diferentes asegurados que componen la cartera. Por lo tanto, y ante tal hipótesis, las diferencias de siniestralidad entre asegurados se deberán a diferencias en la frecuencia de siniestralidad. Dado que cuando ocurre siniestro, el coste se distribuye del mismo modo entre los asegurados, los asegurados que más siniestros tengan (que

tengan una mayor frecuencia de siniestralidad), serán los que den una mayor siniestralidad.

Para formalizar el modelo, nos vamos a centrar inicialmente en la distribución colectiva del número de siniestros (asumimos que el coste del siniestro es homogéneo, como hemos aclarado con anterioridad). En este modelo se supone que originalmente la distribución del número de siniestros es una v.a. de Poisson con parámetro λ (frecuencia de siniestralidad) con la siguiente cuantía de probabilidad:

$$P_N(k) = \frac{e^{-\lambda} * \lambda^k}{k!}; k \in N$$

Como se constata que la frecuencia media de siniestralidad λ , no es común para diversos "sub-colectivos" de la cartera, se supone a λ a su vez como parámetro aleatorio, siendo $\lambda = \theta t$, donde t representa el tiempo (ya que se utilizará para dinamizar el proceso de observación en la cartera) en las correspondientes unidades en que se utilice (normalmente años), y en donde θ es una v.a. distribuida por una Gamma de Euler de parámetros a y b , que tiene por función de densidad:

$$g(a, b) = f(\theta) = \frac{a^b}{\Gamma(b)} * \theta^{b-1} * e^{-a\theta}; \theta \in \mathfrak{R}^+$$

donde $\Gamma(b)$ es la siguiente bien conocida integral Euleriana:

$$\Gamma(b) = \int_0^\infty x^{b-1} e^{-x} dx; b \in \mathfrak{R}^+$$

Dicha v.a. θ (media del número de siniestros), representa a priori la frecuencia "aleatoria" de siniestralidad de cualquier póliza. Se supone que adopta una distribución Gamma de Euler por ser una función bastante flexible o ajustable. En concreto sus dos primeros momentos centrales serán:

$$E[\theta] = \frac{b}{a}; V[\theta] = \frac{b}{a^2}$$

Pues bien, ahora se puede volver a la distribución inicial de la v.a. N , y sustituir λ por θt , quedando del siguiente modo (Nótese que ahora se está considerando $P[N/\theta]$ y no $P[N]$, condicionando N al valor teórico que adopte θ):

$$P_N[k/\theta] = \frac{e^{-(\theta t)} * (\theta t)^k}{k!}; k \in N; t, \theta \in \mathfrak{R}^+$$

Antes de seguir adelante vamos a realizar un pequeño cambio de parámetros, llamando en la Gamma de Euler $a = h$ y $b = mh$, en virtud de lo cual obtenemos:

$$g(h, mh) = f(\theta) = \frac{h^{mh}}{\Gamma(mh)} * \theta^{mh-1} * e^{-h\theta}; \theta \in \mathfrak{R}^+$$

Si usamos el Teorema de la Probabilidad Total aplicado para funciones de densidad/cuantía de probabilidad, obtenemos $P[N]$, que será:

$$\begin{aligned}
 P[N] &= \int_0^{\infty} P[N/\theta] * dF(\theta) = \int_0^{\infty} P[N/\theta] * f(\theta) d\theta = \\
 &= \int_0^{\infty} \frac{e^{-\theta t} * (\theta t)^k}{k!} * \frac{h^{mh}}{\Gamma(mh)} \theta^{mh-1} e^{-h\theta} d\theta = \\
 &= \frac{t^k}{k!} * \frac{h^{mh}}{\Gamma(mh)} * \int_0^{\infty} \theta^{k+mh-1} e^{-(h+t)\theta} d\theta = \\
 &= \frac{t^k}{k!} * \frac{h^{mh}}{\Gamma(mh)} * \frac{\Gamma(k+mh)}{(h+t)^{k+mh}} = \frac{\Gamma(k+mh)}{k! * \Gamma(mh)} * \left(\frac{t}{t+h}\right)^k * \left(\frac{h}{t+h}\right)^{mh} = \\
 &= \binom{k+mh-1}{k} * \left(\frac{t}{t+k}\right)^k * \left(\frac{h}{t+k}\right)^{mh}
 \end{aligned}$$

En la anterior expresión hemos obtenido que la distribución del número de siniestros en el caso de que hayan diversos sub-colectivos con distribución de Poisson de diferente frecuencia siniestral, es una distribución Binomial Negativa de parámetros $BN[mh, h/(t+h)]$, en la que los dos primeros momentos centrales son:

$$E[N] = mt ; V[N] = mt * \left(1 + \frac{t}{h}\right)$$

Los anteriores momentos centrales son los que corresponden, en término medio, a todo el colectivo. La frecuencia media de siniestralidad será mt para todo el colectivo (si $t=1$ coincide con $m = b/h = b/a$, media de la v.a. θ).

Si se quisiera cobrar una prima común a todo el colectivo se habría de multiplicar dicha frecuencia media por el coste medio del siniestro (que se ha supuesto constante y común para los miembros del colectivo). Como se ha supuesto que es homogéneo para todos los miembros de la cartera se puede obviar del análisis (actuará como el "numerario" de un modelo microeconómico).

Como se puede ver, h (que también es el parámetro a) representa el parámetro de homogeneidad de riesgos dentro de la cartera. Cuando h tiende a infinito (la distribución Gamma degenera volviéndose causal), la cartera es homogénea, media y varianza coinciden, y la distribución Binomial Negativa se convierte en la Distribución inicial de Poisson (no existen diferencias en cuanto a la frecuencia siniestral). Cuanto más pequeño sea h , más heterogénea será la cartera, siendo la media inferior a la varianza, asumiendo la existencia de los diversos subcolectivos dentro de la cartera.

Pues bien, ahora que ya se disponen de la distribución inicial o verosimilitud $P[N/\theta]$ que da la probabilidad del número de siniestros para las diferentes frecuencias de siniestralidad que puedan existir, de la distribución a priori $F[\theta]$ que da la distribución de la frecuencia de siniestralidad dentro de la cartera, y de la distribución Final $P[N]$ que se acaba de derivar, que da la distribución del

número de siniestros para el global de la cartera, sería interesante dar un paso adelante.

Se utiliza un procedimiento de estadística Bayesiana para determinar la distribución a posteriori de la frecuencia de siniestralidad (o distribución conjugada).

Se sabe que la frecuencia de siniestralidad se distribuye con una determinada distribución (en nuestro caso con una Gamma de Euler). Después de haber sometido la cartera a observación a lo largo de t años, se puede saber cuál es el número de siniestros observados en cada póliza. La cuestión es ahora intentar averiguar cuál es la frecuencia de siniestralidad teórica en función de la información de siniestralidad que se ha obtenido.

Aproximadamente se genera una distribución "Máximo Verosímil" con la información acumulada a Posteriori, teniendo en cuenta como datos la verosimilitud y la distribución a Priori.

La Teoría de la Credibilidad es una derivación estadístico actuarial de la Estadística Bayesiana. El Teorema de Bayes utiliza el Teorema de la Intersección y el de la Probabilidad Total, y ofrece el siguiente resultado:

$$P(A_i/B) = \frac{P(A_i) * P(B/A_i)}{\sum_{i=1}^n P(A_i) * P(B/A_i)}$$

Lo anteriormente referido (de modo más o menos formalizado) tiene una gran relación con todo lo que se ha hecho hasta el momento en el modelo Bonus-Malus que se está desarrollando. En efecto, si se identifica $P(A_i)$ con $f(\theta)$, y $P(B/A_i)$ con $P[N/\theta]$, teniendo cuenta de que las primeras son probabilidades y las segundas funciones de cuantía/densidad de probabilidad, entonces se está en condiciones de obtener la solución al problema planteado a la hora de formular el modelo.

En efecto si se considera la siguiente expresión por analogía (funciones de densidad de probabilidad con respecto de las probabilidades) con el Teorema de Bayes:

$$f(\theta/k_t) = f(\theta) * \frac{P[N/\theta]}{P[N]} = f(\theta) * \frac{P[N/\theta]}{\int_0^{\infty} P[N/\theta]f(\theta)d\theta}$$

Dicha expresión proporciona la densidad de probabilidad de la frecuencia de siniestralidad, condicionada a k_t , número empírico de siniestros obtenido en t años.

$$\begin{aligned}
f[\theta/k_t] &= \left[\frac{h^{mh}}{\Gamma(mh)} * \theta^{mh-1} * e^{-h\theta} \right] \frac{\frac{e^{-\theta} (\theta)^k}{k!}}{\frac{\Gamma(k+mh)}{k! * \Gamma(mh)} * \left(\frac{t}{t+h}\right)^k * \left(\frac{h}{t+h}\right)^{mh}} = \\
&= \frac{\theta^{mh+k-1} * e^{-(t+h)\theta}}{\Gamma(mh+k) * \left(\frac{1}{t+h}\right)^{mh+k}} = \frac{(t+h)^{mh+k}}{\Gamma(mh+k)} * \theta^{mh+k-1} e^{-(t+h)\theta} = g(t+h, mh+k)
\end{aligned}$$

La anterior función de densidad de la Distribución a Posteriori es la de una distribución Gamma de Euler de parámetros $G(t+h, mh+k_t)$. Dicha distribución también es de la misma familia que la Distribución a Priori $G(h, mh)$, y se le denomina distribución "Conjugada" de la anterior.

La anterior variable aleatoria da, introduciendo los datos que provienen de la información muestral (k_t siniestros en t años o períodos), los posibles valores de la frecuencia de siniestralidad (no se debe olvidar que se ha definido como una variable aleatoria). La información muestral nos rectifica el conocimiento que a priori tenemos del asegurado, reclasificándolo en sub-colectivos con distinta frecuencia muestral, en función de la experiencia que nos proporciona.

Si se obtiene la esperanza matemática de la frecuencia de siniestralidad que se desprende de la distribución a posteriori, al haber aplicado la información muestral, entonces

$$\begin{aligned}
E[\theta/k_t] &= \int_0^\infty \theta * g(t+h, mh+k) d\theta = \\
&= \frac{mh+k_t}{t+h} = \left(\frac{h}{t+h}\right) * m + \left(\frac{t}{t+h}\right) * \frac{k_t}{t} = \\
&= z * m + (1-z) * \frac{k_t}{t} = z * E[N] + (1-z) * \frac{k_t}{t}
\end{aligned}$$

En la anterior expresión se ha obtenido finalmente el objetivo que se buscaba. Si se multiplica la anterior expresión por el coste medio de un siniestro se obtiene el precio que se tendrá que cobrar a una asegurado cualquiera, en función del número de siniestros k_t que haya tenido en t -períodos.

Es interesante constatar, si la cartera es homogénea (caso de v.a. de Poisson), que el factor de Credibilidad es nulo (así como si $t=0$ y no hay experiencia siniestral de la cartera), y el de Fiabilidad es uno. En tal caso se aplicaría como prima la del colectivo porque todos los riesgos son iguales.

Si por contra la cartera es infinitamente heterogénea (Binomial Negativa) y el periodo observado es ilimitado, a cada póliza se le cobraría su prima individual, dejándose de aplicar la prima colectiva.

Se acaba de presentar el fundamento teórico que da soporte conceptual a los modelos de Tarificación a Posteriori basados en número de años de exposición y

número de siniestros computables, y que como se ha comentado son de aplicación habitual en la cobertura de Responsabilidad Civil.

También se ha comentado anteriormente que es habitual que en las pólizas de seguros del automóvil tengan un sistema específico de tarificación a posteriori para la cobertura de Daños Propios.

Como pequeña digresión al respecto, cabe denunciar lo que se ha convertido en una práctica de “dumping” comercial en el sector, fuera de todo fundamento técnico y que consiste en extrapolar la bonificación de Responsabilidad Civil de un cliente, en base al historial (nº de años, nº de siniestros) de Responsabilidad Civil con culpa, a la cobertura de Daños Propios, que tiene un perfil de riesgo netamente diferenciado. Si se tiene en cuenta el impacto de la aplicación de franquicias, lo anterior es tanto más cierto (al aplicar franquicias de límite superior, se reduce de modo sensible la frecuencia de Daños Propios, incrementado a su vez, en menor medida, el importe medio).

Es por ello que en el caso de Daños Propios, y desde una perspectiva técnica, se puede dar cabida (considerando la muy superior frecuencia de la cobertura de Daños Propios, y la muy menor varianza de la distribución del coste de siniestros), tanto al importe de los siniestros declarados, como a la tasa de siniestralidad acumulada para la cobertura de Daños Propios.

En ese sentido, se reproduce a continuación un modelo de Credibilidad Exacta para la Tasa de Siniestralidad acumulada en un periodo de tiempo. Este estudio fue desarrollado por Alberto Macián², en el cual colaboré.

Modelo de credibilidad exacta para la tasa de siniestralidad. Modelo Gamma-Gamma-Gamma

Introducción

La mayoría de las Compañías Aseguradoras que han utilizado un Sistema de Tarificación a Posteriori en España han utilizado el anterior sistema Poisson-Gamma-Binomial Negativa. Evidentemente, si se cumplieran todas las hipótesis sobre las que se formula el modelo, habría de dar resultados satisfactorios.

Una "queja" que usualmente plantea un asegurado poseedor de este sistema en la cobertura de Daños Propios en su seguro del Automóvil, es aquella en que declara haber tenido varios siniestros de pequeña cuantía en un año, y manifiesta el agravio comparativo frente a aquellos asegurados que han tenido un siniestro (o tantos como él) de elevado importe.

El asegurado tiene parte de “razón” en quejarse, puesto que el fijarse en el número de siniestros no implica necesariamente caracterizar su siniestralidad real (el coste del siniestro sigue siendo aleatorio a priori, y no idéntico a posteriori entre asegurados). La hipótesis simplificadora de que el coste del siniestro es

² Actualmente es el Director de la Dirección de Automóviles de La Estrella. Previamente fue el Responsable de la Unidad de Estudios de la Dirección de Automóviles de Banco Vitalicio.

homogéneo entre las pólizas de la cartera rara vez se cumple, motivo por el cual el asegurado percibe aquel "agravio comparativo".

Una alternativa sería idear un sistema que tuviera en cuenta el coste del siniestro (cuando no ocurriera siniestro el coste siniestral sería nulo) asumiendo la hipótesis de que la frecuencia siniestral es común para todas las pólizas de la cartera.

Idear un sistema de estas características volvería a suponer quedarse a mitad del camino de una solución satisfactoria. En efecto, siempre podría poner de manifiesto un asegurado el agravio comparativo que se daría cuando tuviera un siniestro de elevada cuantía respecto a otros asegurados con muchos siniestros de menor cuantía.

Lo anterior es así porque de modo general las causas de la aleatoriedad de la siniestralidad (haciendo una gran abstracción) son dos: el número de siniestros, y el coste de cada uno de ellos.

Es por ello que para lograr el principio actuarial de equidad, hemos de ponderar ambos factores a la hora de implementar un Sistema de Tarificación a Posteriori.

Quizá una manera natural y sencilla, desde un punto de vista conceptual, de ponderar los dos factores anteriormente resaltados, sería considerando la denominada "Tasa de Siniestralidad". Seguidamente se va a considerar por "Tasa de Siniestralidad" la relación por cociente que se deriva al tener en cuenta los pagos por siniestros en un determinado período respecto a la prima de riesgo consumida para esa garantía en ese período (se utilizará como período el anual, por ser el más común).

Dado que el montante global de los siniestros de una póliza es aleatorio, resulta evidente que el cociente de "algo" aleatorio por "algo" cierto sigue siendo "algo" aleatorio. La variable aleatoria S_t , tasa de siniestralidad, se define del siguiente modo:

$$S_t = \frac{Z_t}{\Pi_t} = \frac{Z_t}{E[Z_t]} = \frac{\sum_{k=0}^{\infty} P(k, t) V(x, t)^{*k}}{\sum_{k=0}^{\infty} P(k, t) \int_0^{\infty} x^* dV(x, t)^{*k}}; k \in N; x \in \mathfrak{R}.$$

donde:

- * Z_t es la v.a. que denota el Coste Total de los Siniestros de una póliza en el período $[0, t]$
- * $E[Z_t]$ es la prima de riesgo correspondiente a la anterior v.a., definida por su esperanza matemática.
- * S_t es la v.a. que denota la Tasa de Siniestralidad de una póliza en el período $[0, t]$.

Dado que la prima de riesgo es un escalar positivo, la v.a. S_t se define como una transformación monótona creciente de la v.a. continua Z_t (de hecho es la misma variable Z_t dividida por una constante positiva), motivo por el cual se puede deducir su función de densidad, conociendo la de Z_t . Puede ser un problema el que no se disponga de la expresión analítica de la distribución del coste total.

Este modelo se centra en la Tarificación a Posteriori, de una cartera de pólizas, en función de la experiencia de su Tasa de Siniestralidad empírica (a Posteriori), a lo largo del tiempo.

Este método no da lugar a las "injusticias" o quejas anteriormente planteadas que se pueden derivar de los modelos que sólo se basan en el número o en el coste de los siniestros. A ese respecto este método es más equitativo (y posiblemente intuitivo) para el cliente que el modelo Poisson-Gamma-Binomial Negativa.

En el caso de Daños Propios, y al incorporar diferentes posibilidades de franquicia, con un impacto muy marcado en la frecuencia de siniestralidad esperada, resulta especialmente inadecuado tener un único sistema basado en el número de siniestros.

En efecto, si las primas de riesgo están bien calculadas, la Tasa de Siniestralidad para toda la cartera será 1 ó 100% (ya que se consume exactamente la prima de riesgo, y estamos obviando del análisis la estructura de costes), y desde un punto de vista teórico y apriorístico también será 1 para cada asegurado.

Con este Sistema no se pretende nada más que cuantificar la prima individualizada a cada cliente en función de su pasado siniestral.

Aquel cliente que pasados 10 años en la Compañía Aseguradora tenga una Tasa Media de Siniestralidad de 5 (por ejemplo) resulta evidente que habrá de tener un mayor recargo sobre la prima que el cliente cuya Tasa Media de Siniestralidad sea 0,2 para el mismo período.

Con el modelo que a continuación se propone, y en función de las distribuciones que se consideren para sus variables, se trata de determinar el "quantum" exacto de recargo o descuento en prima.

Un comentario que se debe realizar es que se obvia algún problema de tipo práctico, como sea el de ponderar la Tasa de Siniestralidad por la Prima de Riesgo de cada póliza, cuando por determinados motivos las pólizas pueden tener diferentes primas de riesgo. En este modelo, y como supuesto teórico, se supone que todos los riesgos son del mismo tipo (tienen las mismas características de exposición al riesgo y de coberturas), motivo por el cual tiene una prima de riesgo común para el mismo período de tiempo, por lo que no es necesario ponderar la Tasa por la prima.

Una ventaja adicional de este método es que la Tasa de Siniestralidad es un escalar desde un punto de vista dimensional, o dicho de otra manera, es adimensional.

Al ser un cociente de unidades monetarias entre unidades monetarias, éste cociente es invariante antes cambio de unidades (moneda extranjera para pólizas en el extranjero), y no se ve afectada por la inflación.

Dado que como ya se ha comentado, resulta casi siempre inabordable la obtención analítica de la distribución del Coste Total que permita generar la distribución de la Tasa de Siniestralidad, en este caso lo mejor es contar con la información empírica de la cartera de esa Tasa de Siniestralidad, para un período de un año, y entonces proceder a ajustar la distribución correspondiente para la variable aleatoria S .

Se puede realizar una simulación utilizando el método de Montecarlo sobre datos sectoriales de coberturas como Responsabilidad Civil o Daños Propios.

En cuanto a la forma funcional de la distribución que se ha optado por ajustar para la Tasa de Siniestralidad en todo el colectivo es una distribución Gamma de Euler. Hay varios motivos apriorísticos que predisponen a su utilización incluso antes de practicar el correspondiente Test No-Paramétrico o de Adherencia.

Como en el caso del modelo basado en el número de Siniestros, habrá el mismo número de pólizas en la cartera que tengan ningún siniestros y tasa de siniestralidad nula. En el caso de las garantías de Responsabilidad Civil, la probabilidad de no siniestro es muy superior a la de siniestro, por lo que la Tasa de Siniestralidad se acumula masivamente en el valor 0 e intervalos cercanos.

Por otra parte parece razonable que el número de pólizas con una Tasa de Siniestralidad creciente sea decreciente, por lo que parecería razonable desde un punto de vista teórico el aplicar una variable Exponencial.

No obstante lo anterior, y teniendo en cuenta que en Daños Propios la estructura siniestral es diferente (más probabilidad de siniestros de menor cuantía), se ha decidido aplicar el modelo Gamma de Euler por cuanto es sumamente más flexible que el exponencial (tiene más parámetros a ajustar que otras variables como la Poisson o la Exponencial, que tanto se usan en otros modelos por su sencillez, aún a costa de la bondad del ajuste).

Además, utilizando la variable Gamma, ya se recoge tipos de variables aleatorias muy diferentes, como la Exponencial o la Chi-cuadrado, (en la variable Gamma de parámetros $G(a,b)$ utilizada en este trabajo son los casos particulares de $b=1$ para la variable exponencial y para una Chi-cuadrado de n-grados de libertad sería una Gamma de Euler con parámetros $a=1/2$ y $b=n/2$). Otra ventaja adicional es que la variable Gamma de Euler cuenta con buenas propiedades para su manipulación matemática.

Formulación del modelo en el horizonte temporal de 1 año

En primera instancia vamos a determinar el modelo de credibilidad sobre la Tasa de Siniestralidad a un año vista (con la experiencia muestral de un año), y con posterioridad lo dinamizaremos incorporando un período de t-años.

Si se supone que la Tasa de Siniestralidad S (variable estudiada en el modelo) de las pólizas de la cartera es una variable aleatoria que se distribuyen con una función Gamma de Euler de parámetros θ y ν (la simbolizaremos por $G(\theta, \nu)$). La función de densidad de probabilidad asociada es la siguiente:

$$g(\theta, \nu) = \frac{\theta^\nu}{\Gamma(\nu)} * s^{\nu-1} * e^{-\theta*s} ; \theta \geq 0 ; \nu \geq 0 ; s \geq 0.$$

Los dos primeros momentos centrales asociados a esta distribución son:

$$E[S] = \frac{\nu}{\theta} ; V[S] = \frac{\nu}{\theta^2}$$

Además se supone que la cartera de pólizas no es homogénea respecto a la Tasa de Siniestralidad.

Este hecho se puede formalizar suponiendo que el parámetro θ que junto al parámetro ν , proporciona los momentos centrales de la distribución, es aleatorio. En este caso la anterior distribución de probabilidad es en realidad la de la variable aleatoria S/θ (denominada como "verosimilitud" en el modelo Bonus-Malus), condicionada al valor teórico del parámetro θ para cada póliza.

Este parámetro aleatorio se distribuye también por una función de distribución Gamma de Euler, de parámetros a y b $G(a, b)$, que son conocidos al ser estimados de la cartera. Esta función de distribución $G(a, b)$, es denominada como "Distribución a Priori", y su densidad de probabilidad será $p(\theta)$:

$$p(\theta) = g(a, b) = \frac{a^b}{\Gamma(b)} * \theta^{b-1} * e^{-a*\theta} ; a \geq 0 ; b \geq 0 ; \theta \geq 0.$$

El primer paso consiste en la obtención de la función de densidad de la variable aleatoria S (distribución de S para el colectivo en general) a partir de la distribución de S/θ y de θ . Dicha densidad se obtiene de la siguiente manera (aplicando nuevamente el Teorema de la Probabilidad Total a funciones de densidad de Probabilidad):

$$\begin{aligned} f(s) &= \int_0^\infty g(\theta, \nu) * dP(\theta) = \int_0^\infty \frac{\theta^\nu}{\Gamma(\nu)} s^{\nu-1} * e^{-\theta*s} * \frac{a^b}{\Gamma(b)} \theta^{b-1} * e^{-a*\theta} d\theta = \\ &= \frac{a^b}{\Gamma(b)} * \frac{s^{\nu-1}}{\Gamma(\nu)} \int_0^\infty \theta^{b+\nu-1} e^{-(a+s)\theta} d\theta = \frac{\Gamma(b+\nu)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu)} * \frac{a^b s^{\nu-1}}{(a+s)^{b+\nu}} \end{aligned}$$

La anterior densidad de probabilidad corresponde a una generalización de una variable de Pareto. En concreto cuando $\nu=1$ (la tasa de siniestralidad se distribuye por una exponencial) se corresponde con una distribución de Pareto.

En efecto una definición de la densidad de probabilidad de una variable aleatoria de Pareto es la siguiente:

$$f(s) = \frac{\alpha}{s_0} * \left(\frac{s_0}{s}\right)^{\alpha+1}; \forall \alpha > 2; s \in \mathbb{R}^+$$

en la que sus dos primeros momentos centrales son los siguientes:

$$E[S] = \frac{\alpha * s_0}{(\alpha - 1)}; V[S] = \frac{\alpha * s_0^2}{(\alpha - 2) * (\alpha - 1)^2}$$

Si se sustituye ν por 1 se obtiene:

$$f(s) = \frac{b * a^b}{(a + s)^{b+1}}$$

Si ahora se consideran los siguientes cambios:

*a por b

*s₀ por a

*r por s+a

se obtiene una expresión que se adapta plenamente a la anterior definición de variable de Pareto. Si se deshacen los cambios, se observa que los dos primeros momentos centrales para esta distribución de S son (siempre cuando $\nu = 1$):

$$E[S/\nu = 1] = \frac{a}{(b - 1)}; V[S/\nu = 1] = \frac{b * a^2}{(b - 2) * (b - 1)^2}; \forall b > 2$$

Retomando el caso general del modelo, dado que un modelo de credibilidad sobre la tasa de siniestralidad siempre va a ofrecer una suma ponderada entre la Tasa de Siniestralidad media del Colectivo, y la Individual, a continuación se determina la Tasa Media de Siniestralidad del colectivo. Es la siguiente:

$$\begin{aligned} E[S] &= \int_0^{\infty} s * f(s) ds = \int_0^{\infty} \frac{\Gamma(b + \nu)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu)} \frac{a^b * s^{\nu}}{(a + s)^{b + \nu}} ds = \\ &= \frac{\Gamma(b + \nu)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu)} \int_0^{\infty} a^b \left(\frac{s}{a + s}\right)^{\nu} \left(\frac{1}{a + s}\right)^b ds \end{aligned}$$

Si se realiza el cambio de variable $r = s/(a + s)$ en la anterior integral, se llega a la siguiente integral :

$$\begin{aligned} E[S] &= \int_0^1 \frac{\Gamma(b + \nu)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu)} * a * r^{\nu} * (1 - r)^{b - 2} dr = a * \frac{\Gamma(b + \nu)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu)} * \beta(\nu + 1, b - 1) = \\ &= a * \frac{\Gamma(b + \nu)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu)} * \frac{\Gamma(\nu + 1) * \Gamma(b - 1)}{\Gamma(b + \nu)} = a * \frac{\nu}{(b - 1)} \end{aligned}$$

donde en la anterior expresión $\beta(m, n)$ es la conocida integral Euleriana:

$$\beta(m, n) = \int_0^1 s^{m-1} * (1-s)^{n-1} ds ; \forall m, n \in \mathfrak{R}^+$$

para la que se verifica la importante propiedad:

$$\beta(m, n) = \frac{\Gamma(m) * \Gamma(n)}{\Gamma(m+n)}$$

Ahora que ya se dispone de la densidad de probabilidad de la Tasa de Siniestralidad del Colectivo, se puede pasar a determinar la densidad de probabilidad de la Distribución a Posteriori, o conjugada, de variable la θ . Dicha función de densidad es la siguiente:

$$\begin{aligned} f(\theta/s) &= f(\theta) * \frac{f(s/\theta)}{f(s)} = \frac{a^b * \theta^{b-1} * e^{-a\theta} * \theta^v * s^{v-1} * e^{-s\theta} * \Gamma(b) * \Gamma(v) * (a+x)^{b+v}}{\Gamma(b) * \Gamma(v) * \Gamma(b+v) * a^b * s^{v-1}} = \\ &= \frac{(a+s)^{b+v}}{\Gamma(b+v)} * \theta^{b+v-1} * e^{-(a+s)\theta} \approx g(a+s, b+v) \end{aligned}$$

Como se puede ver la anterior expresión corresponde a la densidad de probabilidad de una distribución Gamma de Euler, de parámetro $a+s$ y $b+v$. Esta es la distribución de θ/S y se trata de la distribución conjugada de la variable θ .

Se ha obtenido una expresión que nos dice cuál es el valor más probable de θ al tener en cuenta la experiencia muestral de un año para la Tasa de Siniestralidad, que viene dada por s .

Ahora se debe considerar el anterior resultado para completar el proceso de "aprendizaje":

1. Se observa la estimación muestral s , que indica el valor "máximo verosímil" (sólo metafóricamente) del parámetro aleatorio θ .
2. Conociendo el valor de θ para un asegurado en concreto se calcula la media de su Tasa de Siniestralidad (que al multiplicarla por la prima colectiva de riesgo dará la prima de credibilidad).

Queda por tanto el determinar la media teórica de la Tasa de Siniestralidad de un asegurado al haber observado su Tasa de Siniestralidad empírica en un año. Para ello se aplica nuevamente el Teorema de la Probabilidad Total en su "versión" para densidades de probabilidad.

Previamente se recuerda que la esperanza matemática de S/θ es:

$$E[S/\theta] = \int_0^\infty s * g(\theta, v) ds = \frac{v}{\theta}$$

Ahora ya se puede determinar la media de la Tasa de Siniestralidad para un individuo, habiendo observado su Tasa empírica para un año. Dicha expresión será la siguiente (para distinguir la información empírica se denomina como s_t):

$$\begin{aligned}
 E[S/s_t] &= \int_0^\infty E[S/\theta] dF(\theta/s_t) = \int_0^\infty \frac{v}{\theta} g(a+s_t, b+v) d\theta = \\
 &= \int_0^\infty \frac{v}{\theta} * \frac{(a+s_t)^{b+v}}{\Gamma(b+v)} * \theta^{b+v-1} * e^{-(a+s_t)\theta} d\theta = \\
 &= \frac{v(a+s_t)^{b+v}}{\Gamma(b+v)} \int_0^\infty \theta^{b+v-2} e^{-(a+s_t)\theta} d\theta = \\
 &= \frac{v(a+s_t)^{b+v}}{\Gamma(b+v)} * \frac{\Gamma(b+v-1)}{(a+s_t)^{b+v-1}} = \frac{v(a+s_t)}{(b+v-1)}
 \end{aligned}$$

Ahora se puede desarrollar la anterior expresión para darle su formato final. Dicha expresión se transforma en la que sigue:

$$\begin{aligned}
 E[S/s_t] &= \frac{v(a+s_t)}{(b+v-1)} = \frac{a*v}{b+v-1} + \frac{v*s_t}{b+v-1} = \\
 &= \frac{(b-1)}{(b+v-1)} * \frac{a*v}{(b-1)} + \frac{v}{(b+v-1)} * s_t = \\
 &= \frac{(b-1)}{(b+v-1)} * E[S] + \frac{v}{(b+v-1)} * s_t
 \end{aligned}$$

Dicha expresión da el coeficiente de fiabilidad y de credibilidad de un asegurado al cabo de un año. En un caso extremo, si de la información de la cartera se estima que $v=0$ (la Tasa de Siniestralidad no varía dentro de la cartera), el factor de credibilidad sería nulo (se daría el resultado anormal de que la Tasa Media de Siniestralidad del Colectivo fuera 0 y no 1).

El modelo que se ha obtenido hasta el momento adolece de un gran defecto, pues sólo recoge la experiencia de un año de la información muestral. Precisamente el "proceso de aprendizaje" resulta más provechoso cuanto mayor es el intervalo de observación (la información es mayor y más significativa). Se debe ampliar el modelo de modo que permita introducir el tiempo como parámetro ampliando la información muestral de la cartera.

Dinamización del modelo

Suponemos nuevamente que la Tasa de Siniestralidad S de las pólizas de la cartera es una variable aleatoria que se distribuye con una función Gamma de Euler de parámetros θ y ν (la simbolizaremos por $G(\theta, \nu)$). La dinamización de las observaciones se recoge en el hecho de considerar el parámetro compuesto ν y no únicamente ν . La función de densidad de probabilidad asociada es la siguiente:

$$g(\theta, vt) = \frac{\theta^{vt}}{\Gamma(vt)} * s^{vt-1} * e^{-\theta * s}; \theta \geq 0; v \geq 0; s \geq 0; t \geq 0.$$

En donde $\Gamma(vt)$ es la siguiente integral Euleriana:

$$\Gamma(vt) = \int_0^\infty s^{vt-1} * e^{-s} ds; v \geq 0; t \geq 0.$$

Como sabemos los dos primeros momentos centrales asociados a esta distribución son:

$$E[S] = \frac{v}{\theta} * t; V[S] = \frac{v}{\theta^2} * t$$

Al haber introducido el tiempo como un parámetro adicional en la variable aleatoria, ahora la variable aleatoria es susceptible de tratarse como un Proceso Estocástico. Como podemos observar se trata de un Proceso Estocástico estacionario en media, dado que la media de la Tasa de Siniestralidad para cada periodo unitario es constante e igual a θ/v .

Supondremos nuevamente que la cartera de pólizas no es homogénea respecto a la Tasa de Siniestralidad.

Este hecho se formaliza también suponiendo que el parámetro θ , que nos proporciona los momentos centrales junto al parámetro vt , es aleatorio. Es por ello que la anterior distribución de probabilidad es en realidad la de la variable aleatoria S/θ ("verosimilitud"), condicionada al valor teórico del parámetro θ para cada póliza.

Este parámetro aleatorio se distribuye también por una función de distribución Gamma de Euler, de parámetros a y b que son estimados de la cartera. Esta función de distribución $G(a,b)$, es denominada como "Distribución a Priori", y su densidad de probabilidad será nuevamente $p(\theta)$:

$$p(\theta) = g(a, b) = \frac{a^b}{\Gamma(b)} * \theta^{b-1} * e^{-a*\theta}; a \geq 0; b \geq 0; \theta \geq 0.$$

El primer paso consiste en la obtención de la función de densidad de la variable aleatoria S (distribución de S para el colectivo en general) a partir de la distribución de S/θ y de θ . Dicha densidad se obtiene de la siguiente manera (aplicando nuevamente el Teorema de la Probabilidad Total a funciones de densidad de Probabilidad):

$$\begin{aligned} f(s) &= \int_0^\infty g(\theta, vt) * dP(\theta) = \int_0^\infty \frac{\theta^{vt}}{\Gamma(vt)} s^{vt-1} * e^{-\theta * s} * \frac{a^b}{\Gamma(b)} \theta^{b-1} * e^{-a*\theta} d\theta = \\ &= \frac{a^b}{\Gamma(b)} * \frac{s^{vt-1}}{\Gamma(vt)} \int_0^\infty \theta^{b+vt-1} e^{-(a+s)\theta} d\theta = \frac{\Gamma(b+vt)}{\Gamma(b) * \Gamma(vt)} * \frac{a^b s^{vt-1}}{(a+s)^{b+vt}} \end{aligned}$$

La anterior densidad de probabilidad corresponde a una generalización de una variable de Pareto como ya vimos en el modelo anterior, cuando $\nu = 1$.

La Tasa Media de Siniestralidad del colectivo es la siguiente:

$$\begin{aligned} E[S] &= \int_0^{\infty} s * f(s) ds = \int_0^{\infty} \frac{\Gamma(b + \nu t)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu t)} \frac{a^b * s^{\nu t}}{(a + s)^{b + \nu t}} ds = \\ &= \frac{\Gamma(b + \nu t)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu t)} \int_0^{\infty} a^b \left(\frac{s}{a + s}\right)^{\nu t} \left(\frac{1}{a + s}\right)^b ds \end{aligned}$$

Si se realiza el cambio de variable $r = s/(a + s)$ en la anterior integral, llegaremos a la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} E[S] &= \int_0^1 \frac{\Gamma(b + \nu t)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu t)} * a * r^{\nu t} * (1 - r)^{b - 2} dr = a * \frac{\Gamma(b + \nu t)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu t)} * \beta(\nu t + 1, b - 1) = \\ &= a * \frac{\Gamma(b + \nu t)}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu t)} * \frac{\Gamma(\nu t + 1) * \Gamma(b - 1)}{\Gamma(b + \nu t)} = a * \frac{\nu t}{(b - 1)} \end{aligned}$$

Ahora que ya se dispone de la densidad de probabilidad de la Tasa de Siniestralidad del Colectivo, por tanto, se procede a determinar la densidad de probabilidad de la Distribución a Posteriori, o conjugada, de variable θ . Dicha función de densidad es la siguiente:

$$\begin{aligned} f(\theta/s) &= f(\theta) * \frac{f(s/\theta)}{f(s)} = \frac{a^b \theta^{b-1} e^{-a\theta} * \theta^{\nu t} s^{\nu t - 1} e^{-s\theta} * \Gamma(b) * \Gamma(\nu t) * (a + s)^{b + \nu t}}{\Gamma(b) * \Gamma(\nu t) * \Gamma(b + \nu t) * a^b * s^{\nu t - 1}} = \\ &= \frac{(a + s)^{b + \nu t}}{\Gamma(b + \nu t)} * \theta^{b + \nu t - 1} * e^{-(a + s)\theta} \approx g(a + s, b + \nu t) \end{aligned}$$

Como se puede ver, la anterior expresión corresponde a la densidad de probabilidad de una distribución Gamma de Euler, de parámetro $a + s$ y $b + \nu t$. Esta es la distribución de θ/s y se trata de la distribución conjugada de la variable θ .

Queda por tanto, y para terminar, el determinar la media teórica de la Tasa de Siniestralidad de un asegurado al haber observado su Tasa de Siniestralidad empírica en t-años.

Para ello aplicaremos nuevamente el Teorema de la Probabilidad Total en su "versión" para densidades de probabilidad.

Previamente habremos de recordar que la esperanza matemática de S/θ es:

$$E[S/\theta] = \int_0^{\infty} s * g(\theta, \nu t) ds = \frac{\nu t}{\theta}$$

Ahora ya podemos determinar la media de La Tasa de Siniestralidad para un individuo, habiendo observado la media empírica de dicha Tasa para un período

de observación de t -años, que será denotada por s_t . Dicha expresión será la siguiente:

$$\begin{aligned}
 E[S/s_t] &= \int_0^\infty E[S/\theta] dF(\theta/s_t) = \int_0^\infty \frac{vt}{\theta} g(a+s_t, b+vt) d\theta = \\
 &= \int_0^\infty \frac{vt}{\theta} * \frac{(a+s_t)^{b+vt}}{\Gamma(b+vt)} * \theta^{b+vt-1} * e^{-(a+s_t)\theta} d\theta = \\
 &= \frac{vt(a+s_t)^{b+vt}}{\Gamma(b+vt)} \int_0^\infty \theta^{b+vt-2} e^{-(a+s_t)\theta} d\theta = \\
 &= \frac{vt(a+s_t)^{b+vt}}{\Gamma(b+vt)} * \frac{\Gamma(b+vt-1)}{(a+s_t)^{b+vt-1}} = \frac{vt(a+s_t)}{(b+vt-1)}
 \end{aligned}$$

Ahora se puede desarrollar la anterior expresión para darle su formato final. Dicha expresión se transforma en la que sigue:

$$\begin{aligned}
 E[S/s_t] &= \frac{vt(a+s_t)}{(b+vt-1)} = \frac{a * vt}{b+vt-1} + \frac{vt * s_t}{b+vt-1} = \\
 &= \frac{(b-1)}{(b+vt-1)} * \frac{a * vt}{(b-1)} + \frac{vt}{(b+vt-1)} * s_t = \\
 &= \frac{(b-1)}{(b+vt-1)} * E[S] + \frac{vt}{(b+vt-1)} * s_t
 \end{aligned}$$

Dicha expresión da el coeficiente de fiabilidad, y de credibilidad de un asegurado al cabo de t -años. En un caso extremo, si de la información de la cartera se estima que $\nu = 0$ (la Tasa de Siniestralidad no varía dentro de la cartera), el factor de credibilidad sería nulo.

El presente modelo es una generalización del anterior que únicamente representa el caso $t = 1$. En este modelo se puede observar que cuando la experiencia es infinita (o cuando lo es el número de observaciones), se tiende a determinar la tasa de siniestralidad de cada individuo por su empírica, sólo siendo relevante el factor de credibilidad.

4. Información estadística sobre el riesgo

En este apartado se van a detallar las fuentes de información que disponen la mayoría de las Entidades Aseguradoras, el criterio que se debe seguir para determinar el periodo a analizar y el tratamiento de la información disponible.

4.1. Fuentes de información interna

Las Entidades Aseguradoras suelen disponer de diversas bases de datos internas que contienen información relativa a sus productos, en este caso relativas a sus seguros de automóviles referentes, por ejemplo, a los siguientes ámbitos:

- Pólizas.
- Siniestros.
- Profesionales externos y Proveedores de servicio.
- Clientes.
- Mediadores.

Adicionalmente, disponen información de otros productos (Hogar, Salud, Vida,...) para esos clientes, que puede ser utilizada tanto para una mejor caracterización del perfil de riesgo del cliente, como para acciones de venta cruzada.

4.2. Fuentes de información externa

Las fuentes de información externa son:

- Sistema Informativo de Especificaciones Técnicas, Base SIETE.
- Fichero Histórico de Siniestralidad de Conductores, SINCO.
- Estadística del Seguro del Automóvil (ESA/UNESPA).
- Información geo-demográfica (Instituto Nacional de Estadística y otras fuentes privadas).
- Información financiera/crediticia de clientes y otras.

4.2.1. Sistema Informativo de Especificaciones Técnicas, Base SIETE³

El sistema Base SIETE, es una base de datos elaborada por Centro Zaragoza en la que se incluyen las principales características técnicas de todos los vehículos comercializados en España .

Centro Zaragoza es un Instituto de Investigación sobre reparación de vehículos que se creó como sociedad en 1987 gracias a la iniciativa de un grupo de 14 Entidades Aseguradoras que operaban en el sector del seguro del automóvil. En la actualidad son 25 las Entidades Aseguradoras asociadas a Centro

³ <http://www.centro-zaragoza.com/>

Zaragoza, las cuales representan aproximadamente el 80% de las primas del seguro del automóvil en España.

Empezó a trabajar en la elaboración de la base de datos en el año 1992, y fue operativa para el sector desde finales de 1994. Se trata de una base de datos fiable, constantemente actualizada y aceptada ampliamente por el sector asegurador en España, en la que figuran los principales datos relativos al vehículo que las Entidades Aseguradoras precisan para el cálculo de las primas.

Cada marca, modelo y versión de vehículo tiene asociado un código de identificación único, el cual permite un ágil tratamiento de la información.

La Tabla de Vehículos, núcleo principal de Base SIETE, está estructurada en un total de 37 campos, en los que figura cada una de las principales características de los vehículos (potencia, cilindrada, p.m.a., valor, combustible, fecha lanzamiento, plazas, nº puertas...). La clasificación de los distintos tipos de vehículos se realiza a través de los campos "categoría", "tipo" y "clase". Cada vehículo pertenece a una de las tres categorías, y dentro de ésta a un determinado tipo, del que a su vez pueden distinguirse distintas clases.

Otra tabla a destacar es la Tabla de Matrículas que proporciona la fecha de matriculación de un vehículo concreto a partir de su matrícula.

4.2.2. Fichero Histórico de Siniestralidad de Conductores SINCO

Una importante iniciativa sectorial, que permite compartir relevante información sobre el historial siniestral de la responsabilidad civil de circulación de los tomadores de pólizas de seguros de automóvil, es el fichero TIREA-SINCO, cuyo inicio de operaciones se registra en el ejercicio 2000.

Se trata de un fichero de datos de carácter personal que responde a la necesidad del sector de:

- Tarificar adecuadamente los riesgos en función del historial correspondiente.
- Promover la transparencia del mercado del seguro del automóvil de modo que los asegurados tengan un mayor acceso al conjunto de ofertas del sector.
- Establecer un sistema ágil, seguro e imparcial.

Se nutre de los datos volcados por las Entidades Aseguradoras adheridas (38 en la actualidad, con un 93% de cuota de mercado). La información volcada hace referencia a:

- Datos del tomador del seguro: NIF/CIF y nombre.
- Datos del vehículo asegurado: matrícula y tipo de vehículo.
- Datos del contrato: nº de póliza y periodo de vigencia del contrato.

- Datos de siniestros de Responsabilidad Civil de circulación: fechas de ocurrencias y tipología de siniestro (daños personales y/o materiales).

Teniendo en cuenta la información anteriormente volcada, el fichero proporciona información objetiva sobre la siniestralidad del tomador del seguro referente a los últimos 5 años respecto al SOA, por lo que permite ajustar la prima en mayor medida a la naturaleza del riesgo.

Desde una perspectiva técnico-actuarial, el plazo máximo de histórico volcado para una póliza que se establece en 5 años, entendemos que es con carácter general insuficiente. Así, si para un turismo el tiempo operativo (plazo medio en años de declaración de 1 siniestro) es de aproximadamente 10 años (la frecuencia fluctúa en las cercanías del 10%) resulta evidente que 5 años de historial no permiten valorar si un cliente es peor, igual o mejor a la media. Pese a todo, estos 5 años de información mejoran la situación precedente.

Las Entidades Aseguradoras adheridas son las únicas que pueden consultar al fichero para riesgos que no estén actualmente asegurados en la propia entidad (no se permite la autoconsulta).

La consulta se realiza con las últimas cinco cifras de la póliza actual y uno de los datos siguientes: matrícula del vehículo, NIF/CIF del tomador o su nombre y apellidos. Resulta imposible reunir los datos si el asegurado no los comunica, por lo que el asegurado es el único dueño de su información. Es por ello, que el contenido del fichero está elaborado de acuerdo con la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal.

TIREA (Tecnología y Redes para Entidades Aseguradoras), entidad participada por Aseguradoras pertenecientes a UNESPA, es la responsable del diseño y mantenimiento del Fichero y del servicio de consulta al mismo.

4.2.3. Estadística del Seguro del Automóvil (ESA)

UNESPA ha elaborado durante muchos años Estadísticas Comunes de siniestralidad en el seguro de automóviles.

Actualmente, a partir del año 2001, se ha puesto en funcionamiento la nueva ESA, bajo la supervisión de la Comisión Técnica de Seguros de Automóviles de UNESPA, siendo TIREA la encargada del tratamiento de la información enviada por las Entidades Aseguradoras colaboradoras (en la estadística 2004-2005 cuenta con 30 Entidades y un 90% de cuota de mercado) y del soporte técnico-informático.

Gracias a las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías, las consultas de las estadísticas descriptivas resultantes de la explotación se realizan de forma on-line, existiendo la posibilidad de descargarlas en ficheros de tipo Excel. Existen dos tipos de explotación: explotación global, con el total de datos cargados por la totalidad de las Entidades Aseguradoras colaboradoras, y explotación individual, para cada una de las Entidades Aseguradoras

participantes. De cada explotación, se puede obtener un resumen ejecutivo, o un informe con información de detalle.

El resumen ejecutivo proporciona un resumen para cada una de las garantías contempladas, por año de estadística y tipo de vehículo. La información que se obtiene es una tabla con el número de expuestos, el número de siniestros, la frecuencia media y el coste medio, y adicionalmente, se calculan la variación porcentual de la frecuencia media y del coste medio de un año respecto al otro.

La información de detalle se divide en dos grandes bloques: por un lado todo lo referente a Responsabilidad Civil (desagregado por sus diferentes tipologías), y por otro, Daños Propios, Incendio, Rotura de Lunas, Robo, Ocupantes, Retirada de Carnet y Defensa Jurídica. Además, se recogen a parte los casos especiales de Flotas y Mercancías Peligrosas, y se incorpora información sobre el segundo conductor.

Dentro de cada bloque se obtienen una serie de tablas que pueden ser de tres tipos:

- Con el número de expuestos, el número de siniestros, la frecuencia de siniestralidad y el coste medio.
- Con la distribución de los siniestros por tramos de coste de siniestro.
- Con la distribución de la frecuencia de los siniestros.

La posibilidad de obtener no sólo los momentos centrales de las distribuciones, sino las propias distribuciones empíricas, permite explotaciones técnicas más sofisticadas, como pueda ser la fijación de diferentes opciones de franquicia o de prioridades de reaseguro.

En la versión actual de la ESA se han modificado algunas de las variables respecto a versiones anteriores. Por ejemplo, la situación del riesgo se mide por la provincia de la póliza y no por el lugar de ocurrencia del siniestro. También se han actualizado las categorías y usos de los vehículos, y adicionalmente se utiliza la información técnica de cada vehículo aportada por el código de Base SIETE correspondiente.

Las variables de tarifa por las que se pueden obtener los desgloses anteriormente mencionados son: la edad, la antigüedad del carnet y el sexo del conductor, la provincia, la antigüedad de la póliza, el tipo (y sus subcategorías), el uso, la antigüedad y el valor del vehículo.

4.2.4. Información geo-demográfica (Instituto Nacional de Estadística y otras fuentes privadas)

Otra fuente importante de enriquecimiento del análisis técnico consiste en la información de carácter geo-demográfica. La principal fuente es el Instituto Nacional de Estadística (INE) que proporciona en primera instancia la división del territorio nacional en una partición oficial siguiendo la jerarquía Comunidad Autónoma/Provincia/Isla/Municipio.

Sobre la partición anterior, es frecuente que las Entidades refinen los criterios de partición geográfica dentro de la Provincia, gracias a las comarcalizaciones oficiales de determinadas C.C.A.A. o de otras clasificaciones “ad-hoc” para el resto de C.C.A.A. que no tienen comarcalización oficial.

Por otra parte, el INE facilita para cada Municipio un variado elenco de información (nº de habitantes, nº de núcleos poblados del Municipio, información del censo de edificios...).

A efectos de la zonificación en el Seguro del Automóvil, resulta especialmente relevante el número de habitantes del Municipio, existiendo marcadas correlaciones entre frecuencia e importe medio con dicha magnitud.

Otra posibilidad de ampliación de la información disponible para el análisis técnico consistiría en integrar la información del Instituto Nacional de Meteorología con la anterior información geográfica. De ese modo se podría correlacionar la siniestralidad con variantes tales como temperaturas máximas, mínimas y medias, precipitación media y máxima, nº días con heladas, granizo, nieve...

Otra posibilidad de ampliación de la información disponible para el análisis técnico consistiría en geo-codificar la información de la Entidad. Es decir, para cada póliza asignar un par de coordenadas físicas (X=Latitud; Y=Longitud) que permita realizar análisis GIS. De esta manera se podría efectuar una clasificación zonal de la siniestralidad en base a análisis de distancias, o incluso, integrando a su vez información viaria deducir la intensidad probable de utilización de vehículos (por ejemplo: ciudades dormitorio con insuficiente transporte público).

4.2.5. Información financiera/crediticia de clientes y otras

Para finalizar con las fuentes de información externas, se comenta la posibilidad de incorporar información de tipo financiero/crediticia y socioeconómica/demográfica que es proporcionada, dentro de las restricciones que impone la Ley de Protección de Datos, por proveedores externos de información.

En cuanto a la información de tipo financiero/crediticia, se debe distinguir entre personas jurídicas y físicas. En el caso de personas jurídicas, existen empresas privadas que proporcionan informes de situación financiera de las citadas personas jurídicas obteniendo la información de los registros públicos. Dicha información es más habitual para el tratamiento del riesgo subjetivo en los seguros patrimoniales. En el caso de las personas físicas, en España existe un registro de morosos que no se utiliza habitualmente en el sector asegurador. En otros países, como en Estados Unidos es mucho más frecuente la disponibilidad de scorings crediticios y financieros de personas físicas y son ampliamente utilizados para la personalización de los riesgos aseguradores de particulares.

En cuanto a la información socioeconómica/demográfica, existen proveedores externos que facilitan, para determinados clusters o particiones de población (llegando incluso hasta el nivel de sección censal), información de tipo socioeconómica (nivel medio de renta per capita, valor del metro cuadrado de la vivienda, nivel de servicios públicos,...) o características sociodemográficas (edad media de la población, número medio de hijos, promedio de nivel académico...).

4.3. Periodo de análisis

Si bien la modelización considerada en el proceso de tarificación, que se corresponde con el proceso de riesgo (convolución de proceso de número de siniestros con el proceso de coste de los siniestros), implica periodos anuales, otra cuestión consiste en determinar el periodo de muestra de estudio razonable y coherente con la disponibilidad de información.

En la práctica el periodo de integración de la muestra excede de la anualidad. Ello es así por los 2 siguientes motivos:

1. Por significación estadística: según la profundidad o granularidad de la tarifa y en la medida en que se identifican perfiles de riesgo más específicos, la utilización de una muestra de un único periodo anual podría llevar a identificar comportamientos espúreos (por ejemplo: en una comarca se registra un comportamiento meteorológico inusual que modifica la dinámica siniestral).
2. Por insuficiencia de tamaño muestral: también como en el caso anterior, motivado por la necesidad de identificar perfiles de riesgo cada vez más específicos, ocurre que ni aún disponiendo de todo el universo muestral relativo de un perfil específico la utilización de un único periodo anual no permite estimar con precisión/estabilidad las frecuencias y los costes medios asociados.

Por ejemplo: sea un municipio con 1.000 expuestos al riesgo/año para el aseguramiento de turismos. Siendo la frecuencia de R.C. Daños Corporales del 2%, en un año se espera en promedio la declaración de 20 siniestros de esta tipología. Una de las condiciones para que se cumpla el Teorema Central del Límite exige un tamaño mínimo de aprox. 30 observaciones (siniestros de la tipología) para que su media muestral (el coste medio global) empiece a distribuirse como una variable aleatoria normal, y las estimaciones tengan una precisión adecuada y medible. Como vemos, el tamaño de la muestra no viene dado tanto por la exposición/riesgo (medida en pólizas/año) como por el nº de siniestros asociado.

Teniendo en cuenta lo comentado anteriormente, se debe establecer un equilibrio entre una suficiente masa muestral y la permanencia estructural de la misma a futuro. Por un lado, la información muestral debe tener una cercanía temporal con el momento de lanzamiento de la tarifa (por ejemplo, 3 meses). Por otro lado, tomar periodos de tiempo excesivamente lejanos puede acarrear

el riesgo de romper la permanencia estructural a futuro al incorporar periodos obsoletos en el tiempo (cambios en el nivel de seguridad de los vehículos, cambios en la calidad de las infraestructuras viarias, cambios en la educación vial...). Por todo lo anterior, la práctica habitual suele ser integrar muestras de un periodo de 4 anualidades.

4.4. Tratamiento de la información muestral

Este apartado hace referencia, especialmente, a la información disponible en la Entidad relativa al producto de referencia, Seguro del Automóvil, y a los tratamientos habituales de la misma.

El objetivo de la tarifa es modelizar la siniestralidad esperada de un periodo anual (descompuesta a su vez en frecuencia y coste medio esperados) a través de variables explicativas, significativas desde un punto de vista estadístico, y que son los factores de riesgo.

Para poder realizar la modelización se requiere disponer de un stock suficiente de información detallada relativa a: pólizas, siniestros, clientes...

Habitualmente el análisis se realiza para cada clase de vehículo (por ejemplo: turismo, camión, motocicleta...) y cobertura (SOA Corporales, SOA Materiales, Convenios, Rotura de Lunas...). Por tanto, no es habitual analizar la correlación u otras medidas de asociación/dependencia estadística entre coberturas (a lo sumo información SINCO con Daños Propios).

Para la combinación clase de vehículo y cobertura objeto de análisis, se selecciona, para el periodo de análisis establecido, aquellas pólizas que han tenido contratada la cobertura al menos 1 día. Adicionalmente, sobre estas pólizas se aplican los filtros correspondientes para garantizar la homogeneidad de los riesgos objeto de análisis (especialmente, la exclusión en el análisis de negocios singulares con coberturas, precios y tratamientos específicos).

Lo ideal para realizar un análisis exhaustivo en el periodo de análisis seleccionado, sería trabajar con el máximo nivel de detalle que permita el sistema de información, por tanto, reflejando todas las diferentes situaciones que haya podido experimentar el riesgo en dicho periodo. Es por ello que, la unidad básica de información a utilizar, sería cada una de las transacciones que reflejaran situaciones (significativamente) diferentes para la naturaleza del riesgo a considerar.

Para cada una de esas unidades básicas de información (transacción significativa a efectos del riesgo), se debe incorporar tanto las variables a modelizar (variables de siniestralidad, tales como el número y coste de los siniestros ocurridos en el periodo de vigencia de la transacción) como los factores de riesgo o variables explicativas (ya comentados en el punto 3.2) que permitirán identificar las relaciones estadísticas.

Tal y como se ha comentado en el párrafo anterior, se deben seleccionar los siniestros ocurridos en el periodo de vigencia de la transacción. Como el periodo de análisis de la muestra puede ser habitualmente superior a 1 año, es

recomendable que la información siniestral considerada en el análisis sea la más reciente disponible en la fecha de cálculo de la tarifa.

Operando del modo descrito anteriormente, cabe la posibilidad de incurrir en dos tipos de sesgos, que deben de ser evitados:

- IBNR: siniestros ocurridos en el periodo considerado, de los que la Entidad no tiene constancia a la fecha de análisis.
- IBNER: siniestros ocurridos en el periodo considerado, de los que la Entidad no tiene una precisa valoración de su coste último y que por tanto generarán una determinada desviación a futuro. Esto es tanto más relevante en aquellas tipologías de siniestro denominadas “de cola larga” (elevado plazo medio de liquidación), tales como la Indemnización de R.C. Corporales.

En base al oportuno análisis actuarial de las anteriores magnitudes por periodo de ocurrencia y desarrollo, utilizando ya sea métodos globales/estadísticos como estocásticos, se pueden obtener diferentes coeficientes correctores que permitan neutralizar los anteriores sesgos.

Debido a la probable integración de periodos plurianuales en la muestra de estudio, se debe analizar la evolución del coste medio y de la frecuencia, de modo que permita realizar estimaciones consistentes de dichos parámetros para el periodo de lanzamiento de la tarifa.

En cuanto al coste medio, se debe realizar en primera instancia un análisis descriptivo de su evolución temporal. A continuación, resulta recomendable analizar la distribución del coste de la cobertura en estudio por año de calendario (más informativo si cabe, sería el triángulo de costes medios por periodo de ocurrencia y desarrollo).

Para cada año de calendario se selecciona un percentil de la distribución del coste que nos permite escindir dicho coste entre lo que denominaremos “coste ordinario” y “coste en exceso”. Este percentil puede adoptar habitualmente los valores del 98% o 99%. Cuanto mayor sea el número de siniestros contemplado en la distribución del coste para el año de calendario, más elevado puede ser dicho percentil.

El “coste en exceso” de un siniestro será aquella parte del coste que excede del valor de coste asociado al percentil seleccionado. El “coste en exceso” total de la cobertura para dicho año de calendario será la suma para todos los siniestros del concepto anterior. Por lo tanto, el “coste ordinario” se puede definir de modo simple como la diferencia entre el coste y el “coste en exceso”.

Dependiendo de la cobertura/tipología de siniestro objeto de análisis, ocurrirá que dado el percentil seleccionado (p.e. el 97%, 8%, 99%, 99'5%), el porcentaje que representa el “coste en exceso” sobre el total de coste será mayor o menor. Para coberturas con una distribución de coste con varianza “reducida” o poca “cola a la derecha”, como pueda ser la cobertura de rotura de lunas, el % total de coste representado por el “coste en exceso” será muy

inferior que para una cobertura de tradicional varianza elevada e importante “cola a la derecha” (y por tanto semi-varianza positiva) como pueda ser la indemnización de la R.C. Corporales. Cuanta mayor es la proporción de “coste en exceso” sobre el coste total, más evidente es el impacto de la “siniestralidad grave” sobre la cobertura objeto de estudio.

Realizada la anterior distinción entre el “coste en exceso” y el “coste ordinario”, nos permite realizar un análisis descriptivo (y proyectivo) más “afinado” sobre los costes medios, al tratarlos por separado. No sólo se realiza en la práctica dicha distinción para afinar el análisis y proyección de la “inflación siniestral” de la cobertura en estudio, sino también (lo cual es más importante) para modelizar por separado (como una “sub-tarifa” diferenciada) la siniestralidad ordinaria de la extraordinaria o “en exceso”.

Volviendo de la anterior digresión, con el desglose practicado, y al objeto de monitorizar la “inflación siniestral” se dispone de información variada tal como el coste medio del “coste ordinario”, el coste medio del “coste en exceso” (tanto sobre el total de siniestros como sobre los siniestros que exceden de la prioridad establecida), y la proporción que representa el coste “en exceso” sobre el coste total, y todo ello con su evolución por año de calendario.

La magnitud más estable, que es el coste medio “ordinario”, se puede (y debe) relacionar con sus índices de precios específicos (para la indemnización de Daños Corporales en RC el IPC previsto, para los Gastos Médicos el IPC Sanitario público y privado, el de mano de obra de talleres, el de repuestos de vehículos, etc...).

Dada la evolución de las anteriores magnitudes, se proyecta de modo razonable el coste medio “ordinario” para el momento de lanzamiento de la tarifa, y se “indexa” los costes en función del coste medio “ordinario” proyectado y el coste medio “ordinario” de cada año de calendario. Respecto al coste “en exceso”, siempre más volátil año a año, se procede de modo similar, teniendo en cuenta sobre todo la carga promedio del periodo que el coste “en exceso” representa sobre el total de coste.

Los anteriores tratamientos permiten neutralizar, en la determinación de los costes medios de las diferentes tipologías siniestrales a considerar/modelizar, el efecto de la integración en la muestra de estudio de información correspondiente a diferentes años de calendario, y asimismo permiten una adecuada proyección de los costes medios en el momento de lanzamiento de la tarifa.

Otro tanto, desde un punto de vista cualitativo, debe ser tenido en cuenta para la adecuada estimación de la frecuencia de siniestralidad en el momento de lanzamiento de la tarifa.

La práctica actuarial requiere habitualmente (lógicamente dependiendo de la cuota de mercado de cada entidad) de la integración de periodos de, por ejemplo, 4 años. En dicha muestra es habitual observar un cierto comportamiento “no constante” de la frecuencia de siniestralidad, que puede

ser causa habitual de que la frecuencia promedio de la muestra difiera de la frecuencia estimada en el momento de lanzamiento de la tarifa. Esta brecha o “gap” de frecuencia debe ser tenida en cuenta para su oportuna corrección.

Para ello se debe proceder a estimar la frecuencia de siniestralidad en el momento de lanzamiento de la tarifa, y es recomendable realizar dicha previsión en base a los habituales modelos econométricos y/o de series temporales.

La frecuencia de siniestralidad puede relacionarse, por ejemplo en el caso de la RC de circulación para turismos de uso particular, con aspectos relativos al crecimiento del PIB (a mayor crecimiento de dicha magnitud mayor frecuencia), de la renta disponible de las economías domésticas (a mayor crecimiento mayor frecuencia), la evolución de los tipos de interés, hipotecarios o al consumo, (a mayores tipos de interés se da en promedio una menor renta disponible, y por tanto una menor frecuencia) o del precio del combustible (a mayor crecimiento de dicha magnitud, menor frecuencia).

La evolución típicamente cíclica de dichas magnitudes con las que se puede relacionar la evolución de la frecuencia de siniestralidad, permite explicar, aunque sea de modo empírico, la componente cíclica de la evolución de la frecuencia.

Hay otros aspectos de tipo estructural que pueden explicar la componente tendencial de la evolución de la frecuencia siniestral, como pueda ser la densidad de circulación (número de kms/año recorridos por km de vía de circulación), la inversión en infraestructuras de circulación, las partidas presupuestarias de campañas de seguridad vial, etc..

Adicionalmente a los tratamientos comentados anteriormente, se debe realizar un examen exhaustivo de los datos recabados. Para ello se puede comenzar realizando una inspección visual de las representaciones gráficas de los datos y, completándose, posteriormente, con un análisis de datos ausentes (o missing values) y de los casos atípicos (outliers).

5. Conclusiones

El desarrollo de las tecnologías de la información y comunicaciones ha permitido mejoras de índole muy diversa en aspectos fundamentales de la actividad aseguradora, y muy especialmente en el ámbito de la tarificación, que ha experimentado una verdadera “revolución” en los últimos 10-15 años.

Desde la óptica interna de las entidades ha permitido en primer lugar un almacenaje estructurado de gran cantidad de información relevante, de modo que permita orientar la toma de decisiones de negocio (Data-warehousing), dotando a los técnicos de seguros de autonomía en el tratamiento de dicha información (gracias a arquitecturas distribuidas que permiten la posibilidad de trabajar en sistemas intermedios, más potentes que las redes de PCs).

Por otro lado, la mejora en capacidad de computación ha permitido un tratamiento técnico cada vez más sofisticado aplicando los métodos estadísticos más avanzados del momento (modelos lineales generalizados, análisis cluster, etc.).

Desde la óptica externa, se ha enriquecido/ampliado la información interna de las entidades aseguradoras, gracias a cantidades cada vez mayores de información sectorial (estructurada para su tratamiento y detallada) proveniente de UNESPA, ICEA, o de otras organizaciones no sectoriales como la Dirección General de Tráfico o el Instituto Nacional de Estadística (INE).

No se puede olvidar, también desde la óptica externa, la importante introducción en el proceso de tarificación sectorial de la información proveniente del fichero de siniestralidad de conductores (tomadores de pólizas, en realidad) TIREA-SINCO, que ha dado una mayor transparencia al sector, minorando las prácticas comerciales carentes de fundamento técnico, y amortiguando la amplitud de los ciclos de negocio tan típicos de un sector como el seguro del automóvil.

En definitiva, el progreso científico y tecnológico ha permitido ampliar el conocimiento que las entidades aseguradoras tienen de sus clientes, dando más transparencia al mercado, y permitiendo dotar de una mayor suficiencia, equidad y personalización a las primas del seguro del automóvil.

La aplicación inicial de dicho conocimiento a la gestión del seguro del automóvil ha supuesto, en sus primeras etapas, una verdadera ventaja competitiva para entidades que han sostenido sendas de crecimiento rentable a lo largo de los años, mejorando su cuota de mercado.

En la fase más madura de explotación de dicho conocimiento, se podría decir que aquellas entidades que no han hecho el esfuerzo en dotarse de mecanismos suficientes de conocimiento y control, están incurriendo en una desventaja competitiva, que cuestiona su continuidad a futuro como entidad independiente.

Para finalizar las conclusiones se hace alusión al hecho ya comentado anteriormente de que las mejoras de conocimiento introducidas en el proceso de tarificación, y con carácter más general, en el proceso de control de la gestión técnica del seguro del automóvil, permiten que sea más complicado la toma de decisiones sistemáticamente inadecuadas a lo largo del tiempo, minorando la amplitud de las fases del ciclo de resultados del sector.

6. Bibliografía

- BESSION, J.L. Y PARTRAT,C. (1992): "*Trend et systèmes de bonus-malus*". Astin Bulletin, 22(1) :11-31.
- BOJ, E., CLARAMUNT, M. M. Y FORTIANA, J. (2000): "*Una alternativa en la selección de los factores de riesgo a utilizar en el cálculo de primas*". Anales del Instituto de Actuarios Españoles.
- BOJ, E., CLARAMUNT, M. M. Y FORTIANA, J. (2001): "*Herramientas estadísticas para el estudio de perfiles de riesgo*". Anales del Instituto de Actuarios Españoles.
- BOJ, E., CLARAMUNT, M. M. Y FORTIANA, J. (2004): "*Análisis multivariante aplicado a la selección de factores de riesgo en la tarificación*". Editorial Mapfre.
- BOJ, E., CLARAMUNT, M. M. Y FORTIANA, J., VEGAS, A. (2005): "*Bases de datos y estadísticas del seguro de automóviles en España: influencia en el cálculo de primas*". Anales del Instituto de Actuarios Españoles.
- BÜHLMANN, H. (1970): "*Mathematical Methods in Risk Theory*". Springer Verlag.
- DE VYLDER, F. (1978): "*Parameter estimation in credibility theory*". Astin Bulletin. Vol.10.
- DE VYLDER, F. (1981): "*Practical credibility theory with emphasis on optimal parameter estimation*". Astin Bulletin. Vol.12.
- DOBSON, A.J. (1990): "*An Introduction to Generalized Linear Models*". Chapman & Hall.
- GUILLEN, M., AYUSO, M., BOLANCÉ, C., BERÚDEZ, LI., MORILLO, I. Y ALBARRÁN, I. (2005): "*El seguro de automóviles: estado actual y perspectiva de la técnica actuarial*". Editorial Mapfre.
- LATORRE, L. (1992): "*Teoría del Riesgo y sus Aplicaciones a la Empresa Aseguradora*". Editorial Mapfre.
- LEMAIRE, J. (1979): "*How to define a bonus-malus system with an exponential utility function*". Astin Bulletin 10:274-282.
- LÉVY, J. P. Y VARELA, J. (2003): "*Análisis Multivariable para las Ciencias Sociales*". Prentice Hall.
- LÓPEZ, M. Y LÓPEZ, J. (1996): "*Estadística para actuarios*". Editorial Mapfre.
- NIETO, U. Y VEGAS, J. (1993): "*Matemática Actuarial*". Editorial Mapfre.
- MCCULLAGAH, P. AND NELDER J. A. (1989): "*Generalized Linear Models*". Chapman & Hall.
- PITKÄNEN, P. (1975): "*Tariff Theory*". Astin Bulletin 8:2.
- PONS, M. A. (1995): "*Introducción a la teoría de la credibilidad*". Colección de publicaciones del Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial de la U.B., nº 30.
- VILAR, J. L., GIL, J. A. Y HERAS A. (2004): "*Estudio de la estructura de una cartera de pólizas y de la eficiencia de un sistema Bonus-Malus*". Editorial Mapfre.

Legislación aseguradora

LEY 30/1995 de 8 de noviembre, de Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados.

REAL DECRETO 2486/1998 de 20 de noviembre, Reglamento de Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados.

REAL DECRETO 7/2001 de 12 de enero, Reglamento sobre la responsabilidad civil y seguro en la circulación de vehículos a motor.

REAL DECRETO LEGISLATIVO 8/2004 de 29 de octubre, texto refundido de la Ley sobre la responsabilidad civil y seguro en la circulación de vehículos a motor.

Montse Pascual Villacampa

Nacida el 11 de noviembre de 1976 en L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona).
Diplomada en Estadística (Universidad de Barcelona) y Licenciada en Ciencias Actuariales y Financieras (Universidad de Barcelona).

Incorporación en 1999 a Banco Vitalicio, y más concretamente en la Unidad de Estudios de la Dirección de Automóviles.

En la actualidad es la responsable de dicha Unidad.

COLECCIÓN “CUADERNOS DE DIRECCIÓN ASEGURADORA”

Master en Dirección de Entidades Aseguradoras y Financieras
Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Barcelona

PUBLICACIONES

- 1.- Francisco Abián Rodríguez: “Modelo Global de un Servicio de Prestaciones Vida y su interrelación con Suscripción” 2005/2006
- 2.- Erika Johanna Aguilar Olaya: “Gobierno Corporativo en las Mutualidades de Seguros” 2005/2006
- 3.- Alex Aguyé Casademunt: “La Entidad Multicanal. Elementos clave para la implantación de la Estrategia Multicanal en una entidad aseguradora” 2009/2010
- 4.- José María Alonso-Rodríguez Piedra: “Creación de una plataforma de servicios de siniestros orientada al cliente” 2007/2008
- 5.- Jorge Alvez Jiménez: “innovación y excelencia en retención de clientes” 2009/2010
- 6.- Anna Aragonés Palom: “El Cuadro de Mando Integral en el Entorno de los seguros Multirriesgo” 2008/2009
- 7.- Maribel Avila Ostos: “La tele-suscripción de Riesgos en los Seguros de Vida” 2009/2010
- 8.- Mercé Bascompte Riquelme: “El Seguro de Hogar en España. Análisis y tendencias” 2005/2006
- 9.- Aurelio Beltrán Cortés: “Bancaseguros. Canal Estratégico de crecimiento del sector asegurador” 2010/2011
- 10.- Manuel Blanco Alpuente: “Delimitación temporal de cobertura en el seguro de responsabilidad civil. Las cláusulas claims made” 2008/2009
- 11.- Eduard Blanxart Raventós: “El Gobierno Corporativo y el Seguro D & O” 2004/2005
- 12.- Rubén Bouso López: “El Sector Industrial en España y su respuesta aseguradora: el Multirriesgo Industrial. Protección de la empresa frente a las grandes pérdidas patrimoniales” 2006/2007
- 13.- Kevin van den Boom: “El Mercado Reasegurador (Cedentes, Brokers y Reaseguradores). Nuevas Tendencias y Retos Futuros” 2008/2009
- 14.- Laia Bruno Sazatornil: “L’ètica i la rentabilitat en les companyies asseguradores. Proposta de codi deontològic” 2004/2005
- 15.- María Dolores Caldés Llopis: “Centro Integral de Operaciones Vida” 2007/2008
- 16.- Adolfo Calvo Llorca: “Instrumentos legales para el recobro en el marco del seguro de crédito” 2010/2011
- 17.- Ferran Camprubí Baiges: “La gestión de las inversiones en las entidades aseguradoras. Selección de inversiones” 2010/2011
- 18.- Joan Antoni Carbonell Aregall: “La Gestió Internacional de Sinistres d’Automòbil amb Resultat de Danys Materials” 2003-2004
- 19.- Susana Carmona Llevadot: “Viabilidad de la creación de un sistema de Obra Social en una entidad aseguradora” 2007/2008
- 20.- Sergi Casas del Alcazar: “El PPlan de Contingencias en la Empresa de Seguros” 2010/2011
- 21.- Francisco Javier Cortés Martínez: “Análisis Global del Seguro de Decesos” 2003-2004
- 22.- María Carmen Ceña Nogué: “El Seguro de Comunidades y su Gestión” 2009/2010
- 23.- Jordi Cots Paltor: “Control Interno. El auto-control en los Centros de Siniestros de Automóviles” 2007/2008
- 24.- Montserrat Cunillé Salgado: “Los riesgos operacionales en las Entidades Aseguradoras” 2003-2004

- 25.- Ricard Doménech Pagés: "La realidad 2.0. La percepción del cliente, más importante que nunca" 2010/2011
- 26.- Luis Domínguez Martínez: "Formas alternativas para la Cobertura de Riesgos" 2003-2004
- 27.- Marta Escudero Cutal: "Solvencia II. Aplicación práctica en una entidad de Vida" 2007/2008
- 28.- Salvador Esteve Casablanca: "La Dirección de Reaseguro. Manual de Reaseguro" 2005/2006
- 29.- Alvaro de Falguera Gaminde: "Plan Estratégico de una Correduría de Seguros Náuticos" 2004/2005
- 30.- Isabel M^a Fernández García: "Nuevos aires para las Rentas Vitalicias" 2006/2007
- 31.- Eduard Fillet Catarina: "Contratación y Gestión de un Programa Internacional de Seguros" 2009/2010
- 32.- Pablo Follana Murcia: "Métodos de Valoración de una Compañía de Seguros. Modelos Financieros de Proyección y Valoración consistentes" 2004/2005
- 33.- Juan Fuentes Jassé: "El fraude en el seguro del Automóvil" 2007/2008
- 34.- Xavier Gabarró Navarro: ""El Seguro de Protección Jurídica. Una oportunidad de Negocio"" 2009/2010
- 35.- Josep María Galcerá Gombau: "La Responsabilidad Civil del Automóvil y el Daño Corporal. La gestión de siniestros. Adaptación a los cambios legislativos y propuestas de futuro" 2003-2004
- 36.- Luisa García Martínez: "El Carácter tuitivo de la LCS y los sistemas de Defensa del Asegurado. Perspectiva de un Operador de Banca Seguros" 2006/2007
- 37.- Fernando García Giralt: "Control de Gestión en las Entidades Aseguradoras" 2006/2007
- 38.- Jordi García-Muret Ubis: "Dirección de la Sucursal. D. A. F. O." 2006/2007
- 39.- David Giménez Rodríguez: "El seguro de Crédito: Evolución y sus Canales de Distribución" 2008/2009
- 40.- Juan Antonio González Arriete: "Línea de Descuento Asegurada" 2007/2008
- 41.- Miquel Gotés Grau: "Assegurances Agràries a BancaSeguros. Potencial i Sistema de Comercialització" 2010/2011
- 42.- Jesús Gracia León: "Los Centros de Siniestros de Seguros Generales. De Centros Operativos a Centros Resolutivos. De la optimización de recursos a la calidad de servicio" 2006/2007
- 43.- José Antonio Guerra Díez: "Creación de unas Tablas de Mortalidad Dinámicas" 2007/2008
- 44.- Santiago Guerrero Caballero: "La politización de las pensiones en España" 2010/2011
- 45.- Francisco J. Herencia Conde: "El Seguro de Dependencia. Estudio comparativo a nivel internacional y posibilidades de desarrollo en España" 2006/2007
- 46.- Francisco Javier Herrera Ruiz: "Selección de riesgos en el seguro de Salud" 2009/2010
- 47.- Alicia Hoya Hernández: "Impacto del cambio climático en el reaseguro" 2008/2009
- 48.- Jordi Jiménez Baena: "Creación de una Red de Agentes Exclusivos" 2007/2008
- 49.- Oriol Jorba Cartoixà: "La oportunidad aseguradora en el sector de las energías renovables" 2008/2009
- 50.- Anna Juncá Puig: "Una nueva metodología de fidelización en el sector asegurador" 2003/2004
- 51.- Ignacio Lacalle Goría: "El artículo 38 Ley Contrato de Seguro en la Gestión de Siniestros. El procedimiento de peritos" 2004/2005
- 52.- M^a Carmen Lara Ortíz: "Solvencia II. Riesgo de ALM en Vida" 2003/2004
- 53.- Haydée Noemí Lara Téllez: "El nuevo sistema de Pensiones en México" 2004/2005
- 54.- Marta Leiva Costa: "La reforma de pensiones públicas y el impacto que esta modificación supone en la previsión social" 2010/2011

- 55.- Victoria León Rodríguez: "Problemàtica del aseguramiento de los Jóvenes en la política comercial de las aseguradoras" 2010/2011
- 56.- Pilar Lindín Soriano: "Gestión eficiente de pólizas colectivas de vida" 2003/2004
- 57.- Víctor Lombardero Guarner: "La Dirección Económico Financiera en el Sector Asegurador" 2010/2011
- 58.- Maite López Aladros: "Análisis de los Comercios en España. Composición, Evolución y Oportunidades de negocio para el mercado asegurador" 2008/2009
- 59.- Josep March Arranz: "Los Riesgos Personales de Autónomos y Trabajadores por cuenta propia. Una visión de la oferta aseguradora" 2005/2006
- 60.- Miquel Maresch Camprubí: "Necesidades de organización en las estructuras de distribución por mediadores" 2010/2011
- 61.- José Luis Marín de Alcaraz: "El seguro de impago de alquiler de viviendas" 2007/2008
- 62.- Miguel Ángel Martínez Boix: "Creatividad, innovación y tecnología en la empresa de seguros" 2005/2006
- 63.- Susana Martínez Corveira: "Propuesta de Reforma del Baremo de Autos" 2009/2010
- 64.- Inmaculada Martínez Lozano: "La Tributación en el mundo del seguro" 2008/2009
- 65.- Dolors Melero Montero: "Distribución en bancaseguros: Actuación en productos de empresas y gerencia de riesgos" 2008/2009
- 66.- Josep Mena Font: "La Internalización de la Empresa Española" 2009/2010
- 67.- Angela Milla Molina: "La Gestión de la Previsión Social Complementaria en las Compañías de Seguros. Hacia un nuevo modelo de Gestión" 2004/2005
- 68.- Montserrat Montull Rossón: "Control de entidades aseguradoras" 2004/2005
- 69.- Eugenio Morales González: "Oferta de licuación de patrimonio inmobiliario en España" 2007/2008
- 70.- Lluís Morales Navarro: "Plan de Marketing. División de Bancaseguros" 2003/2004
- 71.- Sonia Moya Fernández: "Creación de un seguro de vida. El éxito de su diseño" 2006/2007
- 72.- Rocio Moya Morón: "Creación y desarrollo de nuevos Modelos de Facturación Electrónica en el Seguro de Salud y ampliación de los modelos existentes" 2008/2009
- 73.- María Eugenia Mugerza Goya: "Bancaseguros. La comercialización de Productos de Seguros No Vida a través de redes bancarias" 2005/2006
- 74.- Ana Isabel Mullor Cabo: "Impacto del Envejecimiento en el Seguro" 2003/2004
- 75.- Estefanía Nicolás Ramos: "Programas Multinacionales de Seguros" 2003/2004
- 76.- Santiago de la Nogal Mesa: "Control interno en las Entidades Aseguradoras" 2005/2006
- 77.- Antonio Nolasco Gutiérrez: "Venta Cruzada. Mediación de Seguros de Riesgo en la Entidad Financiera" 2006/2007
- 78.- Francesc Ocaña Herrera: "Bonus-Malus en seguros de asistencia sanitaria" 2006/2007
- 79.- Antonio Olmos Francino: "El Cuadro de Mando Integral: Perspectiva Presente y Futura" 2004/2005
- 80.- Luis Palacios García: "El Contrato de Prestación de Servicios Logísticos y la Gerencia de Riesgos en Operadores Logísticos" 2004/2005
- 81.- Jaume Paris Martínez: "Segmento Discapacitados. Una oportunidad de Negocio" 2009/2010
- 82.- Martín Pascual San Martín: "El incremento de la Longevidad y sus efectos colaterales" 2004/2005
- 83.- Montserrat Pascual Villacampa: "Proceso de Tarificación en el Seguro del Automóvil. Una perspectiva técnica" 2005/2006

- 84.- Marco Antonio Payo Aguirre: "La Gerencia de Riesgos. Las Compañías Cautivas como alternativa y tendencia en el Risk Management" 2006/2007
- 85.- Patricia Pérez Julián: "Impacto de las nuevas tecnologías en el sector asegurador" 2008/2009
- 86.- María Felicidad Pérez Soro: "La atención telefónica como transmisora de imagen" 2009/2010
- 87.- Marco José Piccirillo: "Ley de Ordenación de la Edificación y Seguro. Garantía Decenal de Daños" 2006/2007
- 88.- Irene Plana Güell: "Sistemas d'Informació Geogràfica en el Sector Assegurador" 2010/2011
- 89.- Sonia Plaza López: "La Ley 15/1999 de Protección de Datos de carácter personal" 2003/2004
- 90.- Pere Pons Pena: "Identificación de Oportunidades comerciales en la Provincia de Tarragona" 2007/2008
- 91.- María Luisa Postigo Díaz: "La Responsabilidad Civil Empresarial por accidentes del trabajo. La Prevención de Riesgos Laborales, una asignatura pendiente" 2006/2007
- 92.- Jordi Pozo Tamarit: "Gerencia de Riesgos de Terminales Marítimas" 2003/2004
- 93.- Francesc Pujol Niñerola: "La Gerencia de Riesgos en los grupos multisectoriales" 2003-2004
- 94.- M^a del Carmen Puyol Rodríguez: "Recursos Humanos. Breve mirada en el sector de Seguros" 2003/2004
- 95.- Antonio Miguel Reina Vidal: "Sistema de Control Interno, Compañía de Vida. Bancaseguros" 2006/2007
- 96.- Marta Rodríguez Carreiras: "Internet en el Sector Asegurador" 2003/2004
- 97.- Juan Carlos Rodríguez García: "Seguro de Asistencia Sanitaria. Análisis del proceso de tramitación de Actos Médicos" 2004/2005
- 98.- Mónica Rodríguez Nogueiras: "La Cobertura de Riesgos Catastróficos en el Mundo y soluciones alternativas en el sector asegurador" 2005/2006
- 99.- Susana Roquet Palma: "Fusiones y Adquisiciones. La integración y su impacto cultural" 2008/2009
- 100.- Santiago Rovira Obradors: "El Servei d'Assegurances. Identificació de les variables clau" 2007/2008
- 101.- Carlos Ruano Espí: "Microseguro. Una oportunidad para todos" 2008/2009
- 102.- Mireia Rubio Cantisano: "El Comercio Electrónico en el sector asegurador" 2009/2010
- 103.- María Elena Ruíz Rodríguez: "Análisis del sistema español de Pensiones. Evolución hacia un modelo europeo de Pensiones único y viabilidad del mismo" 2005/2006
- 104.- Eduardo Ruiz-Cuevas García: "Fases y etapas en el desarrollo de un nuevo producto. El Taller de Productos" 2006/2007
- 105.- Pablo Martín Sáenz de la Pascua: "Solvencia II y Modelos de Solvencia en Latinoamérica. Sistemas de Seguros de Chile, México y Perú" 2005/2006
- 106.- Carlos Sala Farré: "Distribución de seguros. Pasado, presente y tendencias de futuro" 2008/2009
- 107.- Ana Isabel Salguero Matarín: "Quién es quién en el mundo del Plan de Pensiones de Empleo en España" 2006/2007
- 108.- Jorge Sánchez García: "El Riesgo Operacional en los Procesos de Fusión y Adquisición de Entidades Aseguradoras" 2006/2007
- 109.- María Angels Serral Floreta: "El lucro cesante derivado de los daños personales en un accidente de circulación" 2010/2011
- 110.- David Serrano Solano: "Metodología para planificar acciones comerciales mediante el análisis de su impacto en los resultados de una compañía aseguradora de No Vida" 2003/2004

- 111.- Jaime Siberta Durán: "Calidad. Obtención de la Normativa ISO 9000 en un centro de Atención Telefónica" 2003/2004
- 112.- María Jesús Suárez González: "Los Poolings Multinacionales" 2005/2006
- 113.- Miguel Torres Juan: "Los siniestros IBNR y el Seguro de Responsabilidad Civil" 2004/2005
- 114.- Carlos Travé Babiano: "Provisiones Técnicas en Solvencia II. Valoración de las provisiones de siniestros" 2010/2011
- 115.- Rosa Viciano García: "Banca-Seguros. Evolución, regulación y nuevos retos" 2007/2008
- 116.- Ramón Vidal Escobosa: "El baremo de Daños Personales en el Seguro de Automóviles" 2009/2010
- 117.- Tomás Wong-Kit Ching: "Análisis del Reaseguro como mitigador del capital de riesgo" 2008/2009
- 118.- Yibo Xiong: "Estudio del mercado chino de Seguros: La actualidad y la tendencia" 2005/2006
- 119.- Beatriz Bernal Callizo: "Póliza de Servicios Asistenciales" 2003/2004
- 120.- Marta Bové Badell: "Estudio comparativo de evaluación del Riesgo de Incendio en la Industria Química" 2003/2004
- 121.- Ernest Castellón Teixidó: "La edificación. Fases del proceso, riesgos y seguros" 2004/2005
- 122.- Sandra Clusella Giménez: "Gestió d'Actius i Passius. Inmunització Financera" 2004/2005
- 123.- Miquel Crespí Argemí: "El Seguro de Todo Riesgo Construcción" 2005/2006
- 124.- Yolanda Dengra Martínez: "Modelos para la oferta de seguros de Hogar en una Caja de Ahorros" 2007/2008
- 125.- Marta Fernández Ayala: "El futuro del Seguro. Bancaseguros" 2003/2004
- 126.- Antonio Galí Isus: "Inclusión de las Energías Renovables en el sistema Eléctrico Español" 2009/2010
- 127.- Gloria Gorbea Bretones: "El control interno en una entidad aseguradora" 2006/2007
- 128.- Marta Jiménez Rubio: "El procedimiento de tramitación de siniestros de daños materiales de automóvil: análisis, ventajas y desventajas" 2008/2009
- 129.- Lorena Alejandra Libson: "Protección de las víctimas de los accidentes de circulación. Comparación entre el sistema español y el argentino" 2003/2004
- 130.- Mario Manzano Gómez: "La responsabilidad civil por productos defectuosos. Solución aseguradora" 2005/2006
- 131.- Àlvar Martín Botí: "El Ahorro Previsión en España y Europa. Retos y Oportunidades de Futuro" 2006/2007
- 132.- Sergio Martínez Olivé: "Construcción de un modelo de previsión de resultados en una Entidad Aseguradora de Seguros No Vida" 2003/2004
- 133.- Pilar Miracle Vázquez: "Alternativas de implementación de un Departamento de Gestión Global del Riesgo. Aplicado a empresas industriales de mediana dimensión" 2003/2004
- 134.- María José Morales Muñoz: "La Gestión de los Servicios de Asistencia en los Multirriesgo de Hogar" 2007/2008
- 135.- Juan Luis Moreno Pedroso: "El Seguro de Caución. Situación actual y perspectivas" 2003/2004
- 136.- Rosario Isabel Pastrana Gutiérrez: "Creació d'una empresa de serveis socials d'atenció a la dependència de les persones grans enfocada a productes d'assegurances" 2007/2008
- 137.- Joan Prat Rifá: "La Previsió Social Complementaria a l'Empresa" 2003/2004
- 138.- Alberto Sanz Moreno: "Beneficios del Seguro de Protección de Pagos" 2004/2005

- 139.- Judith Safont González: "Efectes de la contaminació i del estils de vida sobre les assegurances de salut i vida" 2009/2010
- 140.- Carles Soldevila Mejías: "Models de gestió en companyies d'assegurances. Outsourcing / Insourcing" 2005/2006
- 141.- Olga Torrente Pascual: "IFRS-19 Retribuciones post-empleo" 2003/2004
- 142.- Annabel Roig Navarro: "La importancia de las mutualidades de previsión social como complementarias al sistema publico" 2009/2010
- 143.- José Angel Ansón Tortosa: "Gerencia de Riesgos en la Empresa española" 2011/2012
- 144.- María Mercedes Bernués Burillo: "El permiso por puntos y su solución aseguradora" 2011/2012
- 145.- Sònia Beulas Boix: "Prevención del blanqueo de capitales en el seguro de vida" 2011/2012
- 146.- Ana Borràs Pons: "Teletrabajo y Recursos Humanos en el sector Asegurador" 2011/2012
- 147.- María Asunción Cabezas Bono: "La gestión del cliente en el sector de bancaseguros" 2011/2012
- 148.- María Carrasco Mora: "Matching Premium. New approach to calculate technical provisions Life insurance companies" 2011/2012
- 149.- Eduard Huguet Palouzie: "Las redes sociales en el Sector Asegurador. Plan social-media. El Community Manager" 2011/2012
- 150.- Laura Monedero Ramírez: "Tratamiento del Riesgo Operacional en los 3 pilares de Solvencia II" 2011/2012
- 151.- Salvador Obregón Gomá: "La Gestión de Intangibles en la Empresa de Seguros" 2011/2012
- 152.- Elisabet Ordóñez Somolinos: "El sistema de control Interno de la Información Financiera en las Entidades Cotizadas" 2011/2012
- 153.- Gemma Ortega Vidal: "La Mediación. Técnica de resolución de conflictos aplicada al Sector Asegurador" 2011/2012
- 154.- Miguel Ángel Pino García: "Seguro de Crédito: Implantación en una aseguradora multirramo" 2011/2012
- 155.- Genevieve Thibault: "The Costumer Experience as a Sorce of Competitive Advantage" 2011/2012
- 156.- Francesc Vidal Bueno: "La Mediación como método alternativo de gestión de conflictos y su aplicación en el ámbito asegurador" 2011/2012
- 157.- Mireia Arenas López: "El Fraude en los Seguros de Asistencia. Asistencia en Carretera, Viaje y Multirriesgo" 2012/2013
- 158.- Lluís Fernández Rabat: "El proyecto de contratos de Seguro-IFRS4. Expectativas y realidades" 2012/2013
- 159.- Josep Ferrer Arilla: "El seguro de decesos. Presente y tendencias de futuro" 2012/2013
- 160.- Alicia García Rodríguez: "El Cuadro de Mando Integral en el Ramo de Defensa Jurídica" 2012/2013
- 161.- David Jarque Solsona: "Nuevos sistemas de suscripción en el negocio de vida. Aplicación en el canal bancaseguros" 2012/2013
- 162.- Kamal Mustafá Gondolbeu: "Estrategias de Expansión en el Sector Asegurador. Matriz de Madurez del Mercado de Seguros Mundial" 2012/2013
- 163.- Jordi Núñez García: "Redes Periciales. Eficacia de la Red y Calidad en el Servicio" 2012/2013
- 164.- Paula Núñez García: "Benchmarking de Autoevaluación del Control en un Centro de Siniestros Diversos" 2012/2013

165.- Cristina Riera Asensio: "Agregadores. Nuevo modelo de negocio en el Sector Asegurador" 2012/2013

166.- Joan Carles Simón Robles: "Responsabilidad Social Empresarial. Propuesta para el canal de agentes y agencias de una compañía de seguros generalista" 2012/2013

167.- Marc Vilardebó Miró: "La política de inversión de las compañías aseguradoras ¿Influirá Solvencia II en la toma de decisiones?" 2012/2013

