

ASPECTOS
INSTITUCIONALES Y JURÍDICOS

Actuaría en Colombia
Análisis normativo del sector asegurador

Fabio Ortiz, Juan Felipe Restrepo

Los autores agradecen a Armando Zarruk, Diana Lancheros, Felipe Baquero, Juan Pablo Roa y María José Vargas por sus valiosas sugerencias.

1. HISTORIA DE LA ACTUARÍA EN EL MUNDO

El término actuario¹ no tiene un significado en sí mismo, sino a través de referencias históricas. Es así como los romanos, al organizar su imperio, tuvieron que proveer diferentes cargos y funciones, en el terreno administrativo, militar, político y religioso. Cuidadosos en consignar por escrito, en textos, los hechos más significativos del acontecer del imperio, encargaron al actuario la tarea de consignar las actas del Senado o las palabras que se hablaban en los juicios, algo así como un escribiente. A partir de un pasado honrado, aunque poco glorioso, la historia se ha encargado de asignar al actuario de los tiempos modernos la responsabilidad de mantener el equilibrio técnico, algo así como balancear las cargas entre el asegurador y su cliente, principalmente en aseguradores, fondos de pensiones y Gobierno.

Para que pudiera desarrollarse la actuaría, tal y como la conocemos hoy, fue necesario el surgimiento y desarrollo de varias disciplinas principalmente la probabilidad y la teoría del interés.

En 1571 el parlamento inglés estableció que prestar dinero era permitido siempre que la tasa de interés no excediera el 10% anual. En 1613 fue publicado el primer libro dedicado al interés compuesto. En este libro Richard Witt resolvió algunos problemas en los que utilizó conceptos que hoy son fundamentales ,tales como el valor presente².

1 Tomado del texto que publica el actuario Rodrigo Silva en la página web de la Asociación Colombiana de Actuarios (www.actuarios.org.co).

2 El valor presente corresponde al valor actual de una serie de pagos futuros a una determinada tasa de interés.

Aunque la contribución de ilustres matemáticos como Pierre de Fermat (1601-1665) o Blaise Pascal (1623 – 1662) fue fundamental en el inicio de la teoría de probabilidad, el primer trabajo publicado fue el de Christian Huygens en 1657. Uno de los principales resultados de este trabajo establecía lo siguiente: si se tienen p chances de ganar a y q chances de ganar b , los dos chances siendo iguales el valor que se espera recibir equivale a $(pa + qb)/(p+q)$.

Una de las razones por las cuales la probabilidad no se había desarrollado antes, fue la creencia religiosa de que todos los eventos dependen de la voluntad de Dios. En este contexto se consideraba una blasfemia estudiar la probabilidad de ocurrencia de un evento, y no tenía sentido observar la frecuencia de eventos, ocurridos en el pasado, pues este podía no ser un buen indicador de las decisiones de Dios en el futuro. El trabajo, publicado en 1619 por Thomas Gataker, un clérigo de la iglesia de Londres que propuso que la providencia de Dios se manifestaba por sí sola, únicamente en ocasiones excepcionales, y que la mayor parte de los eventos ocurrían de manera natural sin la intervención de Dios, fue importante para generar un cambio de pensamiento que permitió el avance de esta disciplina.

En el desarrollo de la actuaría también fue importante el análisis de datos de mortalidad. A raíz de la peste negra, la iglesia en Londres empezó a recolectar estadísticas sobre matrimonios, muertes y bautizos, incluyendo causas de muerte. En 1604 estas estadísticas comenzaron a ser vendidas y a partir de estas Jhon Graunt construyó una de las primeras tablas de mortalidad³ que fue publicada en 1662 en su libro *“Natural and Political Observations Made Upon*

3 Una tabla de mortalidad representa un estimado de la distribución del tiempo de sobrevivencia de los miembros de una población. Las tablas de mortalidad permiten estimar la probabilidad de que una persona de edad x sobreviva un determinado número de años y son la base para la tarificación en seguros de vida.

the Bills of Mortality". Aunque en la construcción de esta tabla, Graunt no pudo contar con las edades de muerte, logró llamar la atención sobre la regularidad de los patrones de mortalidad. Posteriormente en 1693 se publicó una tabla de mortalidad más completa en la obra de Edmond Halley titulada "*An Estimate of the Degrees of the Mortality of Mankind, drawn from curious Tables of the Births and Funerals at the City of Breslaw; with an Attempt to ascertain the Price of Annuities*". En esta obra Halley analizó los registros de nacimientos y muertes por edad y sexo en la ciudad de Breslaw para los años de 1687 a 1691 e incluyó el valor de una anualidad, descontada al 6% anual para ciertas edades.

En 1762 se formó la "Society for Equitable Assurance on Lives and Survivorship", la primera compañía en utilizar métodos técnicos para el cálculo de tarifas de sus pólizas de vida de largo plazo. Fue precisamente esta compañía la que usó por primera vez la designación de "Actuario" en el contexto de seguros como lo entendemos hoy. Otros avances en la ciencia actuarial fueron la construcción de tablas de mortalidad con base en la experiencia de la industria aseguradora inglesa durante el siglo XIX, y el desarrollo de métodos de graduación. También vale la pena destacar la teoría de inmunización de Redington publicada en 1952, en la cual se discute el calce de la duración de los activos con la duración de los pasivos, para reducir la posibilidad de pérdidas debido a cambios en las tasas de interés.

2.FORJADORES EN COLOMBIA

2.1 JULIO GARAVITO

El ilustre ingeniero y matemático Julio Garavito nació en Bogotá el 5 de enero de 1865 y en 1887 ingresó a la Escuela de Ingenieros de la Universidad Nacional y se matriculó también en los cursos más avanzados de la matemática. Hacia 1890, un año antes de culminar sus estudios, Garavito publicó su primer artículo en la revista *Anales de Ingeniería*, la cual, continuó publicando un sinnúmero de trabajos del científico a lo largo de su vida.

Para el año de 1891, Garavito presentó las tesis correspondientes a los títulos de Profesor en Ciencias Matemáticas y de Ingeniero, obteniendo la máxima calificación en cada uno de ellos y, gracias a su rendimiento académico, fue nombrado profesor de cálculo infinitesimal, mecánica racional y posteriormente de astronomía, cátedras que fueron dictadas bajo su tutela hasta su muerte.

Aunque Garavito hizo grandes aportes en otras áreas como astronomía, matemáticas, e ingeniería, en materia de seguros de vida se destaca por la publicación de un reporte elaborado en 1903, titulado “Cálculo de Primas y Reservas según E. Dormoy”, donde hace una cuantificación de la reserva matemática de los seguros de vida de la Compañía Colombiana de Seguros (hoy Colseguros). El documento, además de su valor histórico, revela claramente las técnicas actuariales usadas en su momento, que por cierto son muy similares a las usadas hasta hoy en los seguros de vida, siempre tratando de adivinar⁴ tasas de interés

4 La palabra “adivinar” se usa a propósito, pues hasta el momento ningún estudio se compromete a

y tendencias de mortalidad para el futuro. Los cálculos de Julio Garavito se han conservado en original a través de los años en los archivos de Colseguros.

2.2 JORGE ACOSTA

El ingeniero Acosta nació en 1891, ingresó a la Universidad Nacional en 1907 y obtuvo el título de Ingeniero en el año de 1912. Casualmente, Acosta fue el heredero de la cátedra de cálculo diferencial e integral de Julio Garavito en la Facultad de Matemáticas e Ingeniería de la Universidad Nacional, así como uno de los fundadores de la Sociedad Colombiana de Matemáticas.

Acosta trabajó en la Superintendencia Bancaria desempeñándose como jefe de la sección de seguros en donde tuvo la oportunidad de adelantar uno de sus grandes aportes a los seguros en Colombia. Fue el responsable de la elaboración de la primera tabla colombiana de mortalidad de asegurados, que fue graduada según el método de Makeham y que reemplazaría la utilización de tablas de mortalidad de otros países.

Ya para 1930, las compañías de seguros de vida establecidas en Colombia tenían información de mortalidad de sus asegurados que podía ser útil para la construcción de una tabla con base en información local. Sería la Superintendencia Bancaria (hoy Superintendencia Financiera) creada en 1923 y encargada de la supervisión de las compañías aseguradoras, la que exigió a las compañías la información de mortalidad disponible de los 20 años comprendidos entre el 1 de enero de 1909 y el 31 de diciembre de 1928, de los individuos entre 15 y 70 años.

fijar con cierta exactitud las tasas de interés y las tasas de mortalidad del futuro.

Acosta consideraba que conocer la mortalidad de los habitantes del país era indispensable no sólo para que las compañías de seguros hicieran los cálculos en rentas vitalicias y seguros de vida sino también para que las autoridades encargadas de su vigilancia protegieran los intereses de los asegurados. Además, buscó tener tanto tablas de mortalidad, como tasas de interés uniformes para establecer el mínimo de reservas que las compañías de seguros de vida debían tener para el cumplimiento de las obligaciones con sus asegurados.

2.3 PETER THULLEN

Peter Thullen nació en 1907 en Alemania. Matemático de profesión, recibió su doctorado en matemáticas en 1931 en la Universidad de Münster en el cual exploró el área de funciones analíticas complejas de varias variables. En 1946 el profesor Thullen fue uno de los primeros especialistas en cálculos actuariales que ayudó en la elaboración de la ley de seguridad social de 1946. Años más tarde el distinguido profesor Thullen fue una pieza clave para la organización del Instituto Colombiano de Seguros Sociales en materia de actuaría.

Thullen vino a trabajar a la Compañía Colombiana de Seguros (Colseguros) en 1947 como actuario. Al mismo tiempo continuó asesorando la formación del Instituto Colombiano de Seguros Sociales y colaboraba con la Escuela Normal Superior. Según F. Socarrás, rector de ésta en la época, Thullen dictaba matemática aplicada.

La llegada de Thullen a la Compañía Colombiana de Seguros se dio por gestión de Jorge Szauer, quien fue posiblemente el primer actuario formado en el área que ejerció en el país.

2.4 JORGE SZAUER

En Colombia Thullen fue gran amigo de Jorge Szauer, actuario húngaro que llegó a Colombia en 1940. Nacido en la ciudad de Szilsarkany en 1901, estudió secundaria en el colegio de Győr, y en Austria estudió contaduría y luego matemáticas y estadística en la Universidad de Viena, la cual le confirió el título de actuario hacia 1930. Según María T. Szauer, su hija, desde su llegada a Colombia se vinculó a la Compañía Colombiana de Seguros como actuario jefe, siendo el primer actuario profesional en el país.

A finales de la década de los cincuenta abrió una oficina de consultoría en Bogotá con el ingeniero Jorge Acosta Villaveces y fue consultor independiente, en Colombia y en otros países, conjuntamente con Gonzalo Arroba, hasta el final de su vida.

2.5 GONZALO ARROBA

Discípulo de Thullen, el actuario Gonzalo Arroba se destacó por difundir (1967) el régimen de prima media escalonada en el país y por sentar las bases técnicas para la creación de las tablas de mortalidad propias de los rentistas.

En el estudio adelantado en 1961 por el Dr. Arroba, actuario consultor del ISS, "*Informe Financiero-Actuarial sobre la Extensión del Seguro Social Colombiano a los riesgos de Invalidez, Vejez y Muerte*" presento varios planteamientos sobre sus consideraciones a lo que debería ser bases técnicas del sistema de seguridad social colombiano.

Arroba determinó también, en 1967, que el Instituto de Seguros Sociales, podría funcionar con una cotización tripartita para la pensión equivalente al 8% del salario durante los primeros cinco años, y que se elevaría cada quinquenio

en cuatro puntos adicionales hasta llegar al 20%. En otras palabras, Arroba formuló un sistema que debía ir incrementando las cotizaciones en función de la “pirámide de apalancamiento poblacional”. Hoy sólo queda la nostalgia de los cálculos, pues se sabe que las cotizaciones no se incrementaron a los niveles adecuados, y solo contribuyen el empleado y el empleador, con las conocidas consecuencias para Colombia.

2.6 OTROS ACTUARIOS

Luego de la aprobación de la ley de 1946, se estableció el Departamento de Seguro Social en 1947, el cual contaba con un departamento actuarial y este era transitorio mientras se formaba el Instituto. Para su consolidación intervinieron actuarios de la OIT como E. Schoenbaum, R. Metall, G. Pinto de Moura, José Seabra, P. Schwab y en el área estadística el colombiano José Mira Restrepo. Se elaboraron para el Instituto estudios sobre maternidad y fertilidad entre otros. De este departamento debía surgir la organización del Instituto de Seguros Sociales en 1948. Thullen posiblemente hizo parte de tal departamento aunque estaba vinculado a la compañía Colseguros.

En 1948 el brasileño J. Seabra había realizado unos estudios y cálculos para la apertura del Instituto de Seguros Sociales, pero lo sorprendió en Bogotá el 9 de abril de 1948 (día en que estalló una revuelta popular por el asesinato del caudillo Jorge E. Gaitán) y estos estudios, así como sus pertenencias se quemaron en la revuelta y debió regresar de prisa a su país. Peter Thullen y el grupo técnico del Instituto tuvieron que reiniciar y preparar estos estudios en un tiempo de 75 días, ya que además, la tragedia modificó los censos de Bogotá. Este trabajo estadístico actuarial sobre la población asalariada de Bogotá fue el primero de esta naturaleza en Latinoamérica.

En el sector privado también se destaca el liderazgo de Enrique Cortés, quien fundó junto a otros socios Seguros Bolívar, hacia 1940.

3. LA FORMACIÓN ACADÉMICA EN COLOMBIA

En cuanto a la formación de actuarios en el país vemos que desde la época de Don Enrique Cortés quien era ingeniero civil y actuario de Colseguros de donde pasó a Seguros Bolívar, se dejó la formación de estos a las propias compañías. Algunas como Suramericana y Colseguros enviaban jóvenes profesionales a programas en el exterior o traían actuarios como Jorge Szauer y Peter Thullen en Colseguros, y P. Tillingas en Seguros Bolívar.

En esa época, los cursos básicos sobre los cuales se fundamenta gran parte de las ciencias actuariales no eran comunes en las universidades colombianas. Asignaturas como Estadística se veían en programas como el de Ingeniería Civil pero no en otros y cursos de Probabilidad eran desconocidos aún en 1950 en la Universidad Nacional. Los primeros cursos de actuaría en universidades locales comenzarían a dictarse en los años setenta con la creación de la carrera de Estadística en la Universidad Nacional. La carrera fue creada en 1958 liderada por Luis Thorin, quien luego atrajo a profesores de la Facultad de Economía. En 1966 se funda la Sociedad Colombiana de Estadística y hacia 1969 se estructura el currículo con asignaturas que incluyen cálculo actuarial, y demografía.

Ya hacia los años setenta habían regresado al país varios de los colombianos que se habían ido a adelantar estudios en actuaría en el exterior, y junto con los actuarios extranjeros radicados en Colombia constituyeron la Asociación Colombiana de Actuarios (ACA). Fueron los socios fundadores de la ACA, creada el 17 de junio de 1970 en la ciudad de Bogotá, Camilo Pieschacón, Teodoro Diez, Uladislao Prieto, Víctor Sánchez, Antonio Henao, Rafael Tiano,

Carlos Naranjo, Heinrich Turler, Iván Obregón, Daniel Villada, Jorge Szauer y Gustavo Zuluaga. En la actualidad cuenta aproximadamente con unos 50 miembros y 30 candidatos.

En los setenta y ochenta los actuarios participaron en el ordenamiento y desarrollo institucional colombiano, principalmente en la industria aseguradora. Por ejemplo, el desarrollo del Sistema de Seguridad Social en Pensiones a cargo del Instituto del Seguros Social, así como de sistemas de ahorro.

A mediados de los ochenta se empezaría a impartir los primeros cursos en programas de actuaria locales. La Universidad Antonio Nariño en Bogotá creó su especialización en Actuaría (Acuerdo 12 de 1983), que inició en 1984 liderada por el actuario Antonio Lozada, quien estudió en la Universidad de Michigan y trabajó en Colseguros. También colaboraron desde el comienzo en este programa el profesor Víctor Hugo Prieto, del Departamento de Estadística, junto con Luis Moreno, del Departamento de Matemáticas de la Universidad Nacional. Ingresaron al programa funcionarios de la Superintendencia Financiera y otras empresas públicas y privadas. Las materias que incluía eran Probabilidad y Estadística, Teoría del Interés, Análisis de Supervivencia, Contingencias I y II, Teoría del Riesgo, Electivas y Práctica Actuarial y debían tomar cursos previos de legislación de seguros y contabilidad. Hoy registra alrededor de 40 egresados.

Con el surgimiento de nuevos actuarios formados en el país, en 1992 se creó la Asociación Profesional de Actuarios (APA), y algunos de sus miembros fundadores fueron Antonio Lozada, Edgar Otálora, Luis Moreno, Antonio Serrano, Alfonso Guzmán, Alberto Granados y Humberto Navarro. En la actualidad cuenta con 30 miembros aproximadamente.

Por su parte, en la Universidad Nacional se comenzaron a impartir cursos como parte de un programa formal en actuaría a comienzos de los años noventa, después de que una de las modificaciones más significativas de la carrera de matemáticas en 1989 creara la línea de actuaría como una de cinco líneas de profundización para los estudiantes de matemáticas. En ese entonces, algunos de los cursos que se dictaban en el pregrado de Matemáticas como parte de las electivas en actuaría incluían los siguientes: teoría del interés, contingencias de vida I y II, teoría de la medida, procesos estocásticos, teoría de la decisión, modelos de sobrevivencia y métodos de graduación, entre otros.

Posteriormente y con el apoyo económico de la Fundación Central Seguros (20 mil dólares) se crea en 1993 el Programa de Especialización en Actuaría, que fue fortalecido con profesores mexicanos y especialistas del sector productivo. En 1996 se graduaron los primeros estudiantes con un plan de estudios que comprendía las siguientes asignaturas: Probabilidad e inferencia estadística, Teoría del interés, Contingencias I, Contingencias II, Pensiones, Teoría de riesgo, Reaseguros, Modelos de sobrevivencia, una práctica actuarial y un trabajo final. Actualmente se estima en 50 el número de sus egresados.

Con el objetivo de fortalecer y complementar la formación de la especialización y para adecuar la formación local a aquella que se imparte en el exterior, en la actualidad la Universidad Nacional está trabajando en una propuesta de Maestría en Actuaría.

En los años recientes, en la Universidad de los Andes se ha creado un convenio con ISFA Universidad de Lyon (Francia), mediante el cual los egresados de la primera pueden realizar estudios de postgrado en el área de actuaría y simultáneamente trabajar en este campo en Francia.

En los años recientes, tanto los Departamentos de Matemáticas de la Universidad de los Andes y de la Universidad Nacional como las asociaciones de actuarios ACA y APA han aunado esfuerzos tendientes a promover la divulgación e intercambio de profesionales y estudiantes en actuaría, y han organizado conjuntamente simposios en actuaría en 2006, 2009 y 2011, en donde han participado no solo reconocidos académicos en actuaria y finanzas, sino también líderes de la industria de seguros y pensiones en Colombia. Así mismo se está trabajando en una propuesta para reglamentar la profesión de actuario en el país.

4.FUNCIONES DE LOS ACTUARIOS

Un actuario es un profesional que analiza y cuantifica las implicaciones financieras de riesgos futuros inciertos. Su formación requiere un perfil altamente cuantitativo en la gestión y administración de riesgos y pasivos contingentes, para lograr el equilibrio financiero y la garantía de la solvencia financiera de planes y estrategias en sistemas de aseguramiento y en el sector financiero.

Dentro de los campos de acción del actuario se encuentran las áreas de Seguros y Pensiones, Seguridad Social, Finanzas, y Riesgos, entre otras, en donde se pueden mencionar actividades como las siguientes:

4.1 Seguros y Pensiones

- Elaborar las notas técnicas y los modelos actuariales con relación a los eventos de muerte, invalidez, accidente, enfermedad, y en general aquellos de naturaleza contingente.
- Calcular las probabilidades relacionadas con eventos inciertos que pueden afectar la integridad del patrimonio como por ejemplo incendio, robo, hurto, desastres naturales, y calcular las primas en seguros de personas, seguros de daños y reaseguros;
- Elaborar las bases de cálculo de las reservas monetarias requeridas para hacer frente a los pasivos contingentes derivados de los compromisos asumidos, teniendo en cuenta las condiciones de liquidez y solvencia, y calcular las reservas matemáticas, técnicas y actuariales en seguros, reaseguros y pensiones, y capitales necesarios para afrontar riesgos y garantizar la solvencia financiera.

4.2 Seguridad Social

- Evaluaciones y proyecciones de suficiencia y solvencia financiera en los sistemas de pensiones, salud y riesgos profesionales y servicios sociales complementarios;
- Evaluaciones económicas y su impacto financiero, de los pasivos contingentes, de las variaciones en precio, frecuencias, uso de tecnología, nivel de hotelería, y en general variaciones en los componentes del riesgo en salud;
- Evaluaciones y proyecciones frente a los pasivos contingentes en los Sistemas de Pensiones y de Riesgos Profesionales.

4.3 Área Financiera

- Evaluar y optimizar estrategias de inversión y financiamiento.
- Evaluación de la viabilidad y rendimiento de estrategias de inversión buscando la reducción de los impactos financieros y la minimización de los riesgos.
- Realizar estudios sobre viabilidad, rendimiento y riesgo de proyectos.
- Realizar estudios específicos de Riesgo Financiero, Riesgo de Crédito, Riesgo de Liquidez, Riesgo Operativo y demás Riesgos Financieros en la operación de las entidades.

4.4 Gestión de Riesgos

- Gestionar integralmente los riesgos de la organización en cualquier industria, mediante la identificación, análisis, evaluación, tratamiento, mitigación y monitoreo de todos los tipos de riesgos.
- Cuantificar los riesgos de la organización.

5. UN EJEMPLO DE TARIFACIÓN DE INTERÉS GENERAL

Por ser el SOAT (Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito) un seguro de dominio público y por estar involucrados en el cálculo de su tarifa actuarios afiliados a la ACA (en la tarifación original del SOAT participaron los actuarios Aristóbulo Valderrama y Jesús Lisardo Barrios), hemos optado por usarlo como ejemplo de un modelo de tarifación.

El SOAT fue creado por la Ley 33 de 1986, y reglamentado por el decreto 2544 de 1988 y el decreto 460, que garantiza la obligatoriedad de este seguro. Es un seguro con un vencimiento y renovación obligatoria anual, que ampara gastos médicos, quirúrgicos y hospitalarios, incapacidad permanente, muerte, gastos funerarios y gastos de transporte de las víctimas a los centros hospitalarios. De esta manera el SOAT es un mecanismo de transferencia de riesgo en el que las personas, en caso de ser víctimas de un accidente de tránsito, tienen las coberturas requeridas para atender este suceso contingente.

Con respecto a las tarifas del SOAT es importante mencionar que éstas son reguladas por el Gobierno a través de la Superintendencia Financiera de Colombia. Las tarifas del SOAT no son homogéneas, es decir hay un diferencial que depende del tipo de vehículo asegurado y a mayor riesgo, mayor tasa.

Los estudios actuariales para la estructura de tarifas del SOAT⁵ tienen como base las cifras históricas del ramo relacionadas con el número de asegurados

5 Valderrama, Aristóbulo y Barrios, Jesús. “Instructivo para el proceso de cálculo de la prima pura de riesgo para el seguro de automóviles”. Fasecolda, Bogotá.

expuestos y el monto de las indemnizaciones desembolsadas de acuerdo a la cobertura en cuestión. Esta última variable nos permite cuantificar la materialización del riesgo, donde los factores más relevantes en la variable de pérdida, son la ocurrencia del evento y la severidad del mismo.

La tarifa del SOAT está compuesta de cuatro primas:

1. Prima Pura: valor esperado de la variable aleatoria que cuantifica el riesgo.
2. Prima de la Compañía: recargo conocido como coeficiente por seguridad, que permite ampliar la posibilidad de cumplir con las obligaciones por parte de la compañía y cubrir el factor de gastos administrativos de la misma.
3. Prima comercial: es el resultado de modificar la prima de la compañía con las contribuciones al Fonsat (20%) y al Fondo de Prevención Vial (3%).
4. Prima Final: prima pagada por los usuarios, es la suma de la prima comercial más la contribución del Fosyga (50% de la prima comercial).

El último estudio actuarial desarrollado por la SFC para el cálculo de la prima pura y comercial del SOAT especifica 9 tipos de vehículos que se dividen por subgrupos según antigüedad, obteniéndose 34 categorías finales.

De esta manera se define la frecuencia anual de reclamos para la categoría i , donde i es el código asignado a cada una de las 34 categorías como:

$$FR_i = \frac{\text{Número Siniestros}_i}{\text{Años Expuesto}_i}$$

Donde $\text{Número Siniestros}_i$ es el número de siniestros para la categoría i , y Años Expuesto_i son los años de exposición para la categoría i .

La variable \bar{S}_i se define como el valor promedio del siniestro en número de salarios mínimos legales vigentes para la categoría i , de esta manera:

$$\bar{S}_i = \frac{\sum_{k=1}^{NumSiniestros_i} S_k}{Número\ Siniestros_i}$$

Con la variable de frecuencia anual de reclamos y con la variable de valor medio de siniestro se construye la variable de tasa pura bruta anual en salarios mínimos legales vigentes para la categoría i como:

$$Tasa\ Pura_i = FR_i * \bar{S}_i$$

A partir de la tasa pura para cada categoría i , se obtiene el valor promedio que se debe pagar para compensar los siniestros de cada categoría, con el objetivo de aumentar las posibilidades de cumplir con las obligaciones y cubrir los gastos administrativos de la compañía, se ajusta la tasa pura con un recargo por seguridad y un factor de descuento dados por θ y J :

La variable θ denota el recargo que relaciona la probabilidad α de que la prima sea inadecuada, es decir:

$$\begin{aligned} \alpha &= P\left(Monto\ Total\ Reclamos \geq Prima\ Recaudada \right) \\ &= P(S \geq P) = P[S \geq (1 + \theta)E(S)] = P\left(\frac{S - E(S)}{\sigma_s} \geq \theta \frac{E(S)}{\sigma_s} \right) \end{aligned}$$

Donde $\theta E(S) / \sigma_s$ es el percentil $100(1 - \alpha)$ de la distribución norma estándar la cual se indica por $Z_{1-\alpha}$, de esta manera:

$$\theta = Z_{1-\alpha} * \frac{\sigma_s}{E(S)} = Z_{1-\alpha} * CV_S$$

En el último estudio actuarial el factor de seguridad se estimó en un 1%.

La variable J es la tasa anual de descuento que asocia el valor de la DTF anual, con estas consideraciones, la prima pura anual en salarios mínimos legales vigentes para la categoría i queda definida como:

$$PP_i = \frac{TasaPura_i * (1 + \theta)}{\sqrt{(1 + J)}}$$

Finalmente la tasa comercial anual en salarios mínimos legales vigentes queda definida como:

$$Prima\ Comercial_i = \frac{PP_i}{(1 - C)(1 - P_{Fonprevial} - P_{Fonsat})}$$

Donde C es el factor de gastos de aseguradora (comisiones, papelería, etc.) que se establece en un 23%, $P_{Fonprevial}$ es la contribución del 3% al Fondo de Prevención Vial y P_{Fonsat} es la contribución al Fonsat del 20%.

5. RETOS Y PERSPECTIVAS

Son varios los retos que deben enfrentar los actuarios en los años venideros. Los actuarios han desarrollado sus labores tradicionalmente en los seguros, sin embargo en los últimos años la convergencia del sector asegurador y financiero así como el surgimiento de operaciones cada vez más sofisticada ha requerido un sistema de cuantificación y administración del riesgo más robusto creando a su vez nuevas oportunidades para profesionales expertos en estas áreas. Aun cuando las finanzas modernas no habían sido reconocidas como una herramienta fundamental para los actuarios, su contribución al desarrollo de las mismas ya sido reconocida a nivel internacional.

A diferencia de otras profesiones más tradicionales, en Colombia la profesión de actuario no está reglamentada, es decir, los actuarios no cuentan con una tarjeta profesional que acredite quién es idóneo para ejercer como tal. En el corto plazo, la reglamentación de la profesión es una de las principales tareas en las que deben involucrarse asociaciones, universidades, gobierno, gremios y todos aquellos interesados en las ciencias actuariales.

Otro de los retos que enfrenta el país es la difusión y formación profesional en la actuaría. En Colombia existen aproximadamente 200 profesionales que ejercen en actuaría, algunos agremiados en la Asociación Colombiana de Actuarios, o la Asociación Profesional de Actuarios, otros egresados de las especializaciones de actuaría locales o autodidactas con una amplia experiencia en el área.

Finalmente, las condiciones de un mundo moderno y cambiante, hacen que los actuarios deban desarrollar nuevas habilidades. No solamente se necesita la habilidad para manejar conceptos y símbolos matemáticos en abstracto, sino también la capacidad para asociarlos y modelarlos a situaciones y productos específicos. En adición a estas destrezas técnicas, también son necesarias otras habilidades como el trabajo en equipo y la facilidad para comunicar resultados y sus implicaciones económicas a diferentes públicos.

6. REFERENCIAS

Indicamos por separado las primeras 2 referencias que no tienen autor y son documentos del siglo XIX, de las referencias siguientes que están dadas por iniciales de autor o publicación.

[1] *Condiciones Generales que la Compañía Colombiana de Seguros establece para los seguros marítimos, fluviales y terrestres.* (1875). Bogotá: Imprenta de Medardo Rivas.

[2] *Juicio por arbitramento ente varios embarcadores de frutos de exportación perdidos en el naufragio del vapor Francia-Elena y la Compañía Colombiana de Seguros.* (1877). Bogotá: Imprenta de Echavarría Hermanos.

[Al] Aldana, A. (1921). *Seguro de vida.* Tesis de grado. Bogotá: Imprenta del EMG.

[Do] Dormoy, E. (1878). *Théorie mathématique des assurances sur la vie.* París: Gauthier Villars.

[Ga2] Garavito, J. (1931). El seguro agrícola. *Anales de Ingeniería*, 39(454), 14–20.

[Os] Ospina, L. (1955). *Industria y protección en Colombia 1810–1930.* Medellín: Editorial Santafé.

[Or] Ortiz, F. *Peter Thullen y las matemáticas en los inicios del seguro social en Colombia.* *Lecturas Matemáticas.* v 31, p. 1–23. 2010. SCM.

[Qu] Quintero, J. (1916). *Mérito ejecutivo de las pólizas de seguros.* Banco Unión Colombiano contra Compañía Nacional de Seguros. Bogotá: Imprenta de San Bernardo.

[QuC] Quintero, C. “Bajando las estrellas a la tierra: la astronomía colombiana entre lo local y lo global 1868-1920”. *Saber y tiempo* v. 5, 19, p.68. 2005. U. Nacional de San Martín. Buenos Aires.

[Sal] Salazar, M. (1907). *Seguro de vida.* Tesis para obtener el título de doctor en Derecho y Ciencias Políticas. Universidad Republicana. Bogotá: Imprenta J. Casis.

[Sam] Samper, M. (1925). *Escritos político-económicos.* Bogotá: Editorial Cromos.

[Sch] Schwab, P (1951) *Estudio sobre la fertilidad en Colombia.* Revista seguridad social Instituto de Seguros Sociales.

[Sn1] Sánchez, C.E. (2002). 100 años de historia de la matemática en Colombia 1848–1948. *Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 239–259.

[Sn3] Sánchez, C.E. (1995). Sociedad Colombiana de Matemáticas 40 años. *Lecturas Matemáticas*.

Lewin Chris, Actuarial History. 2007