

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN-LEÓN



Área del Conocimiento de Ciencia y Tecnología

Monografía para optar al título de Licenciado en
Ciencias Actuariales Y Financieras

“PRICING EN SEGURO DE GASTOS MÉDICOS”

Elaborado por:

Johnys Cárdenas Herrera

Tutor: Lic. Roberto José Novoa Rodríguez

León, noviembre 2024



Resumen

Esta monografía tiene como objetivo principal la elaboración de una nota técnica para un seguro de gastos médicos, abordando de manera integral los elementos técnicos y comerciales necesarios para su tarificación. A lo largo del trabajo, se describen las bases técnicas que sustentan el cálculo de primas, incluyendo la identificación de los factores de riesgo, la modelización estadística y la optimización de las tarifas para garantizar tanto la suficiencia de la prima como la competitividad del producto en el mercado.

Este trabajo busca proporcionar una base sólida para el desarrollo de productos de seguros de gastos médicos, alineados con las prácticas actuariales, con una visión integral de protección y rentabilidad.



Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis seres queridos, quienes me han brindado su apoyo incondicional en cada paso de este camino. A mis padres, por su amor, confianza y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mis mentores y profesores, quienes con su sabiduría y paciencia han contribuido a mi crecimiento académico y profesional.

Este logro es fruto de todo el respaldo, las enseñanzas y el cariño que me han ofrecido.



Agradecimiento

Por medio de este trabajo, cumplo uno de los grandes objetivos que me propuse al iniciar mi vida universitaria: contribuir al desarrollo de la sociedad. Creo firmemente que la mejor manera de lograrlo es compartiendo el conocimiento adquirido, y espero que las líneas escritas en esta monografía sirvan de guía para todos los actuarios que busquen implementar nuevos productos que mejoren la calidad de vida de las personas.

Quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible este logro. A mis padres, por su apoyo incondicional, a mis padrinos que me acogieron con mucho amor en su hogar, mis mentores, por las valiosas enseñanzas que me han brindado. También agradezco a mis compañeros de clase e internado, quienes me han acompañado a lo largo de este proceso de aprendizaje y me han inspirado a aprender cada día.

"Como dijo Bernardo de Chartres, *'Nos esse quasi nanos gigantum humeris insidentes, ut possimus plura videre et remotiora quam ipsi, non utique proprii visus acumine, sed quia in altum subvehimur et extollimur magnitudine gigantea.'* ('Somos como enanos sentados sobre los hombros de gigantes, de modo que podemos ver más cosas y más lejos que ellos, no por la agudeza de nuestra propia vista, sino porque somos elevados y llevados en altura por su grandeza gigante').

Este logro no es solo mío, sino de todos los que me han rodeado y contribuido a mi formación. ¡Gracias a todos, se merecen un buen café!



Índice

Resumen	2
Dedicatoria	3
Agradecimiento	4
I. Introducción.....	1
II. Objetivos	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
III. Marco teórico.....	5
Capítulo I. Bases actuariales para la tarificación de seguros.....	5
5.1 El actuario.....	5
5.2 Nota técnica.....	6
5.3 Elementos determinantes en el coste del seguro	7
5.3.1 Elementos intrínsecos	7
5.3.2 Elementos extrínsecos	8
5.4 Conceptos básicos asociados a la tarificación.....	9
5.4.1 Primas	9
5.4.2 Gastos	10
5.4.3 Expuestos	11
5.4.4 Siniestros y reclamaciones	11
5.5 Bases de información.....	12
5.5.1 Información interna	12
5.5.2 Información externa	12
5.5.3 Métodos de agregación de la información	13
5.5.4 Integración de la información.....	14



5.5.5 Información de pólizas.....	15
5.5.6 Información de siniestros.....	16
Capítulo 2. Ajuste de datos	17
5.6 Introducción a la regresión	18
5.7 Modelo de regresión lineal simple.....	18
5.8 Ajuste lineal por el método de mínimos cuadrados	19
5.9 Modelos de regresión no lineales.....	19
5.9.1 Modelo exponencial	19
5.9.2 Modelo logarítmico.....	20
5.9.3 Modelo potencia	20
5.9.4 Polinómico	20
5.10 Bondad de ajuste	20
Capítulo III. Optimización	21
5.11 Introducción a la optimización	21
5.12 Optimización con Excel.....	21
IV. Diseño metodológico	23
V. Resultados	26
Nota técnica	28
Sección I. Presentación.....	28
Sección II. Características generales.....	28
1. Descripción del producto	28
2. Coberturas de la póliza.....	29
3. Exclusiones de la póliza	31
4. Alcance territorial.....	32
5. Canales de distribución.....	32
6. Reaseguro.....	33
7. Hipótesis de cálculo.....	33



Sección III. Bases técnicas	34
1. Metodología de cálculo.....	34
2. Información estadística utilizada	34
3. Fórmula para el cálculo de la prima de riesgo.....	35
Sección IV. Cálculo de la prima de riesgo	36
1. Prima de riesgo global.....	36
2. Prima de riesgo por cobertura, edad y sexo.....	39
3. Prima de Riesgo Sexo Masculino	40
4. Prima de Riesgo Sexo Femenino.....	46
5. Prima de Riesgo Para Hijos.....	52
Sección V. Cálculo de la prima comercial	53
VI. Conclusiones.....	56
VII. Recomendaciones.....	57
VIII. Bibliografía.....	58
IX. Anexos	60
Anexo 1: Asegurados expuestos	61
Anexo 2: Número de siniestros presentados	62
Anexo 3: Monto de los siniestros	63
Anexo 4: Información estadística hijos.....	64
Anexo 5: Bondad de ajuste de los modelos	65
Anexo 6: Cálculo de los parámetros de la regresión lineal.....	66
Anexo 7: Desarrollo polinomio	70
Anexo 8: Definición de los coeficientes del polinomio de orden 3 de la cobertura de maternidad	73
Anexo 9: Propiedades logarítmicas	78
Anexo 10: Propiedades de las sumatorias	78



<i>Tabla 1 Asegurados expuestos por año y cobertura.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 2 Número de siniestros presentados por cobertura y año.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 3 Monto de los siniestros presentados por cobertura y año</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4 Prima de riesgo por cobertura y año</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5 Prima de riesgo por cobertura y rango de edad, sexo masculino.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 6 Prima de riesgo ajustada por cobertura y rango de edad – sexo masculino.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 7 Prima de riesgo por cobertura y rango de edad, sexo femenino.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 8 Prima de riesgo ajustada por cobertura y rango de edad – sexo femenino</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 9 Prima de riesgo para los hijos menores de edad.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 10 Prima comercial por rango de edad y cobertura - sexo masculino.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 11 Prima comercial por rango de edad y cobertura sexo femenino.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 12 Prima comercial para hijos menores</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 13 Resumen de prima comercial.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 14 Asegurados expuestos 2008-2012 - sexo masculino</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 15 Asegurados expuestos 2008-2012 - sexo femenino</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 16 Número de siniestros presentados 2008-2012 - sexo masculino</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 17 Número de siniestros presentados 2008-2012 - Sexo Femenino.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 18 Monto de los siniestros 2008-2012 - sexo masculino.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 19 Monto de los siniestros 2008-2012 - sexo masculino.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 20 Asegurados expuestos 2008-2012 (Hijos 0 – 18 años).....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 21 Reclamos presentados 2008-2012 (Hijos 0 – 18 años)</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 22 Monto de los reclamos 2008-2012 (Hijos 0 – 18 años).....</i>	<i>64</i>



<i>Figura 1 Pantalla de parámetros Solver.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2 Distribución de la prima de riesgo global</i>	<i>38</i>
<i>Figura 3 Prima de riesgo – sexo masculino</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4 Optimización prima - sexo masculino.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 5 Resultado de la optimización prima - sexo masculino</i>	<i>44</i>
<i>Figura 6 Prima de riesgo ajustada – sexo masculino</i>	<i>45</i>
<i>Figura 7 Prima de riesgo – sexo femenino</i>	<i>46</i>
<i>Figura 8 Optimización prima - sexo femenino.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 9 Resultado de la optimización prima - sexo femenino</i>	<i>48</i>
<i>Figura 10 Ajuste de prima de riesgo - sexo femenino</i>	<i>49</i>
<i>Figura 11 Prima de riesgo maternidad.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 12 Prima de riesgo ajustada cobertura de maternidad</i>	<i>51</i>



I. Introducción

El pricing o cálculo de prima es fundamental en el sector asegurador para garantizar el equilibrio técnico de los productos ofertados. En el proceso de tarificación se cuantifica el riesgo asegurado considerando sus causas, impacto y factores que influyen en la agravación o disminución y las características intrínsecas a cada plan comercializado; así como los diversos costos de operación, tales como: gastos de administración, gastos de adquisición, costo de reaseguro, margen de seguridad y la utilidad esperada, por lo que se debe efectuar una correcta tarificación para garantizar la estabilidad financiera de la aseguradora. Las compañías de seguro se apoyan en el actuario para garantizar que las primas cobradas a sus asegurados sean prudentes y suficientes.

Los orígenes del seguro de gastos médicos se remontan a las Hermandades y Cofradías de carácter gremial, mediante las cuales los trabajadores se unieron al objeto de encontrar de forma colectiva una indemnización o asistencia en caso de enfermedad. Estos gremios contrataban a un médico que atendía a la totalidad de sus miembros por igual, de ahí el origen del término “iguales”. El resto de la población buscaba este tipo de prestaciones por vía de la beneficencia, la cual en la mayoría de los casos estaba organizada por la Iglesia. (Herrera Ruiz, 2010)

Este carácter gremial tenía el inconveniente que no llegaba a la totalidad de la población. A finales del siglo XIX y a principios del siglo XX, la clase médica generaliza las conocidas “iguales”. Las cuales pasan de tener los servicios de un solo facultativo a tenerlos de la agrupación de facultativos, abriendo así la oferta sanitaria a un mayor número de especialidades. (Herrera Ruiz, 2010)

A principios de los años 1970 las economías a nivel mundial comenzaron a experimentar un periodo de intensa inflación, lo que tuvo como resultado un alza de los precios. La inflación afecta a las compañías de seguros de muchas formas. Se elevan los recursos que necesitan las aseguradoras para operar. Este aumento de los costos en la atención



médica ha sido causado principalmente por el envejecimiento de la población, incremento en la esperanza de vida, cambios en las expectativas de salud por parte de los consumidores, epidemias, pandemias, nuevas tecnologías y tratamientos médicos disponibles, estos incrementos conlleva a las aseguradoras a prestar suma importancia a las primas de sus seguros, convirtiendo la tarea de cálculo de primas en una tarea primordial.(Jones & Long, 1998)

En la actualidad es sumamente notoria la importancia que han adquirido los seguros de gastos médicos dentro del bienestar de la sociedad, durante la pandemia de COVID-19 los seguros de gastos médicos contribuyeron de forma directa con los gastos de la atención médica, la alta demanda por los servicios médicos produjo un incremento en sus costos repercutiendo directamente en la siniestralidad del seguro.(Inflación médica y su impacto en gastos médicos y salud, 2022)

Los programas de estudio para la carrera de actuaría están en su mayoría enfocados al cálculo principalmente de primas para seguros de personas y automóvil, mientras el estudio del seguro de gastos médicos se imparte con menor interés, los egresados conocen en forma superficial este tipo de seguro.

Como estudiante de actuaría me vi frustrado en el intento de encontrar un ejemplo práctico de cómo tarificar un seguro de gastos médicos, sin embargo, mediante mi experiencia laboral, la recolección de diferentes literaturas y seminarios impartidos por diversos reaseguradores logré adquirir suficiente material para poner manos a la obra y proporcionar este trabajo a las futuras generaciones de actuarios y a todos aquellos graduados que todavía no tienen conocimientos de tarificación de seguros de gastos médicos.

Este trabajo brinda una base fundamental del pricing sobre los seguros de gastos médicos, permite adquirir los conocimientos necesarios para elaborar notas técnicas, desarrollar productos dirigidos a nuevos nichos de mercado y con ello cerrar la brecha del seguro, además aprovechar sus mentes frescas para generar ideas de nuevos productos que mejoren la calidad de vida.



Para la comprensión de la elaboración de la nota técnica desarrollada en este trabajo se requiere de cierta familiaridad en el manejo de cálculo de primas de seguros, fundamentos de análisis de regresión y optimización (investigación de operaciones).

En la elaboración de la nota técnica se cuenta con información del período 2008-2012 proporcionada por una aseguradora nicaragüense, se calculan las primas diferenciándolas por edad y por sexo, principales determinantes en el coste del seguro de gastos médicos, las primas del sexo masculino fueron ajustadas por medio de un modelo de regresión exponencial, en el cálculo de las primas de riesgo del sexo femenino se elaboran dos modelos: un modelo polinómico para ajustar las primas de riesgo de las coberturas relacionadas con la maternidad y un modelo exponencial para ajustar las demás coberturas, las primas para los hijos se calculan sin hacer diferenciación entre sexo y rangos de edad asumiendo la política comercial de las aseguradoras nicaragüenses, la nota técnica se concluye determinando las primas comerciales del plan.



II. Objetivos

Objetivo general

Elaborar la nota técnica para un seguro de gastos médicos.

Objetivos específicos

- ❖ Describir las bases técnicas en la tarificación de un seguro de gastos médicos.
- ❖ Determinar la prima de riesgo para un seguro de gastos médicos.
- ❖ Estimar la prima comercial para un seguro de gastos médicos.



III. Marco teórico

Capítulo I. Bases actuariales para la tarificación de seguros

El cálculo actuarial de las primas de tarifa, en las diferentes operaciones de seguro, depende de las características del riesgo, así como del plazo de los contratos; este proceso constituye un factor decisivo para la rentabilidad del negocio.

El cálculo actuarial de una prima de tarifa debe basarse en **información homogénea, suficiente y confiable**, sobre el riesgo en cuestión y las variables consideradas.

Una prima de tarifa debe tomar en cuenta las características de la unidad expuesta al riesgo y la experiencia acumulada en grupos de unidades de riesgo homogéneos o similares. También puede tomar en cuenta la experiencia particular de grupos o colectividades específicas, con base en información estadística suficiente y confiable que sustente el comportamiento del riesgo.

5.1 El actuario

Así como los sistemas económicos son el reino del economista, los sistemas sociales son el ámbito del sociólogo, y los sistemas eléctricos son el reino del ingeniero eléctrico, los sistemas de seguridad financiera se han convertido en el reino del actuario. La singularidad de la profesión actuarial radica en la comprensión por parte del actuario de los sistemas de seguridad financiera en general, y el funcionamiento interno. El papel del actuario es el de diseñador, adaptador, solucionador de problemas, estimador de riesgos, el innovador y el técnico del campo continuamente cambiante de los sistemas de seguridad financiera. (Trowbridge, 1989)

La palabra Actuario se deriva de la voz latina «Actuarius». Durante el Imperio Romano dicha palabra era común a diversas profesiones y en el lenguaje militar significaba una especie de empleado de la intendencia. En lo civil venía a designar un secretario que



levantaba acta de las sesiones del Senado o que intervenía en diferentes actos oficiales, tales como matrimonios, nacimientos, etcétera. (Arias, 1992)

Posteriormente, en el año 1774, la compañía inglesa de seguros The Equitable usó por primera vez la palabra Actuario cuando contrató al célebre matemático m r. W. Morgan como Actuario asistente. Ante este precedente, las compañías inglesas designaron con la palabra Actuario al secretario de la compañía, que era, además, el jefe de contabilidad y el calculador de las tarifas y reservas. (Arias, 1992)

La palabra Actuario fue introducida oficialmente por la Ley inglesa de 1819, cuando prohibía a las sociedades mutuas el uso de tablas y estadísticas no aprobadas por dos o más personas designadas con el nombre de Actuarios. Los demás países europeos fueron adoptando la palabra Actuario en el mismo sentido que la empleaban los ingleses, con excepción de Alemania que, como sucedió en Francia, llamaban matemáticos a estos profesionales. (Arias, 1992)

En Nicaragua la carrera de Ciencias Actuariales y Financieras fue creada en el año 2002, en el contexto de las privatizaciones de los sectores financiero, de los seguros y de la Seguridad Social, con lo que pretende proveer al profesional actuario y financiero que estos sectores necesitan para su desarrollo. A la fecha esta carrera es única en Nicaragua, sólo la ofrece la UNAN-León por lo que el aporte que esta carrera puede dar al país es de suma importancia. (*Licenciatura en Ciencias Actuariales y Financieras - PROAFAC - UNAN León*, 2017)

El 15 de julio del 2010 es aprobada la ley 733 (***ley general de seguros, reaseguros y fianzas***), y en el artículo 76 establece que las sociedades de seguro deberán sustentar cada una de sus coberturas, planes y primas de riesgo que correspondan, en una nota técnica, elaborada por un actuario registrado en la Superintendencia. (Asamblea Nacional (2010). Ley No 733, Ley general de seguros, reaseguros y fianzas.)

5.2 Nota técnica

El cálculo actuarial para determinar las primas de cada plan debe estar sustentado en una nota técnica.



La nota técnica es el documento que describe la metodología y las bases aplicadas para el cálculo actuarial de la prima y en el que se sustenta la aplicación de los estándares de práctica actuarial. En este documento deben incluirse de manera específica: la definición clara y precisa del riesgo y de las obligaciones contractuales cubiertas, las características, alcances, limitaciones y condiciones de la cobertura, las definiciones, conceptos, hipótesis y procedimientos empleados y, en su caso, las estadísticas y datos utilizados en la valoración del riesgo, así como las fuentes de información y cualquier otro elemento necesario para fundamentar actuarialmente la prima resultante. (Estándar de práctica actuarial No.01, 2003)

El 18 de marzo del 2016 la SIBOIF dicta ***la norma para elaboración de notas técnicas y estudios actuariales (CD-SIBOIF-934-2-MAR18-2016)***, con el objeto de establecer los requisitos que las sociedades de seguros deben cumplir para la elaboración de las notas técnicas y los estudios actuariales, a fin de que dichas sociedades sustenten la formulación de sus primas de tarifa y demás documentos de respaldo técnico en sus operaciones. (Norma para la elaboración de notas técnicas y estudios actuariales, 2016)

5.3 Elementos determinantes en el coste del seguro

Dentro de los elementos que determinan el coste del seguro de gastos médicos cabe destacar dos grupos principales: Elementos intrínsecos (edad, género y zona geográfica) y extrínsecos (deducibles, coaseguros, copagos, grupos colectivos y limitación de coberturas).

5.3.1 Elementos intrínsecos

5.3.1.1 Edad y género

La edad del solicitante es importante ya que a través de ella se determina la exposición al riesgo, el coste del seguro y los límites de aceptación.

Las mujeres tienen tendencia a aumentar la incidencia de enfermedades o padecimientos mamarios, ginecológicos o uterinos: Esto ha causado que el precio del seguro de gastos médicos mayores en mujeres se encarezca con los años.



Durante el período de fertilidad de las mujeres la prima tiene un coste superior al de los hombres, siendo este coste igualado en la etapa de la andropausia y menopausia.

La combinación de estos dos elementos configura la tarifa.

Normalmente, se presentan las tarifas diferenciadas por sexo, y por quinquenios de edad.

5.3.1.2 Zona geográfica

La zona geográfica también condiciona el precio en la medida que según la oferta/demanda de proveedores sanitarios existentes en la zona, se podrá negociar en mayor o menor medida los precios de los actos médicos.

Debido a la variación de los costos médicos en las diferentes áreas geográficas, algunas primas deben calcularse independientemente para las diferentes áreas geográficas. (Jones & Long, 1998)

Por último, está el volumen de asegurados que tiene una compañía en una zona geográfica, ya que, si este es elevado, la compañía puede negociar buenos precios con los proveedores y este hecho puede repercutir en la tarifa de precios de los asegurados.

5.3.2 Elementos extrínsecos

5.3.2.1 Deducible

Son los primeros gastos a cuenta del asegurado por accidente o enfermedad. El seguro cubre los gastos procedentes a partir de la suma monetaria contratada como deducible, hasta el límite de suma asegurada seleccionada. La reclamación procederá siempre y cuando ésta sea superior al monto del deducible contratado. (Núñez Castro, 2016)

5.3.2.3 Coaseguro

El coaseguro es la segunda característica de la participación en los gastos, una vez que el asegurado ha pagado el monto deducible, el asegurado debe pagar un porcentaje específico del resto de los gastos médicos cubiertos. (Jones & Long, 1998)



5.3.2.3 Copago

El copago es una forma activa de participación en el gasto del asegurado. Si el asegurado se acoge a esta opción, se reduce la cuota fija que periódicamente ha de satisfacer a la Compañía y cada vez que haga uso de ciertos servicios, deberá pagar una pequeña cantidad.

5.3.2.4 Grupos y colectivos

Los grupos y colectivos, al aportar masa crítica de asegurados, reducen sensiblemente la prima que pagan los asegurados.

5.3.2.5 Limitación de coberturas

Es una manera de reducir el coste del seguro, a menor número de coberturas, menor prima pues existe una limitación de servicios y, por tanto, de gasto.

5.4 Conceptos básicos asociados a la tarificación

5.4.1 Primas

La prima anual de esta póliza es la suma de las correspondientes a cada uno de los asegurados (para el caso de seguro de grupo y colectivo), de acuerdo con su sexo, ocupación y edad en la fecha de emisión y vence en el momento de la celebración del contrato. Salvo pacto en contrario se entenderá que el período del seguro es de un año. (Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, 1986)

Las primas pueden ser emitidas, devengadas, no devengadas o en vigencia. Las primas emitidas corresponden a las primas asociadas con pólizas que fueron emitidas en un período específico de tiempo. Las primas devengadas son aquellas que la compañía ha ganado durante un período determinado, pues ya ha cubierto el riesgo. Las primas no devengadas corresponden a la porción de la prima que aún no ha sido ganada por la aseguradora. Las primas en vigencia corresponden al valor de las primas emitidas, para todas las pólizas que se encuentran vigentes en un momento específico de tiempo. (Lancheros, 2011)



La **prima pura** o **prima de riesgo** es la prima que mide el coste esperado correspondiente al riesgo cubierto, sin considerar los gastos de la industria y el recargo de seguridad para cubrir las desviaciones estadísticas en la siniestralidad esperada, deben ser suficientes para cubrir los riesgos asegurados.

La **prima comercial** denominada también **prima bruta** o **de tarifa** es la prima de riesgo más los diversos gastos, éstos se asumen como una proporción de la prima comercial.

5.4.2 Gastos

Las compañías incurren en gastos para el ajuste y la liquidación de siniestros, así como para la emisión y mantenimiento de las pólizas. Estos gastos pueden ser fijos (no dependen del monto de las primas) o variables. Usualmente suele usarse información histórica para su estimación. (Lancheros, 2011)

4.1.2.1 Gastos de administración: Son los incurridos para la suscripción, emisión, cobranza, administración, control y cualquier otra función necesaria para el manejo operativo del producto. (Norma para la elaboración de notas técnicas y estudios actuariales, 2016)

4.1.2.2 Gastos de adquisición

Son los generados por la actividad comercial de la aseguradora. El principal rubro dentro de los gastos de adquisición son las comisiones a intermediarios.

4.1.2.3 Margen de utilidad

Es la contribución marginal a la utilidad bruta general, que se haya definido para el ramo y tipo de seguro en cuestión, de conformidad con las políticas establecidas por la empresa que asume el riesgo. (Estándar de práctica actuarial No.01, 2003)

4.1.2.3 Margen de seguridad

Adicionalmente, las pérdidas pueden ser mayores a las pérdidas esperadas y por esta razón es necesario establecer un margen de riesgo para esas desviaciones adversas. Usualmente este margen se escoge de manera que la probabilidad de que las pérdidas superen su valor esperado sea pequeña. (Lancheros, 2011)



4.1.2.4 Costo de reaseguro

Margen para cubrir el costo neto del reaseguro no proporcional.(Estándar de práctica actuarial No.01, 2003)

5.4.3 Expuestos

Un expuesto es la unidad básica de riesgo que mide la exposición a una pérdida. Aunque existen varias formas de elegir los expuestos, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones: (Lancheros, 2011)

- ❖ Los expuestos deben relacionarse de manera directa con las pérdidas. Por ejemplo, en riesgos profesionales usualmente suele usarse el valor de la nómina y en autos el número de años-auto, donde un año-auto es un auto que está asegurado durante un año o el número de millas recorridas.
- ❖ Los expuestos deben ser fáciles de calcular para que puedan ser medidos de manera objetiva y para que se eviten riesgos como el riesgo moral, esto es que los asegurados oculten o manipulen la información para que la prima sea menor.
- ❖ En lo posible los expuestos deben calcularse de manera consistente en el tiempo, puesto que el cambio de expuestos puede generar variaciones significativas en las primas y en los algoritmos de tarificación.

5.4.4 Siniestros y reclamaciones

Un siniestro es la materialización de un riesgo cubierto por la póliza. Una reclamación es la solicitud de pago que hace un asegurado o beneficiario tras la ocurrencia de un siniestro. (Lancheros, 2011)

Es probable que un asegurador reciba varias reclamaciones por cada persona en una misma vigencia de la póliza de gastos médicos. (Jones & Long, 1998)

El monto pagado en cada reclamación es poco preciso, varían desde montos pequeños a montos muy altos según la gravedad de la enfermedad o lesión cubierta. (Jones & Long, 1998)



5.5 Bases de información

5.5.1 Información interna

El cálculo de primas adecuadas depende en gran medida de la cantidad y calidad de la información que se emplea. La obtención y depuración de la información es parte fundamental dentro del proceso de tarificación y generalmente es uno de los pasos que toma más tiempo. Algunos de los chequeos básicos que se realizan son validaciones contables, así como validaciones de consistencia. (Lancheros, 2011)

Usualmente la información con que cuentan las compañías para el proceso de tarificación corresponde a información histórica de expuestos, primas, número de reclamaciones, pérdidas y gastos, que por lo general se encuentran en dos tipos de bases: una base de pólizas y una base de siniestros asociados a esas pólizas. (Lancheros, 2011)

5.5.2 Información externa

Cuando se quiere tarifar una nueva línea de negocio, o cuando el volumen de información de una compañía no es suficiente, surge la necesidad de utilizar información externa. Esta información externa puede provenir de datos de la industria (que pueden ser recolectados por los supervisores u otras asociaciones), datos de los competidores, datos de otros sectores relacionados con los seguros, entre otros. En la medida de lo posible, se debe buscar información que cumpla con los mismos estándares de calidad que se piden para la información interna. (Lancheros, 2011)

Los reaseguradores por su vasta experiencia del seguro a nivel global se convierten en fuentes de información relevante para la tarificación de nuevos seguros.

Cuando no exista experiencia en el mercado respecto a la administración de determinados riesgos, se podrá considerar como referencia la tasa del reasegurador y/o bases estadísticas de otros países. Sin embargo, una vez que la sociedad de seguros cuente con cinco (5) años de experiencia en el producto, deberá sustentar en una nota técnica a partir de las bases estadísticas propias, las tasas aplicables a los productos de seguros que comercializan, siempre que la experiencia sea estadísticamente suficiente



para dicho producto. (Norma para la elaboración de notas técnicas y estudios actuariales, 2016)

5.5.3 Métodos de agregación de la información

Un paso fundamental en la tarificación es el agrupamiento de los datos. Es recomendable recolectar los datos de la manera más detallada posible, con el fin de poder generar varios análisis. Los métodos más comunes de agrupamiento de datos son año calendario, año de ocurrencia, año póliza y año de reporte, aunque también pueden utilizarse otros períodos como trimestres o semestres. (Lancheros, 2011)

5.5.3.1 Método año calendario

En este caso se consideran todas las primas y siniestros que ocurrieron durante el año calendario, sin tener en cuenta la fecha de emisión de la póliza, la fecha de accidente o la fecha de reporte. Las primas y los expuestos devengados corresponden a todas las primas y expuestos devengados durante el período. (Lancheros, 2011)

Las reclamaciones pagadas corresponden a todos los siniestros pagados durante ese año sin importar la fecha de ocurrencia o de reporte. Las reclamaciones incurridas corresponden a las reclamaciones pagadas en el año más el cambio en las reservas de siniestros avisados. Al final del año calendario, las reclamaciones incurridas son fijas. (Lancheros, 2011)

Una ventaja de este tipo de agrupamiento es que los datos están disponibles de manera rápida cuando se acaba el año. La principal desventaja es que no hay una correspondencia en el tiempo entre las primas y los pagos. Las primas corresponden a pólizas emitidas durante el año anterior o durante el año actual, mientras que los pagos pueden proceder de pólizas emitidas varios años atrás. Esta agrupación es útil cuando los siniestros son reportados y pagados rápidamente.

5.5.3.2 Método año de ocurrencia

En este tipo de agrupamiento las primas y los expuestos devengados se calculan de la misma manera que en el año calendario. La diferencia está en que las pérdidas que se tienen en cuenta son las que ocurrieron durante ese año (o período). Este tipo de



agrupamiento permite una mejor correspondencia entre las primas y las pérdidas ya que las primas devengadas durante ese año se comparan con las pérdidas ocasionadas por siniestros ocurridos durante ese año o período. Debido a que al finalizar el período las pérdidas totales no se conocen, se hace necesaria su estimación.

5.5.3.3 Método año póliza o de suscripción

En este caso se tienen en cuenta todas las primas y pérdidas relacionadas con las pólizas suscritas durante el año sin importar cuando se pagaron o reportaron las pérdidas. Las primas devengadas y los expuestos devengados corresponden a todas las primas devengadas y los expuestos devengados de cada una de las pólizas suscritas durante el año. En este caso, ni las primas devengadas, ni los expuestos devengados, ni las pérdidas, están completas al finalizar el año póliza. Este tipo de agrupación presenta la mejor correspondencia entre primas y pérdidas, pues se están comparando tanto las primas devengadas, como los siniestros incurridos de las pólizas suscritas en un determinado año. (Lancheros, 2011)

5.5.3.4 Método año de reporte o de denuncia

Este método es similar al año calendario, salvo que las pérdidas se agregan de acuerdo al año en que fueron reportadas. Este tipo de agrupamiento permite una mejor correspondencia entre las primas y las pérdidas ya que las primas devengadas durante ese año se comparan con las pérdidas ocasionadas por siniestros ocurridos durante ese año o período. Debido a que al finalizar el período las pérdidas totales no se conocen, se hace necesaria su estimación. (Lancheros, 2011)

5.5.4 Integración de la información

El cálculo actuarial de una prima de tarifa debe basarse en información homogénea, suficiente y confiable, sobre el riesgo en cuestión y las variables consideradas. (Estándar de práctica actuarial No.01, 2003)

5.5.4.1 Información homogénea. Se refiere a que los datos estadísticos utilizados para el cálculo actuarial de la prima de tarifa deben corresponder a unidades (personas o cosas)



expuestas, en condiciones iguales o similares, a riesgos del mismo tipo. (Estándar de práctica actuarial No.01, 2003)

5.5.4.2 Información suficiente. Aquella cuyo volumen de datos permite la aplicación de métodos estadísticos o modelos de credibilidad y que abarca todos los aspectos relacionados con la valoración del riesgo en cuestión. (Estándar de práctica actuarial No.01, 2003)

5.5.4.3 Información confiable. Es aquella cuya fuente y forma de generación sea conocida, comprobable y veraz, o que sea generada y publicada por una institución reconocida a nivel nacional o internacional. (Estándar de práctica actuarial No.01, 2003)

5.5.5 Información de pólizas

La base de pólizas brinda información sobre las características de los riesgos y sobre las exposiciones para las diferentes coberturas.

Los campos más usuales dentro de la base de pólizas son los siguientes:

- ❖ **Identificador de la póliza:** variables como el código de producto, número de la póliza, contratante, moneda.
- ❖ **Identificador del riesgo:** si varios asegurados son cubiertos por una misma póliza, es común asociar un identificador a cada uno de ellos, suele usarse el número de certificado.
- ❖ **Fechas relevantes:** cada asegurado contiene las fechas de inicio y fin de vigencia de las pólizas y coberturas de las pólizas.
- ❖ **Suma asegurada:** corresponde a la suma asegurada asociada a cada asegurado. Los diferentes beneficios y coberturas pueden tener asociados sublímites de suma asegurada.
- ❖ **Características del riesgo:** aquí se encuentran las características asociadas a la suscripción y la tarificación, las cuales dependen del ramo. Por ejemplo, en seguros de gastos médicos se registra la edad, sexo, peso, parentesco, preexistencias, deducibles y coaseguros aplicables.



5.5.6 Información de siniestros

Además de la base de pólizas, se tiene una base de datos de siniestros que captura la información correspondiente a los siniestros asociados a las diferentes pólizas. (Lancheros, 2011)

Algunos de los campos típicos en una base de siniestros son los siguientes:

- ❖ **Identificador de la póliza**
- ❖ **Identificador del riesgo:** por lo general la base de datos de reclamaciones contiene un identificador que permite asociar la reclamación con el riesgo que la originó (número certificado, nombre del asegurado).
- ❖ **Características del riesgo:** Se asocian las características propias del asegurado titular del reclamo, por lo general son las mismas características de la base de pólizas.
- ❖ **Identificador de la reclamación**
- ❖ **Identificador del reclamante**
- ❖ **Fechas relevantes asociadas al siniestro:** es importante registrar la fecha de ocurrencia del siniestro, la fecha de reporte del siniestro, fecha de reserva y la fecha en que se pagó el siniestro o fecha en que se presentó un cambio en la reserva de avisados. También suele registrarse la fecha en que cambió el estatus de la reclamación.
- ❖ **Estatus de la reclamación:** se registra si la reclamación está activo, pagado, anulado o declinado. En algunas ocasiones es necesario reabrir reclamaciones que ya habían sido cerradas y es útil tener un registro de estas reclamaciones.
- ❖ **Número de reclamaciones:** este campo identifica el número de reclamaciones por cobertura y beneficios, asociadas con la ocurrencia del siniestro.
- ❖ **Valor pagado:** este campo registra el valor pagado, se debe registrar la moneda en que se efectúa el pago.
- ❖ **Reserva de avisados:** aquí se incluye la reserva de siniestros avisados, o cambios en la misma.



- ❖ **Gastos asignables al siniestro:** se registran los gastos que se puedan asignar directamente al siniestro (por ejemplo, honorarios jurídicos), en caso de que aplique.
- ❖ **Monto de deducciones:** se registra el monto correspondiente al deducible y coaseguro, además de los gastos no cubiertos. Estos montos deben ser registrados en campos individuales.
- ❖ **Características de la reclamación:** aquí se puede registrar información adicional sobre la reclamación. En el seguro de gastos médicos se podrían registrar los diagnósticos asociados, si fue atendido dentro o fuera de la red de proveedores, territorialidad del siniestro, etc.

Capítulo 2. Ajuste de datos

En el proceso para determinar las primas de riesgo de un seguro de gastos médicos, se estiman las primas diferenciándolas por los factores de riesgos que aplica la compañía, tales como la edad y sexo. La sucesión de estas primas obtenidas es irregular, es decir, presenta puntos de inflexión, al momento de aplicar estas primas implica inconvenientes comerciales, ya que no son similares para edades próximas y pueden presentar disminuciones y aumentos bruscos de una edad a la siguiente, y causar que el asegurado no renueve la póliza.

Para eliminar este comportamiento no deseado, es necesario ajustar un modelo que suavice los valores obtenidos para eliminar las fluctuaciones entre las edades consecutivas. Este procedimiento es denominado **graduación**, y los podemos encontrar ampliamente aplicados por parte de los actuarios en la construcción de tablas de mortalidad; en este trabajo se utilizan los modelos de regresión para suavizar la prima de riesgo obtenida.

Además de cumplir el requerimiento de suavidad, es transcendental comprobar que la bondad de ajuste del modelo propuesto resulte apropiada, es decir, que las primas ajustadas se parezcan suficientemente a los datos calculados, aunque no coincidan, no se deben alejar significativamente de los valores observados.



Una vez obtenida la función modelo, nos permite obtener nuevos valores para edades en las que no se dispone de información, mediante, **interpolación** para edades intermedias y **extrapolación** para edades fuera del rango del cual se disponen los datos.

5.6 Introducción a la regresión

El análisis de regresión es un concepto de gran importancia para la estadística moderna, de igual forma es trascendente para fines de predicción. Esta es una herramienta muy útil y poderosa para analizar la relación asociada entre una variable dependiente y una o más independientes. (Calderón Sánchez & García Arenas, 2006)

Dentro de los métodos más sencillos para hacer un pronóstico, se encuentra el método de regresión lineal. Este procedimiento consiste en encontrar una relación lineal entre dos variables, una variable dependiente y otra independiente. Dicha relación se expresará con la ecuación de una recta que mejor ajuste los datos.

Un análisis de regresión genera una función matemática que permite describir la relación estadística entre uno o más predictores y la variable dependiente, además de predecir nuevas observaciones (**extrapolar**). La regresión lineal generalmente utiliza el método de estimación de mínimos cuadrados ordinarios, del cual se obtiene la ecuación al minimizar la suma de los residuos al cuadrado.

5.7 Modelo de regresión lineal simple

El modelo de regresión simple puede utilizarse para estudiar la relación entre dos variables. Definido como:

$$y = \alpha + \beta x + e$$

Donde: y se conoce como variable dependiente; x como variable independiente.

Los parámetros del modelo son constantes donde α representa el parámetro de intercepto de la línea en el eje de las ordenadas ($x=0$), β el coeficiente de la pendiente el factor de respuesta para cada cambio de x .



La variable e , es llamada **término de error**, el cual se representa por:

$$e = y - (\alpha + \beta x)$$

Así el error o residuo es la diferencia entre el valor verdadero de y con el valor aproximado $y_i = \alpha + \beta x_i$, que predijo la ecuación.

5.8 Ajuste lineal por el método de mínimos cuadrados

Esta recta de mejor ajuste que relaciona a y con x , se denomina recta de regresión, o recta de mínimos cuadrados, se encuentra al minimizar la suma de las diferencias cuadradas entre los puntos de datos observados y los datos estimados. (Chapra & Canale, 2006)

$$S_r = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (\alpha + \beta x_i))^2$$

En el **Anexo 5** se desarrolla el cálculo de α y β .

El criterio de mínimos cuadrado también se utiliza para resolver problemas que no es posible resolverlo mediante la regresión lineal simple. (Wooldridge, 2013)

5.9 Modelos de regresión no lineales

Cuando la función a la que se quieren ajustar los puntos no es una recta, a veces podrá linealizarse utilizando la transformación que resulte oportuna, lo que nos permite utilizar el ajuste lineal por mínimos cuadrados. (Ayuso Gutiérrez et al., 2001)

Estos modelos permiten obtener un mejor ajuste entre los datos y ser más óptimo que la función lineal. Tenemos los siguientes:

5.9.1 Modelo exponencial

$$y = \alpha e^{\beta x}$$

donde α y β son los parámetros que definir, e es la base del logaritmo natural. Mediante una transformación logarítmica podemos linealizar este modelo.



5.9.2 Modelo logarítmico

$$y = \alpha + \beta \ln x$$

donde α y β son los parámetros que definir y $\ln$ es la función de logaritmo natural. Este modelo requiere que $x > 0$ para todos los puntos de datos

5.9.3 Modelo potencia

$$y = \alpha x^\beta$$

Este modelo requiere que $x > 0$ para todos los puntos de datos.

5.9.4 Polinómico

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_nx^n$$

donde a_0 , a_1 , a_2 , etc. son constantes. En el **anexo 6** se desarrolla el método para encontrar los parámetros del polinomio.

5.10 Bondad de ajuste

Una vez ajustada la curva de regresión a la nube de observaciones es importante disponer de una medida para la bondad del ajuste que permita decidir si el ajuste es suficiente o se deben buscar modelos alternativos. Como medida de bondad del ajuste se utiliza el **coeficiente de determinación** denotado por R^2 , definido como sigue: (Vargas Aguilar, 2003)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \text{ para } 0 \leq R^2 \leq 1$$

El coeficiente de determinación mide la proporción de variabilidad total de la variable dependiente y respecto a su media que es explicada por el modelo de regresión. (Vargas Aguilar, 2003)

Es fácil apreciar las características de este coeficiente. Siempre será: $0 \leq r^2 \leq 1$, de manera que:



- ❖ $R^2 = 1$ cuando el ajuste es perfecto, es decir, cuando todos los puntos se encuentran sobre la recta de regresión. En este caso los residuos son cero y la suma de sus cuadrados también. (Bàguena, 2007)
- ❖ $R^2 = 0$ denota la inexistencia de relación entre las variables X e Y. En este caso la suma de residuos es máxima. (Bàguena, 2007)
- ❖ Puesto que R^2 nos explica la proporción de variabilidad de los datos que queda explicada por el modelo de regresión, cuanto más cercano a la unidad esté, mejor es el ajuste. (Bàguena, 2007)

Capítulo III. Optimización

5.11 Introducción a la optimización

Esta disciplina, también conocida como ciencia de la gestión, teoría de la toma de decisiones, programación matemática, investigación de operaciones, ciencia para la mejora, cuenta con aplicaciones en múltiples campos tan amplios como el industrial, económico y científico. (Merino Maestre, 2013)

Todos los modelos de optimización, constan de tres componentes básicos: (Taha, 2012)

1. Las **variables** de decisión que pretendemos determinar.
2. El **objetivo** (la meta) que necesitamos optimizar (maximizar o minimizar).
3. Las **restricciones** que la solución debe satisfacer.

Resolver un modelo de optimización consiste en determinar el valor que deben tomar las variables para hacer óptima la función objetivo, satisfaciendo el conjunto de restricciones.

5.12 Optimización con Excel

Mediante el uso de ordenadores es posible resolver modelos complejos de optimización (maximizar la función, minimizar la función o encontrar un valor determinado), este método es iterativo que permite ir mejorando la solución a cada paso. El proceso concluye cuando no es posible seguir mejorando más dicha solución partiendo del valor de la



función objetivo en un vértice cualquiera, el método consiste en buscar sucesivamente otro vértice que mejore al anterior.

Solver es un complemento del paquete informático “**Excel**” que permite realizar optimizaciones, al instalar el paquete informático está disponible, sin embargo, para usar el complemento es necesario cargarlo.

Para activarlo en Excel 2016 se deben seguir los siguientes comandos:

Archivo > opciones > Complementos > administrar > seleccionar complementos Excel > ir > complementos disponibles > activar Solver > aceptar

Una vez cargado estará disponible en la pestaña **Datos** grupo **Análisis**

Figura 1

Pantalla de parámetros Solver

Parámetros de Solver

Establecer objetivo: 1 Celda objetivo

Para: ☒ Máx ☐ Mín ☐ Valor de: 2 Función objetivo

Cambiando las celdas de variables: 3 Variables

Sujeto a las restricciones:

4 Restricciones

☒ Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución: 5 Algoritmo de optimización

Opciones

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.



IV. Diseño metodológico

6.1 Tipo de investigación: Es de tipo cuantitativo, descriptivo y de corte longitudinal.

Cuantitativo: se realizó recolección y análisis de datos para realizar la cuantificación del riesgo, siendo esto lo pretendido en nuestro trabajo, tarificar un seguro de gastos médicos.

Descriptivo: se describe un conjunto de características relacionadas con el fenómeno en estudio. En este caso el fenómeno en estudio es el riesgo asumido por las aseguradoras en los seguros de gastos médicos.

De corte longitudinal: se utilizan datos de varios años.

6.2 Enfoque: Es **cuantitativo**, se hace uso de herramientas estadísticas para analizar los datos, presentándolos en gráficos y tablas estadísticas.

6.3 Área de estudio: Sistema asegurador, seguro de gastos médicos.

6.4 Población: Asegurados pertenecientes a la cartera de gastos médicos de la aseguradora.

6.5 Etapas del proyecto.

La investigación es proyectual, ya que se centra en la elaboración de una nota técnica con el objetivo de calcular la prima de riesgo y comercial, además proporcionar una estructura que se pueda utilizar en la elaboración de futuras notas técnicas, esto asegurará que los elementos claves y los cálculos necesarios estén debidamente presentados.

Etapas I. Recolección de datos

Se obtuvieron bases de datos previamente elaboradas, que contienen la información relacionada con los asegurados y siniestros, estos datos fueron el punto de partida para el proceso de tarificación.



Etapas II. Depuración y agregación de datos

Se efectuó la depuración y agregación de los datos utilizando el sistema de bases de datos relacional MySQL, lo que permitió organizar y estructurar la información necesaria. Posteriormente, con Microsoft Excel 2016 se elaboraron las tablas resumen y gráficos que se utilizan en el análisis.

Etapas III. Agregación de datos

Se resume la información referente a los asegurados expuestos, el número de siniestros presentados, los montos asociados a dichos siniestros y los datos estadísticos sobre hijos. Estos resúmenes son base para el análisis y el cálculo de la prima, garantizando que los datos estén organizados de manera eficiente para las siguientes etapas.

Etapas IV. Cálculo de prima global

Con la información resumida, se procede a calcular la prima de riesgo global para cada cobertura, estableciendo la proporción de cada una en relación con la prima de riesgo total. Esto permite una comprensión más clara de la distribución del riesgo.

Etapas V. Cálculo de prima diferenciada por edad y sexo

Se realiza el cálculo de la prima de riesgo, diferenciándola según la edad y el sexo. Esta diferenciación es crucial para personalizar los modelos de prima de riesgo y reflejar las variaciones en las coberturas.

Etapas VI. Optimización de modelos utilizando Solver

Utilizando el complemento Solver de Excel, se ajustan los modelos de prima de riesgo. Solver permite la optimización de los parámetros necesarios para lograr el ajuste más adecuado de la prima, asegurando un modelo preciso y bien fundamentado.

Etapas VII. Presentación en tablas y gráficos

Los resultados obtenidos se presentan en tablas y gráficos, con el objetivo de visualizar y comparar la prima ajustada.



Etapas VIII. Cálculo de la prima comercial

Finalmente, se realizó el cálculo de la prima comercial con base en los modelos ajustados. Este proceso concluye con la presentación final de los valores ajustados para cada cobertura y grupo de análisis.

6.8 Fuente de la recolección de la información:

- ❖ **Primaria:** la información de siniestros y asegurados fueron proporcionados por una aseguradora.
- ❖ **Secundaria:** se consultaron diversos libros, monografías, revistas, páginas web de empresas de seguros y material de cursos impartidos por reaseguradores.

6.9 Aspectos éticos de la investigación.

Confidencialidad: el nombre de la empresa se mantiene en secreto para garantizar el sigilo de los datos y evitar que la competencia los utilice de manera ilícita, con tal propósito los datos fueron modificados aplicando un factor de variación.



V. Resultados

Se presenta la siguiente nota técnica correspondiente a un seguro de gastos médicos mayores, con la siguiente estructura:

Sección I. Presentación

Sección II. Características generales

Sección III. Bases técnicas

Sección IV. Cálculo de la prima de riesgo

Sección V. Cálculo de la prima comerciales

Glosa: En caso de que la nota técnica sea presentada para su aprobación ante el ente regulador correspondiente, es imperativo incluir como parte integral de dicha nota los anexos 1, 2, 3, 4, 5 y 8. Estos anexos contienen información adicional que respalda y complementa el contenido principal. La inclusión de estos anexos es fundamental para garantizar la transparencia y la rigurosidad técnica del análisis realizado, así como para facilitar la evaluación del producto asegurador propuesto.

NOTA TÉCNICA



Nota técnica

Sección I. Presentación

El objetivo de esta nota técnica es explicar la base y metodología actuarial con la cual se hace el **pricing** del ramo de gastos médicos, garantizando así la medida del riesgo asumido por la aseguradora **PINOLEROS** por medio del cálculo de primas suficientes que cubren la siniestralidad esperada y los gastos operacionales que este ramo conlleva.

La metodología de cálculo de las tarifas es a posteriori, es decir, se basa en un estudio retrospectivo de la siniestralidad de los productos de gastos médicos que forman parte de la experiencia que la compañía acumula en los últimos años.

Las primas calculadas en esta nota técnica serán aplicadas durante el año 2013.

Sección II. Características generales

1. Descripción del producto

El plan se denominará **Mi Seguro de Gastos Médicos**, este producto tiene como fin proteger a las personas aseguradas ante gastos fortuitos e inesperados que sean producto del deterioro de la salud de los asegurados por razones naturales o accidentales.

La forma de comercialización de esta póliza es de las siguientes maneras:

Individual: En el caso de que una persona natural desee cobertura únicamente para sí mismo.

Familiar: En el caso de que el individuo desee también cobertura para sus dependientes económicamente por el pago extra de una prima por cada dependiente.

Colectiva: Cuando el contratante es una empresa o colectividad y los asegurados principales (titulares) son los empleados o miembros de la colectividad, con la opción,



según requiera el contratante, que pueden ser incluidos los dependientes de los asegurados titulares por el pago extra de una prima por cada uno de ellos.

En cada caso la vigencia es anual renovable, se comercializa en moneda dólares de los Estados Unidos de Norteamérica, y podrá ser cubierta cualquier persona, siempre y cuando cumpla con los requisitos de asegurabilidad ya establecidos por la compañía. El plan se ofertará con una suma asegurada de US\$ 30,000 dólares.

Se brindará cobertura hasta los 75 años, y a los hijos hasta los 18 años.

El seguro no aplicará recargos ni descuentos.

2. Coberturas de la póliza

Se otorgarán las siguientes coberturas:

- **CB01** Complicación del recién nacido
- **CB02** Maternidad
- **CB03** Trasplante de órganos
- **CB04** Prótesis corporales internas
- **CB05** Hospitalización
- **CB06** Beneficio por atención ambulatoria
- **CB07** Beneficios de transporte por evacuación

Complicación del recién nacido

La atención de recién nacidos con complicaciones neonatales cuyas madres estuvieran amparadas por el beneficio de maternidad, serán cubiertos siempre y cuando requieran atención en cuidados intensivos o cuidados intermedio neonatal, durante los primeros 15 días bajo la suma asegurada de la madre, posterior a este período deberá incluir a su hijo para que goce de los beneficios de la póliza.

Maternidad

Aplica para cónyuges o titulares una vez cumplido el período de espera de nueve (9) meses contados a partir del primer día de vigencia de su póliza, podrá iniciar su embarazo, y gozar de esta cobertura que incluye consultas prenatales, exámenes de



diagnósticos, tratamientos recomendados, honorarios médicos e internamiento hospitalario para la madre y el recién nacido, hasta el límite de 30 días.

Trasplante de órganos

Los beneficios por trasplante de órganos incluyen: servicios médicos, internamiento hospitalario, obtención de órganos (pero no el costo del órgano), medicinas proporcionadas durante la hospitalización o bien para su uso una vez dado de alta y evaluación ambulatoria o cuidados postoperatorios.

Prótesis corporales internas

Gastos de prescripción, implantación y materiales de las prótesis quirúrgicas internas: prótesis esqueléticas internas y el material para osteosíntesis, prótesis valvulares cardíacas, prótesis vasculares tipo “by pass” y los stents, los marcapasos unicamerales y bicamerales, prótesis de mama.

Hospitalización

La póliza cubre los gastos por internamiento médico y/o quirúrgico, en habitación standard. No aplica deducible ni coaseguro dentro de la red de proveedores preferidos.

Esta cobertura incluye los costos de la habitación hospitalaria, honorarios médicos, cirugías, exámenes de diagnóstico, terapia de rehabilitación, material de reposición periódica, medicamentos y tratamientos necesarios durante el período de hospitalización entre otros. Sin ningún límite en el número de días en la red de proveedores preferidos.

Beneficio por atención ambulatoria

Toda atención médica que no requiera de hospitalización mayor o igual a 24 horas. Cubre los servicios brindados por un médico autorizado, incluye honorarios médicos, así como el costo de exámenes de diagnóstico y tratamiento recomendado para restitución de su salud.

Beneficios de transporte por evacuación

La póliza contempla cobertura de ambulancia terrestre especializada para trasladar y dar primeros auxilios, por emergencias médicas (enfermedades o accidentes), que por su



gravedad impida al asegurado trasladarse al centro asistencial correspondiente y más cercano. En caso de que el asegurado requiera ser trasladado de inmediato se podrá previa consulta con la compañía, acceder al beneficio de avión comercial.

3. Exclusiones de la póliza

La presente póliza no cubre las erogaciones que se originen por, o consecuencia de, o complicaciones de:

- ❖ Enfermedades preexistentes.
- ❖ Tratamientos psiquiátricos o psicológicos y sus derivados.
- ❖ Afecciones propias del embarazo, abortos, partos prematuros o partos anormales. legrado cualquiera que sea su causa y toda complicación del embarazo antes de los 11 meses de contratación de la póliza.
- ❖ Tratamientos y padecimientos que resulten del alcoholismo o toxicomanías.
- ❖ Tratamientos o intervenciones quirúrgicas de carácter estético o plástico.
- ❖ Tratamiento de calvicie, obesidad, reducción de peso o esterilidad.
- ❖ Adquisición de anteojos, lentes de contacto, lentes intraoculares y aparatos auditivos.
- ❖ Tratamientos o intervenciones quirúrgicas con el fin de corregir el astigmatismo, presbiopía, hipermetropía, miopía y estrabismo.
- ❖ Intervenciones quirúrgicas o tratamientos para el control de la fertilidad, natalidad o sus complicaciones.
- ❖ Gastos realizados por acompañantes del asegurado durante el internamiento de éste en sanatorio u hospital, excepto cama extra.
- ❖ Cualquier cuidado o tratamiento debido a lesión autoinfligida, intento de suicidio, aun cuando se cometa en caso de enajenación mental.
- ❖ Lesiones que ocurran en riña con provocación por parte del asegurado o si el asegurado está bajo la influencia de bebidas alcohólicas.
- ❖ Lesiones que el asegurado sufra en servicio militar de cualquier clase, en actos de guerra, insurrección, revolución o rebelión.
- ❖ Lesiones que el asegurado sufra cuando viaje como ocupante de vehículo de carreras.



- ❖ Práctica de: box, lucha grecorromana, lucha libre, charrería, tauromaquia, deportes aéreos, cacería, alpinismo, paracaidismo, deportes hípicos, espeleología y rapel.
- ❖ La práctica profesional de cualquier deporte.
- ❖ Lesiones que el asegurado sufra cuando viaje en aeronaves que no pertenezcan a una línea comercial.
- ❖ Tratamientos médicos o quirúrgicos a base de hipnotismo y quelaciones.
- ❖ Tratamientos dentales, alveolares, gingivales, maxilofaciales y sus complicaciones, a excepción de accidentes.
- ❖ Curas de reposo o descanso.
- ❖ Reposición de aparatos o prótesis.
- ❖ Tratamientos en vías de experimentación u honorarios y cualquier tipo de tratamiento médico o quirúrgico realizado por acupunturistas, naturista o vegetarianos.
- ❖ Padecimientos derivados de radiaciones atómicas o nucleares no prescritas por un médico.

4. Alcance territorial

El alcance territorial se extiende a los países de Centroamérica excluyendo a Panamá. En caso de emergencia por un accidente ocurrido durante un viaje realizado por razones no médicas; los beneficios facturados se pagarán en un 50%, hasta un máximo de la mitad de la suma asegurada cuando los gastos se efectúen fuera del límite territorial antes descrito. La suma de éste y otros beneficios médicos no podrá exceder la suma asegurada contratada.

5. Canales de distribución

Esta póliza se comercializa a través de los diferentes agentes exclusivos, individuales y corredurías de seguros debidamente autorizados por la Superintendencia de Bancos y de Otras Instituciones Financieras (SIBOIF), así como también de forma directa a través de las distintas sucursales con las que cuenta la compañía en todo el país.



6. Reaseguro

Como una forma de protección ante el riesgo de posibles eventos siniestros graves, y para garantizar con un buen margen de seguridad el equilibrio técnico en nuestra cartera, la compañía suscribe anualmente un contrato de reaseguro bajo la modalidad de exceso de pérdida (XL) por evento, con una prioridad de US\$ 15,000.

7. Hipótesis de cálculo

Margen técnico de seguridad ($\epsilon 1$): Se considera un 3% como margen de seguridad por posibles desviaciones siniestros desfavorables.

Gastos de administración ($\epsilon 2$): Los gastos de administración considerados son del 15%.

Gastos de adquisición ($\epsilon 3$): Los gastos de adquisición que se consideran son del 15%.

Margen de utilidad ($\epsilon 4$): La utilidad técnica mínima esperada es de 2%.

Costo de reaseguro ($\epsilon 5$): El costo del contrato exceso de pérdida (XL) es del 9%.



Sección III. Bases técnicas

1. Metodología de cálculo

Tomando como referencia la información estadística obtenida en la experiencia del plan ***Mi Seguro de Gastos Médicos***, definiremos las fórmulas a usar para calcular la prima de riesgo y los modelos matemáticos que mejor describen el comportamiento de la prima con respecto a la ***edad*** y, en consecuencia, ajustarlas de acuerdo con esta tendencia.

2. Información estadística utilizada

Para efectos de la determinación de las primas del producto ***Mi Seguro de Gastos Médicos***, se considera la siguiente información estadística como base de cálculo:

Número de asegurados expuestos por cobertura, edad y sexo para el período 2008-2012, año calendario (**Anexo 1**).

Número de reclamos presentados por cobertura, edad y sexo de asegurados en período 2008-2012, año calendario (**Anexo 2**).

Monto total de los reclamos presentados por cobertura, edad y sexo en el período 2008-2012, año calendario. En base a lo que usualmente se oferta en nuestro producto ***Mi Seguro de Gastos Médicos***, los montos contemplan un deducible anual de US\$ 120 y un deducible de US\$ 250 dentro de Centroamérica, así como un coaseguro de 18% dentro de la red y 25% fuera de la red médica para atenciones ambulatorias, un coaseguro de 5% para medicamentos genéricos y 20% para medicamentos no genéricos (**Anexo 3**).

La información estadística de los hijos se presenta en el (**Anexo 4**).

Los montos de los siniestros fueron ajustados con una tasa de inflación del 7% anual, teniendo como referencia que los montos ajustados no superen los sub límites establecidos para coberturas y beneficios.



3. Fórmula para el cálculo de la prima de riesgo

La fórmula de la prima de riesgo para cada una de las coberturas es la siguiente:

$$PR_i = f_i * \bar{S}_i \quad \text{Ec. (1)}$$

donde:

PR_i : Prima de riesgo para la cobertura i.

f_i : Frecuencia de siniestralidad de la cobertura i.

$\bar{S}_i$: Monto promedio de los reclamos de la cobertura i.

Para el cálculo de la frecuencia y el costo medio de los siniestros se utilizan tres variables:

n_i : Número de expuestos en la cobertura i.

m_i : Número de reclamos de la cobertura i.

M_i : Monto de siniestros de la cobertura i.

De modo que:

$$f_i = \frac{m_i}{n_i}$$

$$\bar{S}_i = \frac{M_i}{m_i}$$

La prima de riesgo para cada asegurado será:

$$PRT = \sum_{i=1}^n PR_i \quad \text{Ec(2)}$$

donde:

PRT : Prima de riesgo total.

n : Número de coberturas de la póliza.

Una vez definida esta fórmula se procede al cálculo de la respectiva prima de riesgo de acuerdo con la experiencia observada.



Sección IV. Cálculo de la prima de riesgo

1. Prima de riesgo global

Se cuenta con la siguiente información acerca de la siniestralidad de la cartera de gastos médicos mayores regionales en el período 2008-2012:

Tabla 1

Asegurados expuestos por año y cobertura

COBERTURAS	ASEGURADOS EXPUESTOS					TOTAL
	2008	2009	2010	2011	2012	
CB03	8,460	7,380	7,218	6,549	6,203	35,810
CB04	8,443	7,360	7,207	6,536	1,911	31,457
CB05	9,450	8,371	8,156	7,305	6,913	40,195
CB06	8,530	7,601	7,342	7,036	6,670	37,179
CB07	9,316	8,237	8,017	7,305	6,914	39,789

Tabla 2

Número de siniestros presentados por cobertura y año

COBERTURAS	NÚMERO DE SINIESTROS					TOTAL
	2008	2009	2010	2011	2012	
CB03	2	0	0	0	0	2
CB04	5	0	1	0	2	8
CB05	628	565	481	422	457	2,553
CB06	4,967	4,383	4,283	3,937	3,319	20,889
CB07	10	0	0	0	1	11
TOTAL	5,612	4,948	4,765	4,359	3,779	23,463

Descripción de Coberturas:

CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



Tabla 3

Monto de los siniestros presentados por cobertura y año

COBERTURAS	MONTO DE LOS SINIESTROS					TOTAL
	2008	2009	2010	2011	2012	
CB03	21,294	0	0	0	0	21,294
CB04	13,812	0	387	0	13,188	27,387
CB05	695,670	534,659	562,953	483,234	435,021	2,711,536
CB06	520,122	364,649	380,845	350,696	278,422	1,894,734
CB07	31,281	0	0	0	94	31,374
TOTAL	1,282,179	899,308	944,184	833,929	726,725	4,686,325

A partir de estos datos se calcula la prima de riesgo para cada una de las coberturas usando la *Ec. (1)*

Tabla 4

Prima de riesgo por cobertura y año

COBERTURAS	PRIMA DE RIESGO					PR _i	% Prima Total
	2008	2009	2010	2011	2012		
CB03	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.49%
CB04	1.64	0.00	0.05	0.00	6.90	0.87	0.72%
CB05	73.62	63.87	69.02	66.15	62.93	67.46	55.90%
CB06	60.98	47.97	51.87	49.84	41.74	50.96	42.23%
CB07	3.36	0.00	0.00	0.00	0.01	0.79	0.65%
GLOBAL	142.10	111.84	120.95	115.99	111.58	120.68	100.0%

Por tanto, la prima de riesgo total es de **US\$ 120.68**, pero por tratarse de una prima de riesgo global y no distinguir entre géneros se excluyen las coberturas de maternidad y complicación de recién nacido, para observar la composición de la prima.

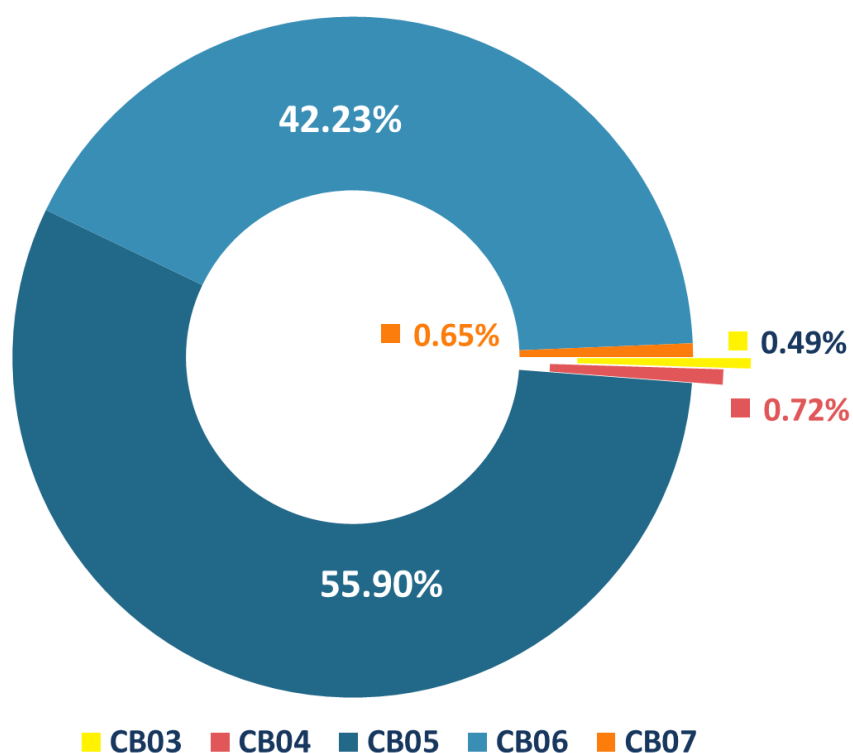
Descripción de Coberturas:

CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



Figura 2

Distribución de la prima de riesgo global



En este gráfico se muestran las proporciones en las que cada una de las coberturas compone la prima de riesgo, dato que será de utilidad cuando se haya calculado la prima de riesgo final y se defina la proporción que cada cobertura tendrá dentro de la prima total.

Se han separado las coberturas de maternidad y complicación del recién nacido porque por su naturaleza no son aplicables a ambos sexos, por tanto, estas se calcularán de manera diferente.

Descripción de Coberturas:

CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



2. Prima de riesgo por cobertura, edad y sexo

Partiendo de la *Ec. (1)* y la *Ec. (2)* se puede establecer que:

$$PR_{ij} = f_{ij} * \bar{S}_{ij} \quad Ec. (3)$$

donde:

PR_{ij} : Prima de riesgo para la cobertura i en el rango de edad j .

f_{ij} : Frecuencia de siniestralidad de la cobertura i en el rango de edad j .

$\bar{S}_{ij}$: Monto promedio de los reclamos de la cobertura i en el rango de edad j .

Por tanto, la prima de riesgo para cada individuo en dependencia de su edad estará dada por:

$$PRT_j = \sum_{i=1}^n PR_{ij} \quad Ec(4)$$

donde:

PRT_j : Prima de riesgo total para un asegurado en el rango de edad j .

n : Número de coberturas de la póliza.

Entonces, haciendo uso de las **ecuaciones (3) y (4)** y de la información estadística que se encuentra en los **Anexo 1, 2, 3 y 4**, se calcula la prima de riesgo por edad, cobertura y sexo.



3. Prima de Riesgo Sexo Masculino

Tabla 5

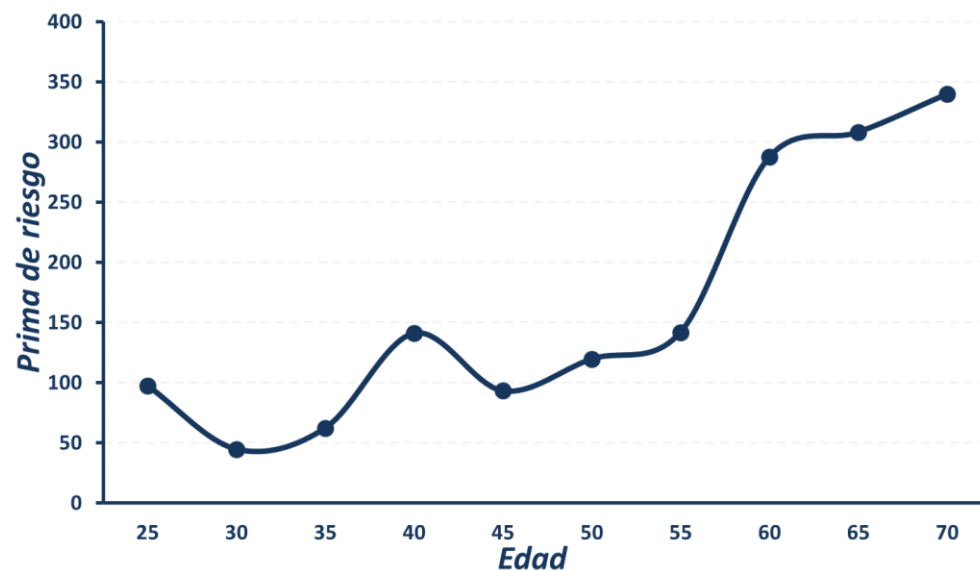
Prima de riesgo por cobertura y rango de edad, sexo masculino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	-	-	-	-	29.09	68.25	0.24	97.59
26	30	-	-	-	-	28.65	15.66	0.59	44.90
31	35	-	-	7.18	2.16	34.65	18.27	0.11	62.37
36	40	-	-	-	0.21	74.75	66.10	-	141.06
41	45	-	-	-	-	64.77	28.51	0.08	93.35
46	50	-	-	-	4.48	83.75	31.44	0.10	119.76
51	55	-	-	-	-	71.69	70.27	0.04	141.99
56	60	-	-	-	-	161.08	126.37	-	287.44
61	65	-	-	-	26.99	188.71	92.45	-	308.15
66	70	-	-	-	-	210.67	129.12	-	339.79

El siguiente gráfico muestra la tendencia de esta prima según el rango de edad.

Figura 3

Prima de riesgo – sexo masculino



Descripción de Coberturas:

CB01	Complicación del recién nacido
CB02	Maternidad
CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



La prima total es creciente con respecto a la edad, teniendo esto presente vamos a ajustar la prima de manera que tengan una tendencia creciente con la edad, manteniendo la suficiencia de prima para cubrir los reclamos presentados.

Se ajusta la prima utilizando el siguiente modelo de regresión exponencial.

$$y = \alpha * e^{\beta x}$$

Para ajustar la prima a la curva de la función anterior se usa un método estadístico llamado: **ajuste no-lineal por mínimos cuadrados**, el cual plantea un sistema de optimización en el que se busca minimizar el **error estadístico**, o suma de mínimos cuadrados, entre los datos reales y la curva de ajuste.

El proceso inicia definiendo los valores de las variables, donde para nuestro caso tenemos que: x_j representa la variable independiente Edad, que corresponde al rango de edad (1, 2, 3, ..., 10), y los valores de y_j que es la prima de riesgo total por edad (PRTj) y una variable y'_j que resulta de ajustar los valores de y_j mediante la función general:

$$Y'_j = \alpha * e^{\beta x_j}$$

En la fórmula anterior se tienen los factores α y β que por el momento son desconocidos, y que se van a encontrar con el método de mínimos cuadrados.



Al formular el programa de optimización se tiene que:

Figura 4

Optimización prima - sexo masculino

MODELO

$$\alpha = 0$$

$$\beta = 0$$

SEXO MASCULINO

X_j	$Y_j = PRT_j$	$Y'_j = \alpha * e^{\beta * X_j}$	$Y_j - Y'_j$	$(Y_j - Y'_j)^2$	$Aseg_j$	$Y'_j * Aseg_j$
1	97.59	-	-97.6	9,523.701	2,390	-
2	44.90	-	-44.9	2,015.857	3,311	-
3	62.37	-	-62.4	3,889.890	3,194	-
4	141.06	-	-141.1	19,899.224	2,254	-
5	93.35	-	-93.4	8,714.759	1,960	-
6	119.76	-	-119.8	14,342.831	1,595	-
7	141.99	-	-142.0	20,162.335	994	-
8	287.44	-	-287.4	82,623.742	632	-
9	308.15	-	-308.1	94,955.407	220	-
10	339.79	-	-339.8	115,458.580	54	-
TOTAL				$\Sigma = 371,586$	$\Sigma =$	-

Inicialmente se han definido los parámetros α y β con valor de cero, el **Error Estadístico**, o *Suma cuadrática de los errores*, como también se le conoce, es la sumatoria de la diferencia entre la prima ajustada y la prima de riesgo original.

La función objetivo a optimizar es:

$$\text{Min} \left\{ \sum_{j=1}^{10} (Y'_j - Y_j)^2 \right\}$$

Sujeto a:

$$Z = \left\{ \sum_{j=1}^{10} (Y'_j * Aseg_j) - S \right\} = 0$$

$$\alpha, \beta > 0$$



Donde:

$Aseg_j$: Cantidad de asegurados dependientes de sexo masculino a la edad j .

S : Monto total de los reclamos para el sexo masculino.

Al minimizar la suma cuadrática de los errores aseguramos que la curva se ajuste lo más cercanamente posible a la prima original, y al restringir que la prima ajustada resultante multiplicada por el número de asegurados en cada edad sea igual al monto total de los reclamos (equivalencia actuarial), se garantiza la suficiencia de la prima, además no cobrar una prima superior a la necesaria y con ello conservar la cartera.

Para resolver el modelo planteado se utilizó la herramienta **Solver** que viene incorporada en el paquete de MS Office, el cual permite calcular de manera iterativa los valores de α y β sujeto a las restricciones definidas, obteniendo los valores siguientes:

$$\alpha = 35.5919689785351$$

$$\beta = 0.231753373757034$$

Los resultados se muestran a continuación:



Figura 5

Resultado de la optimización prima - sexo masculino

MODELO

$$\alpha = 35.59196898$$

$$\beta = 0.231753374$$

SEXO MASCULINO

X_i	$Y_i = PRT_i$	$Y'_i = \alpha * e^{\beta * X_i}$	$Y_i - Y'_i$	$(Y_i - Y'_i)^2$	$Aseg_i$	$Y'_i * Aseg_i$
1	97.59	44.875	-52.7	2,778.848	2,390	107,250
2	44.90	56.578	11.7	136.424	3,311	187,331
3	62.37	71.335	9.0	80.381	3,194	227,842
4	141.06	89.939	-51.1	2,613.811	2,254	202,723
5	93.35	113.396	20.0	401.731	1,960	222,256
6	119.76	142.971	23.2	538.668	1,595	228,038
7	141.99	180.259	38.3	1,464.185	994	179,177
8	287.44	227.272	-60.2	3,620.619	632	143,636
9	308.15	286.546	-21.6	466.646	220	63,040
10	339.79	361.280	21.5	461.743	54	19,509
TOTAL				$\Sigma = 12,563$		$\Sigma = 1,580,804$

$$\text{Min} \left\{ \sum_{i=1}^{10} (\hat{Y} - Y)^2 \right\}$$

Sujeto a:

$$Z = \left\{ \sum_{i=1}^{10} (\hat{Y}_i * Aseg_i) - S \right\} = 0$$

$$\alpha, \quad \beta > 0$$

por tanto:

$$Y'_j = 35.5919689785351 e^{0.231753373757034 X_j} \quad (Ec.5)$$

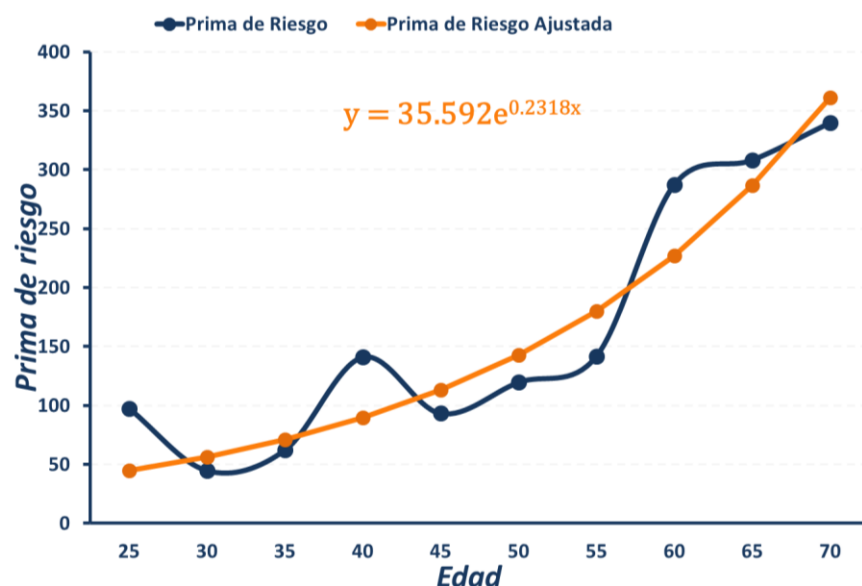
será la ecuación usada para ajustar la prima para el sexo masculino, en el **Anexo 5** se desarrolla la prueba de bondad de ajuste del modelo.

El resultado del ajuste se muestra gráficamente a continuación:



Figura 6

Prima de riesgo ajustada – sexo masculino



Utilizando la *Ec. (5)* y los porcentajes que representan cada cobertura de la prima global (**Tabla 4**), se obtiene la prima de riesgo por cobertura.

Tabla 6

Prima de riesgo ajustada por cobertura y rango de edad – sexo masculino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	-	-	0.22	0.32	25.09	18.95	0.29	44.87
26	30	-	-	0.28	0.41	31.63	23.89	0.37	56.58
31	35	-	-	0.35	0.51	39.88	30.13	0.47	71.33
36	40	-	-	0.44	0.65	50.28	37.98	0.59	89.94
41	45	-	-	0.56	0.82	63.39	47.89	0.74	113.40
46	50	-	-	0.70	1.03	79.92	60.38	0.93	142.97
51	55	-	-	0.89	1.30	100.77	76.12	1.18	180.26
56	60	-	-	1.12	1.64	127.05	95.98	1.49	227.27
61	65	-	-	1.41	2.07	160.18	121.01	1.87	286.55
66	70	-	-	1.78	2.61	201.96	152.57	2.36	361.28

Descripción de Coberturas:

CB01	Complicación del recién nacido
CB02	Maternidad
CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



4. Prima de Riesgo Sexo Femenino

Tabla 7

Prima de riesgo por cobertura y rango de edad, sexo femenino

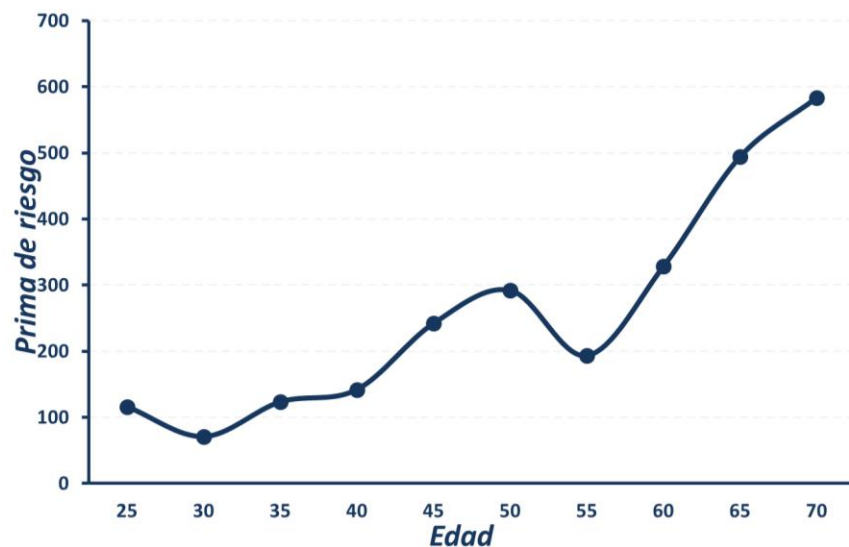
EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	0.60	59.16	-	-	32.04	83.71	-	115.75
26	30	6.94	117.38	-	-	50.81	19.81	-	70.63
31	35	3.86	120.86	-	-	79.08	44.03	-	123.11
36	40	0.47	63.64	-	-	82.22	59.54	-	141.75
41	45	-	33.24	-	-	128.16	113.76	-	241.91
46	50	-	-	-	0.44	169.17	122.28	-	291.89
51	55	-	-	-	-	108.78	84.29	-	193.07
56	60	-	-	-	-	110.17	217.86	-	328.04
61	65	-	-	-	-	327.93	165.96	-	493.88
66	70	-	-	-	-	206.82	376.58	-	583.40

Nota: En la prima de riesgo total no incluye las coberturas CB01 y CB02

El siguiente gráfico muestra la tendencia de esta prima según el rango de edad.

Figura 7

Prima de riesgo – sexo femenino



Descripción de Coberturas:

- CB01 Complicación del recién nacido
- CB02 Maternidad
- CB03 Trasplante de órganos
- CB04 Prótesis corporales internas
- CB05 Hospitalización
- CB06 Beneficio por atención ambulatoria
- CB07 Beneficio de transporte por evacuación



Ahora se obtendrá la ecuación para ajustar la prima de las mujeres, pero en este caso no se toman en cuenta las coberturas relacionadas a la maternidad de la mujer, es decir, CB01 y CB02, las que se calculan posteriormente.

Aplicando el mismo método que se utilizó para ajustar la prima para el sexo masculino.

Al formular el programa de optimización se tiene que:

Figura 8

Optimización prima - sexo femenino

MODELO

$$\alpha = 0$$

$$\beta = 0$$

SEXO FEMENINO

X_j	$Y_j = PRT_j$	$Y'_j = \alpha * e^{\beta * X_j}$	$Y_j - Y'_j$	$(Y_j - Y'_j)^2$	$Aseg_j$	$\widehat{Y}_j * Aseg_j$
1	115.75	-	-115.7	13,397.204	2,662	-
2	70.63	-	-70.6	4,988.074	3,534	-
3	123.11	-	-123.1	15,155.552	3,082	-
4	141.75	-	-141.8	20,093.589	2,065	-
5	241.91	-	-241.9	58,522.554	1,785	-
6	291.89	-	-291.9	85,201.289	1,322	-
7	193.07	-	-193.1	37,274.303	842	-
8	328.04	-	-328.0	107,608.268	426	-
9	493.88	-	-493.9	243,921.571	146	-
10	583.40	-	-583.4	340,357.678	35	-
TOTAL				$\Sigma = 926,520$	$\Sigma =$	-

Resolviendo se obtienen los siguientes valores para los parámetros:

$$\alpha = 66.1943530950249$$

$$\beta = 0.215290779921878$$



El resultado se muestra a continuación:

Figura 9

Resultado de la optimización prima - sexo femenino

MODELO

$$\alpha = 66.1943531$$

$$\beta = 0.21529078$$

SEXO FEMENINO

X_i	$Y_i = PRT_i$	$Y'_i = \alpha * e^{\beta * X_i}$	$Y_i - Y'_i$	$(Y_i - Y'_i)^2$	$Aseg_i$	$\widehat{Y}_i * Aseg_i$
1	115.75	82.096	-33.7	1,132.361	2,662	218,539
2	70.63	101.817	31.2	972.857	3,534	359,821
3	123.11	126.276	3.2	10.035	3,082	389,182
4	141.75	156.610	14.9	220.763	2,065	323,400
5	241.91	194.231	-47.7	2,273.686	1,785	346,703
6	291.89	240.890	-51.0	2,601.279	1,322	318,456
7	193.07	298.757	105.7	11,170.690	842	251,553
8	328.04	370.525	42.5	1,805.246	426	157,844
9	493.88	459.534	-34.4	1,179.958	146	67,092
10	583.40	569.924	-13.5	181.652	35	19,947
TOTAL				$\Sigma = 21,549$		$\Sigma = 2,452,537$

$$\text{Min} \left\{ \sum_{i=1}^{10} (\widehat{Y}_i - Y_i)^2 \right\}$$

Sujeto a:

$$Z = \left\{ \sum_{i=1}^{10} (\widehat{Y}_i * Aseg_i) - S \right\} = 0$$

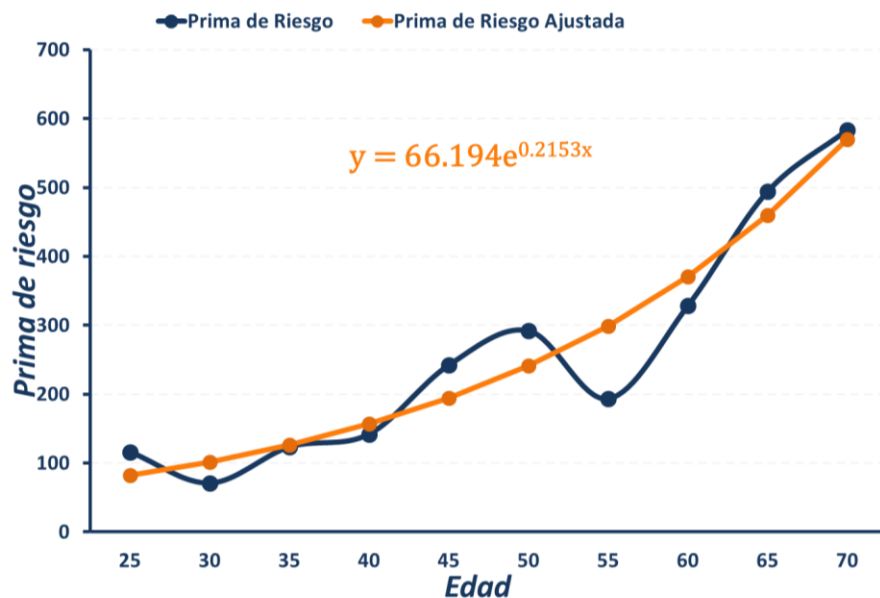
$$\alpha, \quad \beta > 0$$



El resultado del ajuste se muestra gráficamente a continuación:

Figura 10

Ajuste de prima de riesgo - sexo femenino



por tanto:

$$Y'_j = 66.1943530950249 e^{0.215290779921878X_j} \quad (\text{Ec.6})$$

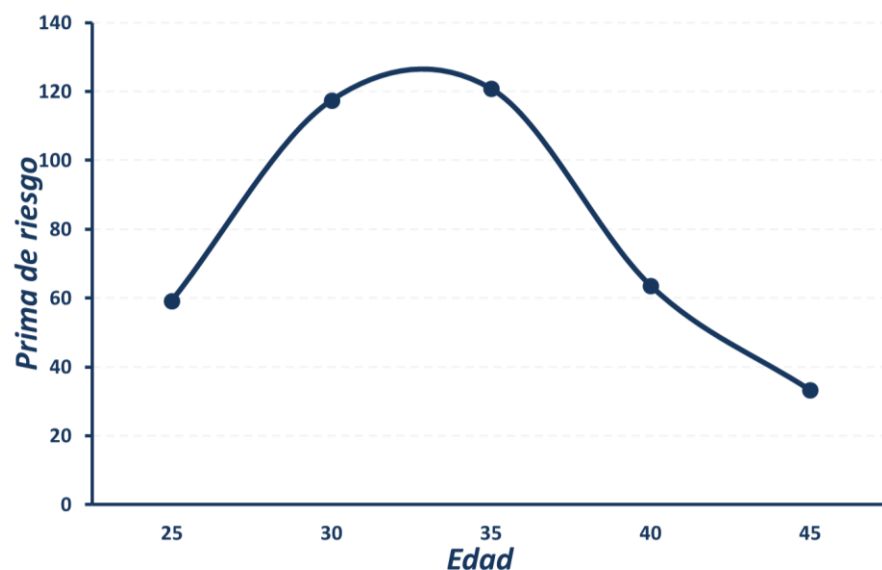
Con esta función se ajusta la prima de las mujeres que no se relacionan con la maternidad. En el **Anexo 5** se desarrolla la prueba de bondad de ajuste del modelo.

La cobertura de **maternidad** no tiene el mismo comportamiento que las demás coberturas, puesto que depende de la etapa de fertilidad en la vida de la mujer, en el siguiente gráfico podemos observar su tendencia.



Figura 11

Prima de riesgo maternidad



Esta prima la ajustamos mediante una ecuación polinómica de orden 3, que es la que mejor se ajusta a los datos con un $R^2=0.979$. La ecuación es la siguiente:

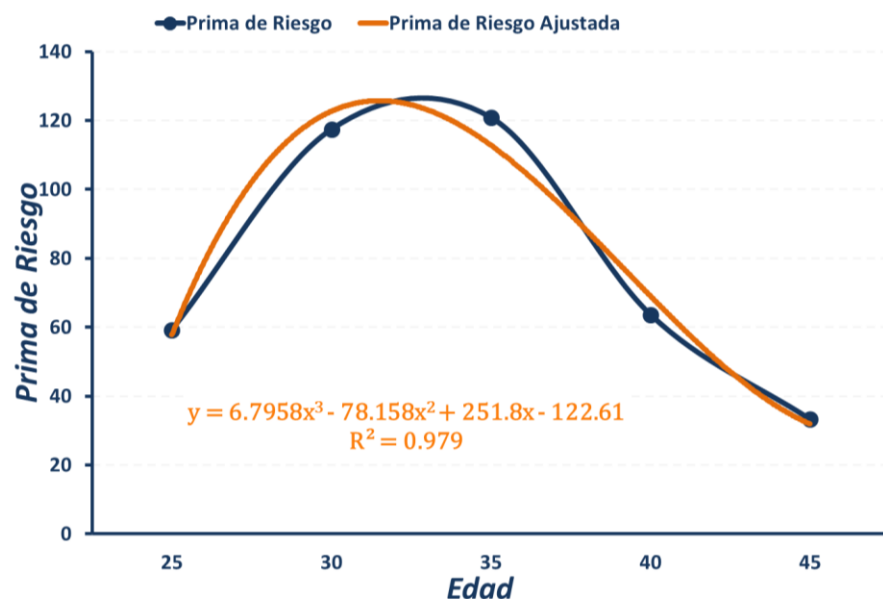
$$Y'_X = 6.7958x^3 - 78.1582x^2 + 251.7975x - 122.6089 \quad \text{Ec. (7)}$$

La deducción de esta ecuación se explica en el **Anexo 8**. La curva ajustada mediante la *Ec. (7)* se muestra en el siguiente gráfico.



Figura 12

Prima de riesgo ajustada cobertura de maternidad



En el caso de la cobertura *complicación del recién nacido* se aplicará la prima calculada anteriormente y que se muestra en la **Tabla 7**.

Una vez que hemos definido la prima para estas coberturas, podemos calcular la prima de riesgo para el sexo femenino.

Tabla 8

Prima de riesgo ajustada por cobertura y rango de edad – sexo femenino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	0.60	57.83	0.40	0.59	45.89	34.67	0.54	140.52
26	30	6.94	122.72	0.50	0.73	56.92	43.00	0.67	231.48
31	35	3.86	112.85	0.62	0.91	70.59	53.33	0.83	242.98
36	40	0.47	68.98	0.77	1.13	87.55	66.14	1.02	226.06
41	45	-	31.90	0.96	1.40	108.58	82.03	1.27	226.13
46	50	-	-	1.19	1.74	134.66	101.73	1.57	240.89
51	55	-	-	1.47	2.16	167.01	126.17	1.95	298.76
56	60	-	-	1.83	2.67	207.13	156.48	2.42	370.53
61	65	-	-	2.26	3.32	256.89	194.07	3.00	459.53
66	70	-	-	2.81	4.11	318.60	240.68	3.72	569.92



5. Prima de Riesgo Para Hijos

La póliza también incluye cobertura para los hijos menores de edad a cargo del titular de la póliza. Para calcular la prima de riesgo se cuenta con la experiencia de hijos menores de edad asegurados, en el período 2008-2012 (**Anexo 4**).

En base a la experiencia obtenida y haciendo uso de las *Ec. (3) y (4)* se obtiene la siguiente prima de riesgo:

Tabla 9

Prima de riesgo para los hijos menores de edad.

EDAD	COBERTURAS							TOTAL
	CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
TOTAL	0.00	0.00	0.00	2.02	59.42	23.75	0.01	85.20

Por tanto, la prima de riesgo a utilizar es de **US\$85.20**

Descripción de Coberturas:

CB01	Complicación del recién nacido
CB02	Maternidad
CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



Sección V. Cálculo de la prima comercial

La fórmula para el cálculo de la prima comercial anual es:

$$PC = \frac{PR * (1 + \varepsilon_1)}{1 - (\varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5)} \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

- PC: Prima comercial
- PR: Prima de riesgo
- ε_1 : Margen de seguridad (3%)
- ε_2 : Gastos de administración (15%)
- ε_3 : Gastos de adquisición (15%)
- ε_4 : Utilidad (2%)
- ε_5 : Costo de reaseguro (9%)

Utilizando la *Ec. (8)* y la prima de riesgo ajustada se obtiene la prima comercial.



Tabla 10

Prima comercial por rango de edad y cobertura - sexo masculino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	-	-	0.39	0.57	43.79	33.08	0.51	78.34
26	30	-	-	0.49	0.71	55.22	41.71	0.65	98.77
31	35	-	-	0.61	0.90	69.62	52.59	0.81	124.53
36	40	-	-	0.77	1.13	87.77	66.31	1.03	157.01
41	45	-	-	0.98	1.43	110.66	83.60	1.29	197.96
46	50	-	-	1.23	1.80	139.53	105.41	1.63	249.59
51	55	-	-	1.55	2.27	175.92	132.90	2.06	314.69
56	60	-	-	1.96	2.86	221.80	167.56	2.59	396.76
61	65	-	-	2.47	3.61	279.64	211.26	3.27	500.24
66	70	-	-	3.11	4.55	352.58	266.35	4.12	630.71

Tabla 11

Prima comercial por rango de edad y cobertura sexo femenino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	1.05	100.95	0.71	1.03	80.12	60.53	0.94	245.32
26	30	12.12	214.24	0.88	1.28	99.36	75.06	1.16	404.10
31	35	6.74	197.00	1.09	1.59	123.23	93.10	1.44	424.19
36	40	0.82	120.43	1.35	1.97	152.84	115.46	1.79	394.65
41	45	-	55.69	1.67	2.45	189.55	143.20	2.22	394.77
46	50	-	-	2.07	3.03	235.09	177.60	2.75	420.54
51	55	-	-	2.57	3.76	291.56	220.26	3.41	521.56
56	60	-	-	3.19	4.67	361.60	273.17	4.23	646.85
61	65	-	-	3.95	5.79	448.46	338.79	5.24	802.24
66	70	-	-	4.90	7.18	556.19	420.18	6.50	994.95

Descripción de Coberturas:

CB01	Complicación del recién nacido
CB02	Maternidad
CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



Tabla 12

Prima comercial para hijos menores

EDAD	COBERTURAS							TOTAL
	CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
TOTAL	0.00	0.00	0.00	3.52	103.74	41.46	0.02	148.74

Tabla 13

Resumen de prima comercial

EDAD		SEXO	
		Masculino	Femenino
Hijos		148.74	
18	25	78.34	245.32
26	30	98.77	404.10
31	35	124.53	424.19
36	40	157.01	394.65
41	45	197.96	394.77
46	50	249.59	420.54
51	55	314.69	521.56
56	60	396.76	646.85
61	65	500.24	802.24
66	70	630.71	994.95

Descripción de Coberturas:

CB01	Complicación del recién nacido
CB02	Maternidad
CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



VI. Conclusiones

A lo largo del desarrollo de esta monografía, se ha cumplido con el objetivo general de elaborar la nota técnica para un seguro de gastos médicos, abordando de manera integral los aspectos fundamentales para su tarificación y evaluación, se han descrito las bases técnicas y se han calculado las primas correspondientes. A continuación, se presentan las principales conclusiones obtenidas a partir del cumplimiento de los objetivos específicos:

Descripción de las bases técnicas en la tarificación: Se ha logrado identificar y describir de forma detallada las principales bases técnicas que sustentan la tarificación de un seguro de gastos médicos: factores determinantes del costo del seguro, manejo de la información de siniestros y asegurados, graduación de datos mediante modelos de regresión y la optimización para garantizar primas suficientes y competitivas en el mercado.

Determinación de la prima de riesgo: Utilizando la información técnica recabada, se determinó la prima de riesgo, considerando las coberturas previstas, diferenciándolas por los factores de riesgos que aplica la compañía, tales como la edad y sexo. Se aplicaron técnicas de suavización y optimización para eliminar las fluctuaciones entre las edades consecutivas y asegurar la suficiencia de prima.

Estimación de la prima comercial: A partir de la prima de riesgo, se procedió a estimar la prima comercial, incluyendo margen de seguridad, gastos administrativos, gastos de adquisición, utilidad y costo de reaseguro. La inclusión de estos elementos permitió obtener una prima comercial la cual cubre los riesgos inherentes al seguro, además considera los gastos operativos para lograr el equilibrio técnico del producto.



VII. Recomendaciones

Optimización de la calidad y cantidad de información: El cálculo de primas adecuadas depende significativamente de la cantidad y calidad de la información utilizada en el proceso de tarificación, se recomienda invertir tiempo y recursos en la obtención y depuración de datos, garantizando que la información sea precisa y consistente. La validación contable y de consistencia son pasos fundamentales que deben ser ejecutados rigurosamente. Contar con datos de calidad permitirá mejorar la precisión de los modelos y la toma de decisiones en la tarificación.

Modelos simples y eficientes: En el desarrollo de modelos actuariales, se recomienda aplicar el principio de simplicidad, los modelos deben ser fáciles de implementar y ajustar, para asegurar su viabilidad en el tiempo y facilitar su interpretación por parte de otros profesionales. Modelos complejos pueden generar resultados precisos, pero también aumentan el riesgo de errores y dificultades en su uso. Al optar por modelos sencillos y claros, es posible optimizar el tiempo y los recursos, logrando resultados eficientes y precisos que puedan ser actualizados con facilidad.

Enfoque técnico y humano en la tarificación: Como actuarios, es esencial combinar una visión técnica con una perspectiva humana al diseñar productos de seguros, no solo debemos enfocarnos en garantizar la rentabilidad de los productos, sino también en proporcionar soluciones que mejoren la vida de los asegurados, mantener este balance entre lo técnico y lo humano es clave para asegurar que el seguro cumpla su función social de protección, mientras sigue siendo sostenible y rentable para las aseguradoras.



VIII. Bibliografía

- Arias, T. D. (1992). El Actuario y su historia (PDF). En *Título de Actuarios* (p. 10).
- Asamblea Nacional (2010). Ley No 733, Ley general de seguros, reaseguros y fianzas, Publicada en La Gaceta No 162, 163 y 164 Managua Nicaragua.
- Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros. (1986). *Manual del seguro contra accidentes personales*.
- Ayuso Gutiérrez, M., Corrales Herrero, H., Guillén Estany, M., Rojo García, J. L., & Pérez Marín, A. M. (2001). *Estadística actuarial vida*.
- Bàguena, J. G. (2007). *Regresión Lineal Simple*.
- Calderón Sánchez, I., & García Arenas, A. (2006). *Modelo de un pronóstico de siniestros en el seguro de gastos médicos mayores individual*. Universidad de Las Américas - Puebla.
- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2006). *Métodos numéricos para ingenieros* (5 ta). Mc Graw Hill.
- Inflación médica y su impacto en gastos médicos y salud, (2022). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/752486/Estudio_inflaci_n_m_dica_VF2.pdf
- Estándar de práctica actuarial No.01, 10 (2003). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/73478/ANEXO_4.3.1-a.pdf
- Herrera Ruiz, F. J. (2010). *Selección de riesgo en el Seguro de Salud* [Universidad de Barcelona]. http://www.servidor-gestisqs.com/ub/intranet/pdf/tesis_alumnos/Javier_Herrera.Seleccion_Salud.pdf
- Jones, H. E., & Long, D. L. (1998). *Principios del Seguro de Vida , Salud y Rentas*



Vitalicias (I. VAllenilla (ed.); Español).

Lancheros, D. C. (2011). *Tarifación : elemento central de la actividad aseguradora*. 366–418.

Licenciatura en Ciencias Actuariales y Financieras - PROAFAC - UNAN León. (2017).
<http://proafac.unanleon.edu.ni/actuariales/index.html>

Merino Maestre, M. (2013). Técnicas Clásicas de Optimización (pdf). *Programación Continua Lineal y no Lineal*.

Núñez Castro, R. (2016). *Seguro de Gastos Médicos*.
<https://www.consultoriaactuarial.com/2016/10/20/seguro-de-gastos-medicos/>

Norma para la elaboración de notas técnicas y estudios actuariales, 10 (2016).
<https://www.superintendencia.gob.ni/documentos/norma-para-la-elaboración-de-notas-técnicas-y-estudios-actuariales>

Taha, H. a. (2012). *Investigación de operaciones* (9na ed.). PEARSON EDUCACIÓN.
<https://doi.org/004>

Trowbridge, C. L. (1989). Fundamental Concepts of Actuarial Science. En *Actuarial Education and Research Fund*. Actuarial Education and Research Fund.
http://www.actuarialfoundation.org/research_edu/fundamental.pdf

Vargas Aguilar, J. C. (2003). *Fundamentos para el Desarrollo de Productos de Daños (PDF)* (p. 145).

Wooldridge, J. M. (2013). *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno* (4 ta).



Anexos



Anexo 1: Asegurados expuestos

Tabla 14

Asegurados expuestos 2008-2012 - sexo masculino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	-	-	2,364	2,089	2,390	1,774	2,362	2,390
26	30	-	-	3,251	2,847	3,311	2,273	3,309	3,311
31	35	-	-	2,967	2,561	3,194	2,520	3,184	3,194
36	40	-	-	1,891	1,652	2,254	2,030	2,246	2,254
41	45	-	-	1,389	1,246	1,960	1,831	1,943	1,960
46	50	-	-	970	858	1,595	1,543	1,585	1,595
51	55	-	-	586	511	994	972	993	994
56	60	-	-	313	276	632	630	632	632
61	65	-	-	168	152	220	217	212	220
66	70	-	-	47	41	54	53	54	54
TOTAL		-	-	13,946	12,233	16,604	13,843	16,520	16,604

Tabla 15

Asegurados expuestos 2008-2012 - sexo femenino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	1,767	1,778	2,654	2,360	2,662	2,657	2,658	2,662
26	30	3,097	3,103	3,464	3,059	3,534	3,484	3,519	3,534
31	35	2,633	2,662	2,885	2,521	3,082	3,026	3,066	3,082
36	40	1,628	1,647	1,838	1,595	2,065	2,012	2,040	2,065
41	45	752	753	1,393	1,243	1,785	1,752	1,778	1,785
46	50	252	252	1,004	875	1,322	1,289	1,322	1,322
51	55	65	65	659	574	842	826	835	842
56	60	30	30	366	320	426	419	424	426
61	65	12	12	129	112	146	146	145	146
66	70	1	1	35	32	35	35	35	35
TOTAL		10,237	10,303	14,427	12,691	15,899	15,646	15,822	15,899

Descripción de Coberturas:

CB01	Complicación del recién nacido
CB02	Maternidad
CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



Anexo 2: Número de siniestros presentados

Tabla 16

Número de siniestros presentados 2008-2012 - sexo masculino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	-	-	-	-	57	1,331	3	1,391
26	30	-	-	-	-	77	306	1	384
31	35	-	-	2	2	92	455	2	553
36	40	-	-	-	1	122	1,171	-	1,294
41	45	-	-	-	-	93	472	2	567
46	50	-	-	-	1	77	386	1	465
51	55	-	-	-	-	28	519	1	548
56	60	-	-	-	-	78	665	-	743
61	65	-	-	-	1	16	117	-	134
66	70	-	-	-	-	7	65	-	72
TOTAL		-	-	2	5	647	5,487	10	6,151

Tabla 17

Número de siniestros presentados 2008-2012 - Sexo Femenino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	2	418	-	-	120	2,600	-	3,140
26	30	24	1,715	-	-	196	853	-	2,788
31	35	16	1,580	-	-	234	1,491	-	3,321
36	40	1	433	-	-	161	1,321	-	1,916
41	45	-	14	-	-	183	1,894	-	2,091
46	50	-	-	-	1	170	1,491	-	1,662
51	55	-	-	-	-	72	783	-	855
56	60	-	-	-	-	30	593	-	623
61	65	-	-	-	-	13	382	-	395
66	70	-	-	-	-	9	128	-	137
TOTAL		43	4,160	-	1	1,188	11,536	-	16,928

Descripción de Coberturas:

CB01	Complicación del recién nacido
CB02	Maternidad
CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



Anexo 3: Monto de los siniestros

Tabla 18

Monto de los siniestros 2008-2012 - sexo masculino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	-	-	-	-	69,529	121,082	576	191,188
26	30	-	-	-	-	94,867	35,587	1,952	132,406
31	35	-	-	21,294	5,527	110,686	46,036	355	183,897
36	40	-	-	-	343	168,493	134,192	-	303,027
41	45	-	-	-	-	126,945	52,200	147	179,293
46	50	-	-	-	3,840	133,575	48,507	164	186,086
51	55	-	-	-	-	71,261	68,299	36	139,596
56	60	-	-	-	-	101,799	79,612	-	181,412
61	65	-	-	-	4,102	41,516	20,061	-	65,680
66	70	-	-	-	-	11,376	6,843	-	18,220
TOTAL		-	-	21,294	13,812	930,049	612,419	3,230	1,580,804

Tabla 19

Monto de los siniestros 2008-2012 - sexo masculino

EDAD		COBERTURAS							TOTAL
		CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
18	25	1,061	105,191	-	-	85,279	222,419	-	413,950
26	30	21,493	364,215	-	-	179,579	69,024	28,051	662,362
31	35	10,168	321,740	-	-	243,715	133,238	-	708,861
36	40	767	104,811	-	-	169,776	119,786	-	395,140
41	45	-	25,028	-	-	228,758	199,305	-	453,091
46	50	-	-	-	387	223,647	157,615	-	381,649
51	55	-	-	-	-	91,593	69,620	-	161,213
56	60	-	-	-	-	46,934	91,285	-	138,219
61	65	-	-	-	-	47,877	24,230	-	72,107
66	70	-	-	-	-	7,239	13,180	-	20,419
TOTAL		33,489	920,985	-	387	1,324,397	1,099,702	28,051	3,407,010

Descripción de Coberturas:

CB01	Complicación del recién nacido
CB02	Maternidad
CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



Anexo 4: Información estadística hijos

Tabla 20

Asegurados expuestos 2008-2012 (Hijos 0 – 18 años)

EDAD	COBERTURAS							TOTAL
	CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
TOTAL	0	0	7,437	6,533	7,692	7,690	7,447	7,692

Tabla 21

Reclamos presentados 2008-2012 (Hijos 0 – 18 años)

EDAD	COBERTURAS							TOTAL
	CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
TOTAL	0	0	0	2	718	3,866	1	4,587

Tabla 22

Monto de los reclamos 2008-2012 (Hijos 0 – 18 años)

EDAD	COBERTURAS							TOTAL
	CB01	CB02	CB03	CB04	CB05	CB06	CB07	
TOTAL	0	0	0	13,188	457,090	182,613	94	652,985

Descripción de Coberturas:

CB01	Complicación del recién nacido
CB02	Maternidad
CB03	Trasplante de órganos
CB04	Prótesis corporales internas
CB05	Hospitalización
CB06	Beneficio por atención ambulatoria
CB07	Beneficio de transporte por evacuación



Anexo 5: Bondad de ajuste de los modelos

La prima para el sexo masculino fue ajustada con el siguiente modelo exponencial.

$$Y'_i = 35.5919689785351e^{0.231753373757034X_i}$$

Y_i	Y'_i	$(Y_i - Y'_i)^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
97.6	44.9	2,778.8	4,362.9
44.9	56.6	136.4	14,099.9
62.4	71.3	80.4	10,256.1
141.1	89.9	2,613.8	509.7
93.4	113.4	401.7	4,940.5
119.8	143.0	538.7	1,925.4
142.0	180.3	1,464.2	468.6
287.4	227.3	3,620.6	15,327.0
308.1	286.5	466.6	20,882.3
339.8	361.3	461.7	31,029.0
$\bar{Y} = 163.6$		$\Sigma = 12,563.1$	$\Sigma = 103,801.4$

$$R^2 = \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \right\} = 0.8790$$

La prima para el sexo femenino fue ajustada con el siguiente modelo exponencial.

$$Y'_j = 66.1943530950249e^{0.215290779921878X_j}$$

Y_i	Y'_i	$(Y_i - Y'_i)^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
115.7	82.1	1,132.4	20,333.8
70.6	101.8	972.9	35,237.5
123.1	126.3	10.0	18,288.5
141.8	156.6	220.8	13,593.4
241.9	194.2	2,273.7	269.9
291.9	240.9	2,601.3	1,125.6
193.1	298.8	11,170.7	4,261.1
328.0	370.5	1,805.2	4,857.3
493.9	459.5	1,180.0	55,479.7
583.4	569.9	181.7	105,663.4
$\bar{Y} = 258.3$		$\Sigma = 21,548.5$	$\Sigma = 259,110.2$

$$R^2 = \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \right\} = 0.9168$$



Anexo 6: Cálculo de los parámetros de la regresión lineal

Estimación de los parámetros: Método mínimos cuadrado

$$y'_i = a + bx_i$$

Minimizar la sumatoria de los errores cuadráticos

$$\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2$$

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2$$

Para encontrar los valores a y b, determinamos las derivadas parciales para a y b:

Derivando respecto **a**, aplicando regla de la cadena.

$$\frac{ds}{da} \left(\sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \right) = \sum_{i=1}^n -2(y_i - a - bx_i)$$

$$\frac{ds}{da} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)$$

Derivando respecto **b**, aplicando regla de la cadena.

$$\frac{ds}{db} \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 = \sum_{i=1}^n -2x_i(y_i - a - bx_i)$$

$$\frac{ds}{db} = -2 \sum_{i=1}^n (x_i y_i + x_i a + bx_i^2)$$



Igualando a cero las derivadas, obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned} -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) &= 0 \\ -2 \sum_{i=1}^n (x_i y_i + x_i a + bx_i^2) &= 0 \end{aligned}$$

Cancelamos el 2, desarrollamos los paréntesis y reordenamos el resultado:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n a + \sum_{i=1}^n bx_i - \sum_{i=1}^n y_i &= 0 \\ \sum_{i=1}^n ax_i + \sum_{i=1}^n bx_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i y_i &= 0 \end{aligned}$$

Despejamos los factores independientes:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n a + \sum_{i=1}^n bx_i &= \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n ax_i + \sum_{i=1}^n bx_i^2 &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{aligned}$$

Aplicando propiedades sumatorias:

$$\begin{aligned} na + b \sum_{i=1}^n x_i &= \sum_{i=1}^n y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{aligned}$$



Despejando a en la primera ecuación del sistema:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Sustituyendo en la ecuación 2 del sistema.

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \right) + b \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

Desarrollamos el paréntesis

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i - b (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n} \right) + b \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

Multiplicamos por n para eliminar el denominador del primer término:

$$\sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i - b \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 + n \cdot b \sum_{i=1}^n x_i^2 = n \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

Despejando b

$$nb \sum_{i=1}^n x_i^2 - b \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 = n \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

$$b \left(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) = n \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$



Despejando a

$$na + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i$$

$$na = \sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i}{n}$$



Anexo 7: Desarrollo polinomio

El procedimiento de mínimos cuadrados se puede extender fácilmente al ajuste de datos con un polinomio de grado r .

Estimación de los parámetros: Método mínimos cuadrado

$$Y'_i = a_0 + a_1X_i + a_2X_i^2 + \dots + a_rX_i^r$$

Minimizar la sumatoria de la diferencia de los valores estimados Y'_i y el valor observado de Y_i

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2$$

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - a_0 - a_1X_i - a_2X_i^2 - \dots - a_rX_i^r)^2$$

Siguiendo el procedimiento del anexo anterior, obtenemos la derivada de la ecuación con respecto a cada uno de los coeficientes desconocidos del polinomio e igualamos a cero para obtener el mínimo.

Derivando respecto a cada coeficiente, aplicando regla de la cadena.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{ds}{da_0} = -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - a_0 - a_1X_i - a_2X_i^2 - \dots - a_rX_i^r) = 0 \\ \frac{ds}{da_1} = -2 \sum_{i=1}^n X_i (Y_i - a_0 - a_1X_i - a_2X_i^2 - \dots - a_rX_i^r) = 0 \\ \frac{ds}{da_2} = -2 \sum_{i=1}^n X_i^2 (Y_i - a_0 - a_1X_i - a_2X_i^2 - \dots - a_rX_i^r) = 0 \\ \frac{ds}{da_r} = -2 \sum_{i=1}^n X_i^r (Y_i - a_0 - a_1X_i - a_2X_i^2 - \dots - a_rX_i^r) = 0 \end{array} \right.$$



En las ecuaciones anteriores cancelamos el 2, reordenando tenemos:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 X_i + a_2 X_i^2 + \dots + a_r X_i^r - Y_i) = 0 \\ \sum_{i=1}^n X_i (a_0 + a_1 X_i + a_2 X_i^2 + \dots + a_r X_i^r - Y_i) = 0 \\ \sum_{i=1}^n X_i^2 (a_0 + a_1 X_i + a_2 X_i^2 + \dots + a_r X_i^r - Y_i) = 0 \\ \sum_{i=1}^n X_i^r (a_0 + a_1 X_i + a_2 X_i^2 + \dots + a_r X_i^r - Y_i) = 0 \end{array} \right.$$

Desarrollamos los paréntesis:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n a_0 + \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) a_1 + \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 \right) a_2 + \dots + \left(\sum_{i=1}^n X_i^r \right) a_r - \sum_{i=1}^n Y_i = 0 \\ \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) a_0 + \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 \right) a_1 + \left(\sum_{i=1}^n X_i^3 \right) a_2 + \dots + \left(\sum_{i=1}^n X_i^{r+1} \right) a_r - \sum_{i=1}^n Y_i X_i = 0 \\ \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 \right) a_0 + \left(\sum_{i=1}^n X_i^3 \right) a_1 + \left(\sum_{i=1}^n X_i^4 \right) a_2 + \dots + \left(\sum_{i=1}^n X_i^{r+2} \right) a_r - \sum_{i=1}^n Y_i X_i^2 = 0 \\ \left(\sum_{i=1}^n X_i^r \right) a_0 + \left(\sum_{i=1}^n X_i^{r+2} \right) a_1 + \left(\sum_{i=1}^n X_i^{r+3} \right) a_2 + \dots + \left(\sum_{i=1}^n X_i^{2r} \right) a_r - \sum_{i=1}^n Y_i X_i^r = 0 \end{array} \right.$$



Despejamos los términos independientes:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n X_i + a_2 \sum_{i=1}^n X_i^2 + \cdots + a_r \sum_{i=1}^n X_i^r = \sum_{i=1}^n Y_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n X_i + a_1 \sum_{i=1}^n X_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^n X_i^3 + \cdots + a_r \sum_{i=1}^n X_i^{r+1} = \sum_{i=1}^n Y_i X_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n X_i^2 + a_1 \sum_{i=1}^n X_i^3 + a_2 \sum_{i=1}^n X_i^4 + \cdots + a_r \sum_{i=1}^n X_i^{r+2} = \sum_{i=1}^n Y_i X_i^2 \\ a_0 \sum_{i=1}^n X_i^r + a_1 \sum_{i=1}^n X_i^{r+1} + a_2 \sum_{i=1}^n X_i^{r+2} + \cdots + a_r \sum_{i=1}^n X_i^{2r} = \sum_{i=1}^n Y_i X_i^r \end{array} \right.$$

Para encontrar los coeficientes de la función polinómica de grado r , resolvemos el sistema de ecuaciones anterior, mediante alguno de los métodos conocidos para la solución de sistema de ecuaciones.



Anexo 8: Definición de los coeficientes del polinomio de orden 3 de la cobertura de maternidad

Dados los siguientes valores para Y_j necesitamos definir la ecuación que se ajuste a estos datos.

X_i	Y_i
1	59.16
2	117.38
3	120.86
4	63.64
5	33.24
$\Sigma = 15$	394.28

La forma general de encontrar los coeficientes de una función polinómica de grado r , es resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_1 n + a_2 \sum_{j=1}^n X_j + a_3 \sum_{j=1}^n X_j^2 + \dots + a_{r+1} \sum_{j=1}^n X_j^r = \sum_{j=1}^n Y_j \\ a_1 \sum_{j=1}^n X_j + a_2 \sum_{j=1}^n X_j^2 + a_3 \sum_{j=1}^n X_j^3 + \dots + a_{r+1} \sum_{j=1}^n X_j^{r+1} = \sum_{j=1}^n X_j Y_j \\ a_1 \sum_{j=1}^n X_j^2 + a_2 \sum_{j=1}^n X_j^3 + a_3 \sum_{j=1}^n X_j^4 + \dots + a_{r+1} \sum_{j=1}^n X_j^{r+2} = \sum_{j=1}^n X_j^2 Y_j \\ \vdots \\ a_1 \sum_{j=1}^n X_j^r + a_2 \sum_{j=1}^n X_j^{r+1} + a_3 \sum_{j=1}^n X_j^{r+2} + \dots + a_{r+1} \sum_{j=1}^n X_j^{2r} = \sum_{j=1}^n X_j^r Y_j \end{array} \right.$$



Donde r es el grado de la ecuación y $a_1, a_2 \dots a_{r+1}$, son los coeficientes de dicha ecuación. Por tanto, para nuestros intereses, el sistema de ecuaciones que debemos resolver es el siguiente:

$$\begin{cases} an + b \sum_{j=1}^n X_j + c \sum_{j=1}^n X_j^2 + d \sum_{j=1}^n X_j^3 = \sum_{j=1}^n Y_j \\ a \sum_{j=1}^n X_j + b \sum_{j=1}^n X_j^2 + c \sum_{j=1}^n X_j^3 + d \sum_{j=1}^n X_j^4 = \sum_{j=1}^n X_j Y_j \\ a \sum_{j=1}^n X_j^2 + b \sum_{j=1}^n X_j^3 + c \sum_{j=1}^n X_j^4 + d \sum_{j=1}^n X_j^5 = \sum_{j=1}^n X_j^2 Y_j \\ a \sum_{j=1}^n X_j^3 + b \sum_{j=1}^n X_j^4 + c \sum_{j=1}^n X_j^5 + d \sum_{j=1}^n X_j^6 = \sum_{j=1}^n X_j^3 Y_j \end{cases}$$

La matriz aumentada por resolver es la siguiente:

$$\left[\begin{array}{cccc} n & \sum_{j=1}^n X_j & \sum_{j=1}^n X_j^2 & \sum_{j=1}^n X_j^3 \\ \sum_{j=1}^n X_j & \sum_{j=1}^n X_j^2 & \sum_{j=1}^n X_j^3 & \sum_{j=1}^n X_j^4 \\ \sum_{j=1}^n X_j^2 & \sum_{j=1}^n X_j^3 & \sum_{j=1}^n X_j^4 & \sum_{j=1}^n X_j^5 \\ \sum_{j=1}^n X_j^3 & \sum_{j=1}^n X_j^4 & \sum_{j=1}^n X_j^5 & \sum_{j=1}^n X_j^6 \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \sum_{j=1}^n Y_j \\ \sum_{j=1}^n X_j Y_j \\ \sum_{j=1}^n X_j^2 Y_j \\ \sum_{j=1}^n X_j^3 Y_j \end{array} \right]$$



Una vez se haya remplazado el valor de n , y de las sumatorias, sólo habrá que solucionar el sistema de ecuaciones por alguno de los métodos disponibles, Eliminación Gaussiana, Krammer, etc. Después de que se ha solucionado el sistema de ecuaciones entonces tendremos el valor de los parámetros a, b, c, d y e .

Ahora, teniendo en cuenta la matriz que definimos anteriormente, tenemos que encontrar los valores de la suma de X_j , la suma de $X_j^2, X_j^3, \dots, X_j^8$, de Y_j , de $X_j Y_j, X_j^2 Y_j, \dots, X_j^4 Y_j$ y de n que en nuestro caso es igual a 10, dado que según nuestros datos, hasta ese rango de edad ha habido asegurados expuestos.

Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

X_i	X_i^2	X_i^3	X_i^4	X_i^5	X_i^6	Y_i	$X_i Y_i$	$X_i^2 Y_i$	$X_i^3 Y_i$
1	1	1	1	1	1	59.16	59.16	59.16	59.16
2	4	8	16	32	64	117.38	234.75	469.50	939.00
3	9	27	81	243	729	120.86	362.59	1087.78	3263.33
4	16	64	256	1024	4096	63.64	254.55	1018.20	4072.81
5	25	125	625	3125	15625	33.24	166.19	830.93	4154.66
$\sum = 15$	55	225	979	4425	20515	394.28	1077.24	3465.57	12488.96

Remplazando los valores en la matriz tenemos...

5	15	55	225	394.28
15	55	225	979	1,077.24
55	225	979	4,425	3,465.57
225	979	4,425	20,515	12,488.96



Resolviendo por Gauss-Jordan...

1	3	11	45	78.86
15	55	225	979	1,077.24
55	225	979	4,425	3,465.57
225	979	4,425	20,515	12,488.96

1	3	11	45	78.86
0	10	60	304	-105.59
0	60	374	1,950	-871.47
0	304	1,950	10,390	-5,253.48

1	3	11	45	78.86
0	1	6	30	-10.56
0	60	374	1,950	-871.47
0	304	1,950	10,390	-5,253.48

1	0	-7	-46	110.53
0	1	6	30	-10.56
0	0	14	126	-237.94
0	0	126	1,148	-2,043.61

1	0	-7	-46	110.53
0	1	6	30	-10.56
0	0	1	9	-17.00
0	0	1	9	-16.22

1	0	0	17	-8.44
0	1	0	-24	91.42
0	0	1	9	-17.00
0	0	0	0	0.78

1	0	0	17	-8.44
0	1	0	-24	91.42
0	0	1	9	-17.00
0	0	0	1	6.80



1	0	0	0	-122.61	=a
0	1	0	0	251.80	=b
0	0	1	0	-78.16	=c
0	0	0	1	6.80	=d

Y nuestra ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$y' = 6.7958x^3 - 78.1582x^2 + 251.7975x - 122.6089$$

Y por último, para determinar en que medida se ajusta esta ecuación a nuestros datos, vamos a calcular el coeficiente de determinación R^2 que está dado por:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n (Y_j - Y'_j)^2}{\sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2}$$

Donde Y'_j , representa los valores que se obtienen para los diferentes valores de X_j .

Y_i	Y'_i	$(Y_i - Y'_i)^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
59.16	57.83	1.79	387.81
117.38	122.72	28.57	1483.78
120.86	112.85	64.27	1764.73
63.64	68.98	28.57	231.58
33.24	31.90	1.79	2081.00
$\bar{Y} = 78.86$	78.86	$\sum = 124.97$	5,948.89

$$R^2 = \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \right\} = 0.979$$



Anexo 9: Propiedades logarítmicas

Logaritmo natural

$$\ln 1 = 0$$

$$\ln x^r = r \cdot \ln x$$

$$\ln e = 1$$

$$e = 2.7182818$$

$$\ln e^x = x$$

$$\frac{d}{dx} \ln x = \frac{1}{x}$$

$$e^{\ln x} = x$$

$$\int \frac{1}{x} dx = \ln x + C$$

$$\ln(x \cdot y) = \ln x + \ln y$$

$$\ln\left(\frac{x}{y}\right) = \ln x - \ln y$$

Anexo 10: Propiedades de las sumatorias

$$\sum_{i=1}^n K = K \cdot n \quad K = \text{constante}$$

$$\sum_{i=1}^n K a_i = K \sum_{i=1}^n a_i \quad K = \text{constante}$$

$$\sum_{i=1}^n i = \frac{n(n+1)}{2}$$

$$\sum_{i=1}^n (a_i + b_i) = \sum_{i=1}^n a_i + \sum_{i=1}^n b_i$$

$$\sum_{i=1}^n (a_i - b_i) = \sum_{i=1}^n a_i - \sum_{i=1}^n b_i$$