



Universidad de Costa Rica

Escuela de Matemáticas

Contingencias de Vida II

CA-0309

Informe Final

Contingencias de Vida II

PROFESORA

Ifigenia Fallas Pizarro

ESTUDIANTES

Gustavo Alberto Amador Fonseca - C20451

Luis Fernando Amey Apuy - C20470

Javier Hernandez Navarro - C13674

Anthony Mauricio Jiménez Navarro - C24067

II - 2024

Índice

1	Introducción	1
2	Estadísticas Descriptivas de los Asegurados	1
3	Descripción del Producto	4
3.1	Principales Características	4
3.2	Objetivo del Producto	5
3.3	Exclusiones	5
4	Metodología Utilizada	5
4.1	Modelo de múltiples estados	6
4.2	Cálculo de Primas y Reservas Técnicas	8
4.3	Valoración de los Resultados	8
4.4	Cumplimiento Normativo	9
5	Supuestos	9
5.1	Supuestos Financieros	9
5.2	Supuestos Demográficos	10
5.3	Supuestos Operativos	11
5.4	Justificación de los Supuestos	11
6	Resultados	11
6.1	Cálculo de Primas y Reservas	18
6.2	Análisis de Sensibilidad	18
6.3	Validación de Hipótesis	19
6.4	Conclusión	19
7	Referencias	20
8	Anexos	21

1. Introducción

En el contexto del sector asegurador, los productos de cuidado a largo plazo representan una solución integral para atender las necesidades financieras asociadas a la dependencia funcional, la cual puede surgir debido a enfermedad, accidentes o el envejecimiento de la población. Este tipo de seguros se vuelve cada vez más relevante ante el envejecimiento demográfico global, donde se proyecta un aumento significativo en la proporción de personas mayores dependientes.

El presente documento tiene como objetivo presentar un análisis técnico y actuarial detallado del desarrollo de un producto de seguro de cuidados a largo plazo en Costa Rica. Para ello, se desarrollan y evalúan las hipótesis financieras y demográficas necesarias para garantizar la suficiencia de las reservas y la estabilidad del producto. La metodología empleada incluye modelos de Markov para la transición entre estados de dependencia, junto con un análisis de sensibilidad que permite evaluar la robustez de las tasas de interés seleccionadas, así como simulación estocástica mediante el modelo de Monte Carlo para estudiar distintas posibilidades del funcionamiento del seguro.

Además, este trabajo incorpora un análisis estadístico detallado de la población asegurada, considerando características como la edad, género y factores asociados al riesgo de dependencia funcional. Se describen las principales coberturas del producto, que incluyen pagos mensuales escalonados según la severidad de la dependencia, así como un beneficio único en caso de fallecimiento. Estos beneficios están diseñados para ofrecer un apoyo económico significativo a los asegurados y sus familias, asegurando una respuesta integral ante la pérdida de autonomía funcional.

A su vez, se detallan los fundamentos técnicos empleados para el cálculo de las primas, destacando la integración de principios actuariales alineados con estándares internacionales como las *International Standards of Actuarial Practice* (ISAP) y las *Actuarial Standards of Practice* (ASOP).

Este análisis no solo busca validar la viabilidad técnica del producto, sino también proporcionar una herramienta para la toma de decisiones estratégicas en el diseño y comercialización de seguros de largo plazo, contribuyendo al desarrollo sostenible del mercado asegurador.

2. Estadísticas Descriptivas de los Asegurados

Inicialmente, se cuenta con un portafolio de 5000 pólizas, el cual representa un grupo diverso y significativo de la población costarricense, diseñado para atender las necesidades específicas de cuidado a largo plazo. Este portafolio incluye asegurados de distintos rangos de edad y perfiles demográficos, ofreciendo una visión amplia de las características y necesidades de los clientes interesados en este tipo de cobertura. En esta sección se analizará la composición del portafolio asegurado en términos de edad y sexo.

El histograma [1] corresponde a la distribución de rangos de edad dentro del portafolio. Se observa a priori que la distribución tiene una forma aproximadamente simétrica o normal, con la mayor concentración de datos en el rango de edades entre 35 y 55 años, y el máximo valor se alcanza en el intervalo de 45 a 50 años, superando las 1500 observaciones. Esto sugiere que la mayoría de las

personas incluidas en el portafolio están en una etapa de vida adulta media, posiblemente vinculada con un período de estabilidad profesional y económica.

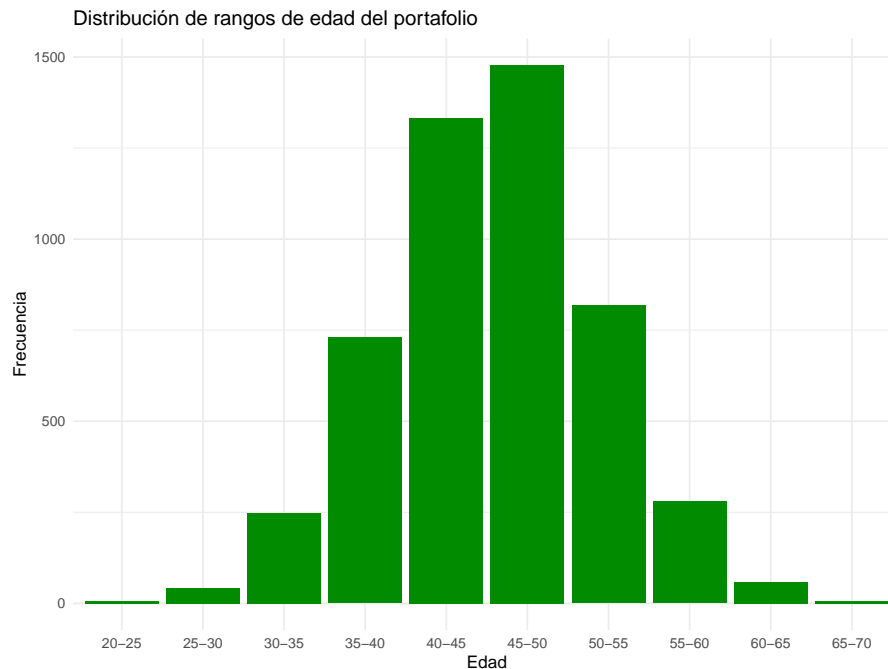


Figura 1: Distribución de rangos de edad del portafolio.

Por otro lado, los extremos de la distribución, representados por los rangos de 20 a 25 años y 65 a 70 años, presentan frecuencias mucho menores. Este fenómeno podría deberse a una menor incorporación de individuos jóvenes al portafolio o al retiro de los participantes mayores por causas como jubilación. La distribución, al estar concentrada en los intervalos centrales, indica una baja dispersión, lo que facilita identificar una tendencia clara en el perfil de edad predominante.

Desde una perspectiva descriptiva, esta concentración de edad puede tener implicaciones significativas para el portafolio. La alta presencia de individuos en edad laboral activa sugiere estabilidad económica en el corto y mediano plazo. Sin embargo, la falta de representación en los extremos, especialmente en los rangos más jóvenes, genera una preocupación, ya que podría representar un desafío a largo plazo. Es necesario garantizar un equilibrio generacional para evitar riesgos asociados al envejecimiento de la mayor parte de la población que pertenece al portafolio.

En conclusión, el gráfico ofrece una visión clara y detallada de la estructura de edades del portafolio, destacando la importancia de analizar cómo esta distribución influye en comportamientos futuros, con el fin de desarrollar estrategias para garantizar la sostenibilidad.

De manera similar, el gráfico [2] representa la distribución de la población del portafolio diferenciada por sexo y edad, generando la posibilidad de un análisis comparativo entre hombres y mujeres en cada rango de edad. Se observa que, en general, tanto hombres como mujeres presentan una distri-

bución similar, con un patrón simétrico y un pico de mayor frecuencia en el rango de edades entre 45 y 50 años. Este intervalo destaca como el grupo con mayor cantidad de observaciones para ambos sexos, con una ligera predominancia de las mujeres en esta categoría. En los rangos de edad adyacentes, como 40-45 y 50-55, también se nota una alta representación, lo que refuerza la concentración de la población en la etapa laboral activa.

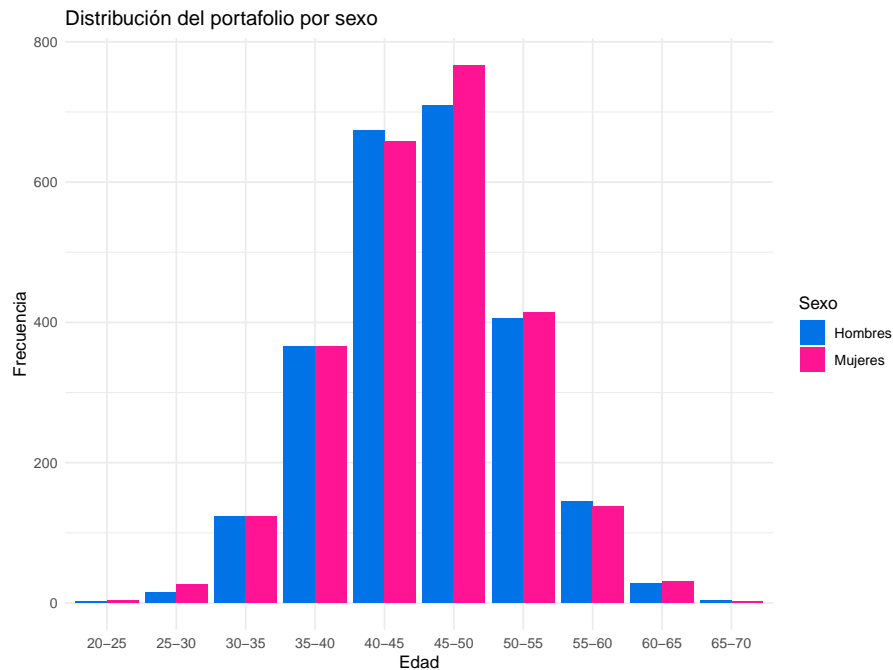


Figura 2: Distribución del portafolio por sexo.

En los extremos de la distribución, específicamente en los rangos de 20-25 y 65-70 años, se observa una baja frecuencia tanto para hombres como para mujeres, lo que sugiere una menor inclusión de individuos jóvenes y mayores en el portafolio. Sin embargo, en los intervalos centrales, los valores son más equilibrados.

La similitud en la forma de las distribuciones por sexo sugiere que ambos grupos tienen características demográficas similares en términos de edad dentro del portafolio. Esto podría reflejar tendencia natural en la composición de la población analizada con respecto a la población total del territorio.

En términos generales, la distribución confirma una alta concentración en edades centrales y cierta paridad entre hombres y mujeres, con algunas diferencias leves.

3. Descripción del Producto

El producto presentado es un **Seguro de Cuidados a Largo Plazo** (LTC, por sus siglas en inglés), este está diseñada para proteger a los asegurados ante la eventualidad de una pérdida de capacidad funcional, ya sea por enfermedad, accidente o envejecimiento. Esta protección se establece en función del nivel de restricción del asegurado, determinado por su capacidad para realizar actividades básicas de la vida diaria y actividades instrumentales de la vida diaria, las cuales reflejan el grado de asistencia requerido.

Los niveles de restricción se clasifican en cuatro categorías: leve, moderada, severa y profunda. Cada uno de estos niveles refleja el grado de dependencia del asegurado y determina tanto los beneficios que recibirá como las condiciones asociadas al pago de primas. A continuación, se describen las características de cada nivel, junto con los apoyos y coberturas que el seguro ofrece para garantizar el bienestar del asegurado según su necesidad.

- **Restricción leve:** En este nivel, el asegurado presenta una pérdida de autonomía leve, caracterizada por dificultades ocasionales para realizar actividades instrumentales de la vida diaria, pero puede llevar a cabo las actividades básicas de la vida diaria sin asistencia constante. En este estado, el asegurado paga únicamente la mitad de las primas del seguro.
- **Restricción moderada:** En este nivel, el asegurado requiere asistencia para realizar varias actividades básicas de la vida diaria específicas, pero todavía es capaz de realizar la mayoría de actividades de manera autónoma. En este nivel, el asegurado está exento del pago de primas, lo que alivia su carga económica.
- **Restricción severa:** Este nivel corresponde a la necesidad de atención constante para realizar la mayoría de las actividades básicas de la vida diaria, debido a un deterioro avanzado, como movilidad limitada o demencia severa. El asegurado recibe un beneficio mensual de 1 millón de colones para cubrir los costos asociados a este nivel de dependencia. En este estado, no se exige el pago de primas.
- **Restricción profunda:** En este nivel, el asegurado presenta una dependencia total, incapacidad para realizar todas las actividades básicas de la vida diaria y necesidad de atención las 24 horas, frecuentemente en un entorno especializado. El asegurado recibe un beneficio mensual de 2 millones de colones, destinado a cubrir el cuidado intensivo requerido. Al igual que en los estados anteriores, el asegurado no paga primas en este nivel.

Además, el seguro también ofrece un monto de 5 millones de colones en caso de fallecimiento, dicho monto será entregado sin excepción a los beneficiarios del asegurado.

3.1. Principales Características

- **Edad de contratación:** Entre 20 y 70 años de edad.

- **Vigencia:** Vitalicia a partir del momento de la contratación y mientras se cumplan las condiciones del contrato.
- **Modalidad de contratación:** Contratación individual.
- **Capacidad de renovación:** El producto no es renovable, ya que la cobertura es vitalicia desde su emisión.
- **Moneda:** La cobertura y los pagos están denominados en colones costarricenses.
- **Canales de Distribución:** Este seguro se comercializa a través de corredores de seguros, hospitales, y clínicas privadas autorizadas.

3.2. Objetivo del Producto

Este seguro está diseñado para atender una creciente demanda de cobertura para personas que enfrentan situaciones de dependencia funcional a largo plazo, brindando protección financiera y tranquilidad al asegurado. Su objetivo principal es garantizar una fuente de recursos estable que permita solventar los costos de atención, cuidados especializados y necesidades básicas durante las etapas de mayor vulnerabilidad.

3.3. Exclusiones

Este seguro anula el pago de beneficios en caso de que el asegurado presente cualquiera de las siguientes especificaciones:

- Condiciones preexistentes al momento de la contratación.
- Daños intencionales o autoinfligidos.
- Dependencia resultante de actos delictivos cometidos por el asegurado.
- Muerte por suicidio en los dos primeros años posteriores de adquirir la póliza.

4. Metodología Utilizada

La metodología empleada para el diseño y análisis del seguro de cuidados a largo plazo se basa en principios actuariales y modelos matemáticos que permiten la evaluación precisa de los riesgos asociados. Este enfoque garantiza la suficiencia de las reservas técnicas, la sostenibilidad del producto y el cumplimiento de estándares internacionales, además de la simulación estocástica mediante el método de Monte Carlo.

4.1. Modelo de múltiples estados

Se utilizó un modelo de múltiples estados de tiempo continuo basado en procesos de Markov para modelar las transiciones entre los distintos estados de dependencia funcional. Los estados considerados en este modelo son a los propuestos en el artículo *A MULTIPLE STATE MODEL FOR PRICING AND RESERVING PRIVATE LONG TERM CARE INSURANCE CONTRACTS IN AUSTRALIA* (Luang, 1999). Dichos estados corresponden a:

- **Estado 0:** “*Able*” (Independiente)
- **Estado 1:** “*Mild*” (Restricción leve)
- **Estado 2:** “*Moderate*” (Restricción moderada)
- **Estado 3:** “*Severe*” (Restricción severa)
- **Estado 4:** “*Profound*” (Restricción profunda)
- **Estado 5:** “*Dead*” (Fallecido)

Dicho artículo utiliza a su vez las tablas de vida de 1995 de Australia, para su construcción se siguió la metodología presentada en el artículo *Australian Life Tables 1995-97* (Deeves, 1999). Ya con las tablas construidas, se calcularon las probabilidades de transición entre estados siguiendo los lineamientos propuestos por Luang en su artículo. A continuación, se muestran las probabilidades de transición para hombres y mujeres partiendo del estado “*Able*”.

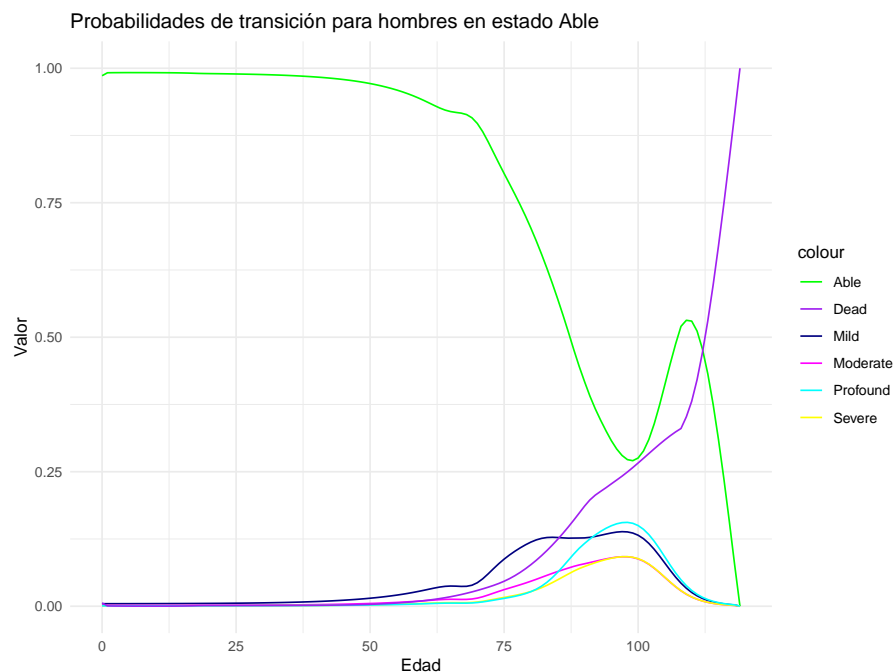


Figura 3: Probabilidades de transición para hombres en estado “Able”.

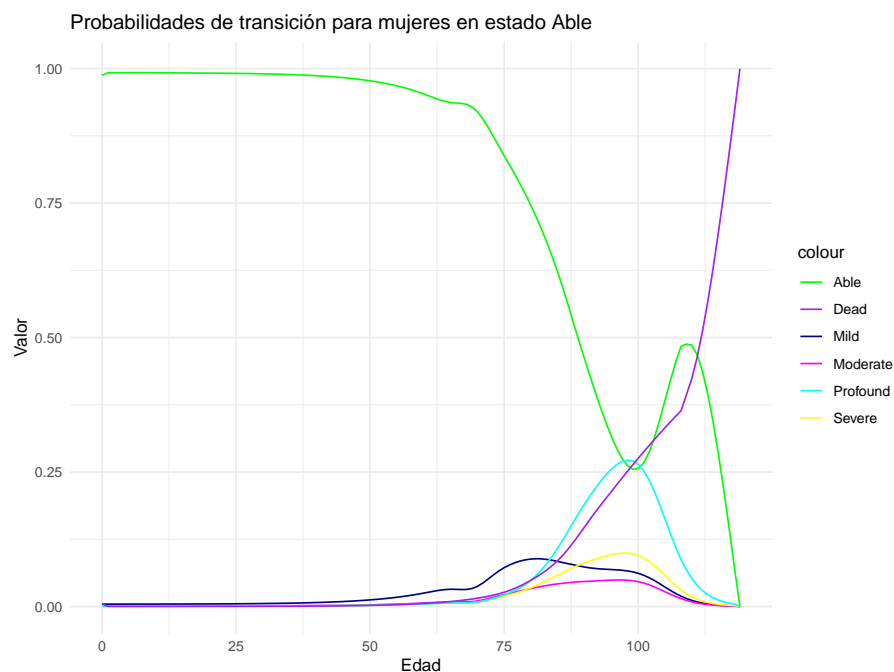


Figura 4: Probabilidades de transición para mujeres en estado “Able”.

El análisis de las probabilidades de transición para hombres y mujeres en el estado “*Able*” revela patrones similares en términos generales, pero con diferencias importantes que destacan las particularidades de cada género. En edades tempranas, tanto hombres como mujeres tienen una probabilidad cercana a 1 de permanecer en el estado “*Able*”, lo que indica que la mayoría de las personas jóvenes comienzan en buenas condiciones de salud. Sin embargo, esta probabilidad disminuye progresivamente con la edad, mostrando un descenso más acelerado después de los 70 años en ambos géneros.

Para los hombres, el descenso en la probabilidad de permanecer en el estado “*Able*” se inicia alrededor de los 50 años, mientras que para las mujeres este cambio ocurre de manera más gradual. Esto sugiere que las mujeres tienden a mantenerse en mejores condiciones de salud por más tiempo en comparación con los hombres. Sin embargo, el aumento en la probabilidad de transición hacia el estado “*Dead*” es más marcado en las mujeres en edades muy avanzadas (80 años en adelante), lo que refleja su mayor longevidad.

En ambos géneros, las transiciones hacia estados intermedios como “*Mild*” y “*Moderate*” comienzan a tener relevancia a partir de los 50 años, alcanzando un máximo entre los 70 y 80 años. No obstante, las mujeres presentan una mayor proporción en estos estados, especialmente en el rango de 60 a 80 años.

Por otro lado, los estados más graves, como “*Profound*” y “*Severe*”, tienen probabilidades bajas en ambos géneros, aunque tienden a aumentar ligeramente en edades avanzadas. Estas probabilidades son similares entre hombres y mujeres, lo que indica que las condiciones de mayor severidad afectan a una proporción pequeña pero consistente de la población en las últimas etapas de la vida.

4.2. Cálculo de Primas y Reservas Técnicas

El cálculo de las primas y las reservas técnicas se realizó utilizando la siguiente metodología:

- **Método de equivalencia actuarial:** este método garantiza que las reservas sean suficientes para cubrir los beneficios futuros mediante el cálculo del valor presente esperado de los flujos de efectivo.
- **Análisis de sensibilidad:** se evaluó el impacto de diferentes tasas de interés técnico e inflación en las reservas y primas, asegurando la robustez de los resultados bajo diversos escenarios.

4.3. Valoración de los Resultados

Los resultados obtenidos se validaron mediante:

- **Análisis de consistencia:** Verificación de que las reservas son suficientes para cubrir los beneficios esperados.
- **Simulaciones de Monte Carlo:** Evaluación de escenarios extremos para identificar posibles riesgos financieros.

- **Pruebas de sensibilidad:** Análisis de la respuesta del modelo ante variaciones significativas en las hipótesis clave.

4.4. Cumplimiento Normativo

La metodología desarrollada asegura el cumplimiento con las regulaciones locales y estándares internacionales de solvencia, como las normas NIIF 17, garantizando transparencia y uniformidad en la contabilización de los pasivos del producto.

5. Supuestos

El diseño del producto de seguro de cuidados a largo plazo se fundamenta en una serie de supuestos financieros, demográficos y operativos que garantizan la suficiencia de las reservas técnicas, la sostenibilidad del producto y la adecuada cobertura de los riesgos asociados.

5.1. Supuestos Financieros

- **Tasa de interés técnico:** 5 %. Seleccionada como una tasa conservadora, garantizando reservas suficientes bajo escenarios prudentes. Esta tasa se fundamenta en la evolución histórica de las tasas de mercado, incluyendo la Tasa Básica Pasiva y en el análisis de sensibilidad.

Mes	TBP	Mes	TBP
Ene	6.42 %	Jul	6.15 %
Feb	6.61 %	Ago	5.91 %
Mar	6.70 %	Sep	5.65 %
Abr	6.63 %	Oct	5.53 %
May	6.65 %	Nov	5.42 %
Jun	6.38 %	Dic	5.36 %

Cuadro 1: Evolución de la Tasa Básica Pasiva (TBP) en 2023.

- **Tasa de inflación:** 3 %. Basada en proyecciones económicas oficiales y la variación histórica del Índice de Precios al Consumidor. Este supuesto asegura que los beneficios mantendrán su poder adquisitivo en el largo plazo.

Año	Inflación	Año	Inflación
2010	5.82 %	2017	2.57 %
2011	4.74 %	2018	2.03 %
2012	4.55 %	2019	1.52 %
2013	3.68 %	2020	0.89 %
2014	5.13 %	2021	3.30 %
2015	-0.81 %	2022	7.88 %
2016	0.77 %	2023	9.28 %

Cuadro 2: Inflación interanual basada en el IPC (2010-2023).

- **Rendimientos de inversiones:** Se asumió un rendimiento promedio equivalente a la tasa de interés técnico, utilizando instrumentos de bajo riesgo.

5.2. Supuestos Demográficos

- **Tablas de mortalidad, morbilidad y restricciones:** Se utilizaron datos australianos sobre discapacidad, envejecimiento y cuidadores. Se modelaron con un enfoque de múltiples estados en tiempo continuo (procesos de Markov). Las probabilidades de transición se ajustaron según género y edad, definiendo estados los estados desde sin restricciones hasta fallecido. Las principales consideraciones incluyen:
 - Aumento de las probabilidades de permanecer en un estado de mayor restricción conforme aumenta la edad.
 - Preferencia por transiciones progresivas entre estados.
 - Diferencias de género en probabilidades de transición entre estados de restricción.
 - La población asegurada se distribuye entre los 20 y 70 años al momento de la contratación, con un predominio del género femenino (55 %) frente al masculino (45 %), como se muestra en la Tabla.
- **Mejoras en Restricciones Funcionales** Se asume una disminución progresiva en las probabilidades de enfrentar limitaciones funcionales debido a avances médicos y mejoras en calidad de vida. Este ajuste se modela con un factor de reducción aplicado a las probabilidades iniciales, beneficiando especialmente a cohortes jóvenes.
- **Mejoras en Mortalidad** Se proyecta una disminución en las tasas de mortalidad, reflejando avances tecnológicos y médicos. Esto se incorpora al modelo mediante un factor dinámico que ajusta las probabilidades de mortalidad iniciales, basado en fórmulas del artículo *Projecting the Needs and Costs of Long Term Care in Australia*.

- **Sobrevivencia hasta los 120 años** Para corregir inconsistencias probabilísticas del modelo original (que asumía un límite de 110 años), se ajusta la probabilidad de muerte a 1 a los 120 años. Este ajuste se realiza mediante interpolaciones suaves con *splines*, asegurando coherencia estadística y demográfica.

5.3. Supuestos Operativos

- **Costos de adquisición:** representan un 5 % de la prima de riesgo y corresponden a comisiones y gastos relacionados con la comercialización del producto.
- **Costo administrativo:** se considera un recargo del 10 % sobre la prima de riesgo para cubrir los costos de gestión administrativa.
- **Margen de utilidad:** incluido un margen del 5 % sobre la prima de riesgo para garantizar la rentabilidad del producto.

5.4. Justificación de los Supuestos

- Los supuestos financieros y demográficos se seleccionaron conforme a los principios establecidos en la **ISAP 1: General Actuarial Practice** y la **ASOP 27: Selection of Economic Assumptions**, que exigen la elección de parámetros prudentes, realistas y consistentes con las condiciones de mercado.
- Se realizaron análisis de sensibilidad para evaluar el impacto de las variaciones en las tasas de interés técnico y de inflación sobre las primas y reservas. Los resultados confirman la robustez del modelo frente a escenarios alternativos.
- Las tablas están basadas en el estudio *Survey of Disability, Ageing and Carers (1998)*. Los ajustes realizados para la mejora de las restricciones funcionales y la mortalidad conforme avanzan los años, están basados en las fórmulas y ajustes mostrados en el artículo *Projecting the Needs and Costs of Long Term Care in Australia (2003)*, el cual también se desarrolla con hipótesis demográficas de Australia.
- Los costos operativos se estimaron con base en la experiencia previa del mercado asegurador, ajustados a las características particulares del producto.

6. Resultados

En esta sección se presentan los principales resultados obtenidos del análisis actuarial, financiero y estadístico del modelo propuesto, los cuales validan la viabilidad técnica y la suficiencia del producto diseñado.

En primer lugar, se presentan dos gráficos con el promedio de asegurados en cada estado separados sexo, el primero corresponde a los hombres [5] y el segundo a las mujeres [6]. Este resultado permite observar la cantidad esperada de asegurados por estado con el pasar del tiempo.

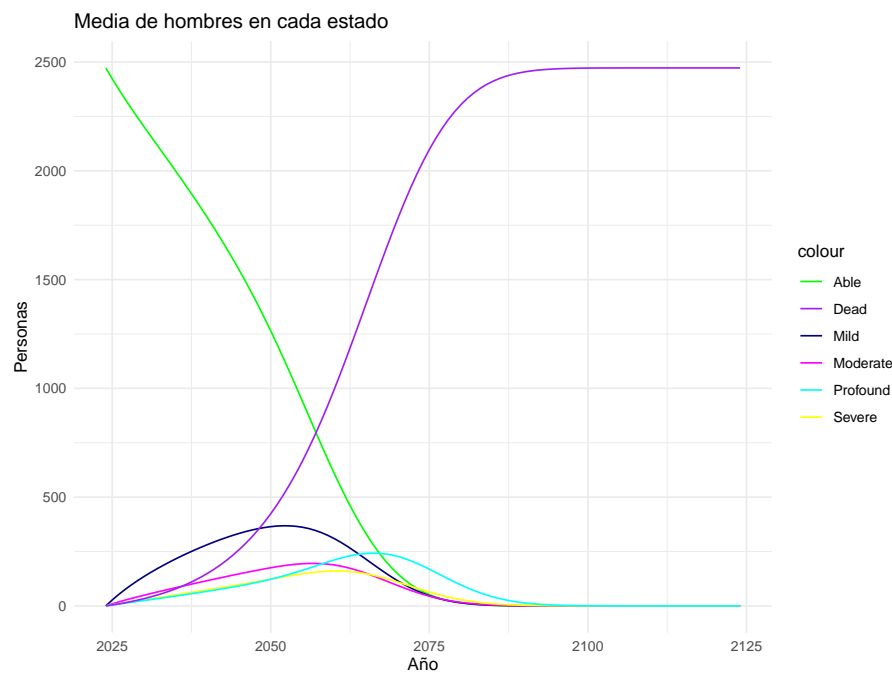


Figura 5: Promedio de hombres en cada estado.

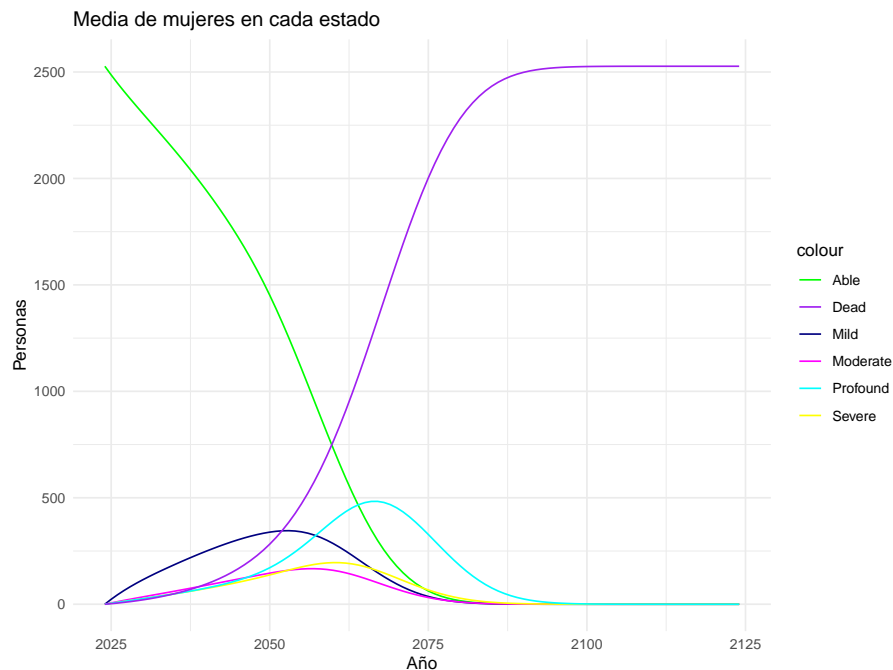


Figura 6: Promedio de mujeres en cada estado.

El análisis conjunto de las medias de hombres y mujeres en cada estado de salud revela patrones generales similares, aunque con algunas diferencias clave en las transiciones y las proporciones de los estados a lo largo del tiempo. En ambos casos, la categoría “Able” es predominante en edades tempranas, reflejando que la mayoría de los asegurados comienzan en buenas condiciones de salud. Sin embargo, esta categoría disminuye progresivamente con la edad, coincidiendo con un aumento significativo en el estado “Dead”, que se convierte en el dominante en edades avanzadas, especialmente a partir del 2080.

Para los hombres, la transición desde el estado “Able” hacia otros estados comienza a notarse a partir del 2050, mientras que para las mujeres este cambio es más gradual, reflejando su mayor esperanza de vida. No obstante, en ambos géneros, el descenso en la categoría “Able” coincide con un incremento en las categorías intermedias como “Mild” y “Moderate”, que alcanzan su punto máximo entre 2060 y 2070 antes de disminuir nuevamente. Esto indica que los problemas de salud leves y moderados son más frecuentes en las edades intermedias, antes de que la población transite hacia condiciones más graves o el fallecimiento.

Las mujeres tienden a permanecer más tiempo en estados intermedios como “Mild” y “Moderate” en comparación con los hombres. Por otro lado, las condiciones más graves, representadas por “Profound” y “Severe”, tienen una incidencia baja en ambos géneros, aunque muestran un leve aumento en edades avanzadas.

En ambos gráficos, el estado “Dead” sobresale a partir del 2080, cuando casi toda la población transita hacia esta categoría. Esto es consistente con las proyecciones de esperanza de vida y válida

la robustez del modelo actuarial utilizado para estimar las transiciones entre los diferentes estados de salud. Sin embargo, las mujeres presentan un aumento más gradual en esta categoría, reflejando nuevamente su mayor longevidad.

En resumen, mientras que los patrones generales son similares entre hombres y mujeres, las diferencias clave radican en la rapidez de las transiciones y la proporción de tiempo que cada género pasa en los estados intermedios. Las mujeres tienden a mantenerse en mejores condiciones de salud durante más tiempo, aunque también experimentan un envejecimiento más prolongado, lo que refuerza la importancia de considerar el género al diseñar productos actuariales y estrategias de aseguramiento adaptadas a las necesidades específicas de cada población.

Por otro lado, se utilizó el percentil 99,5 para observar de manera más extrema la cantidad de asegurados esperado por cada estado y separados por sexo, dichos resultados se presentan a continuación:

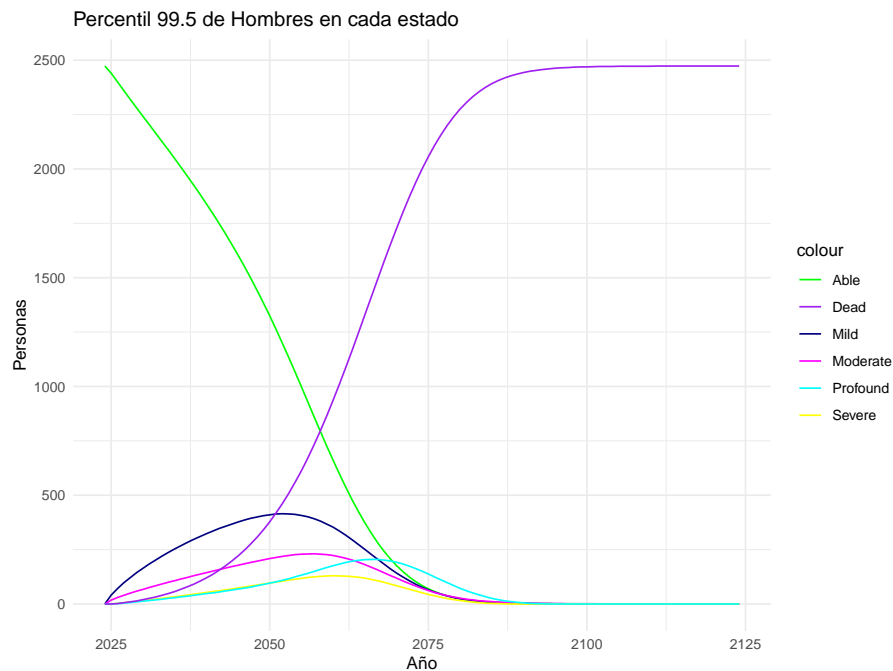


Figura 7: Percentil 99.5 de hombres en cada estado.

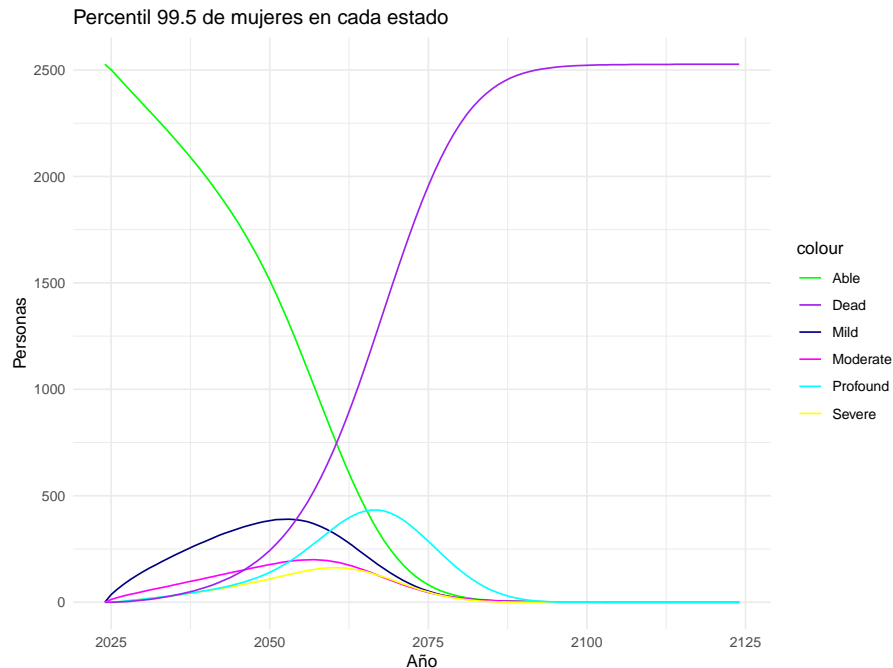


Figura 8: Percentil 99.5 de mujeres en cada estado.

El análisis del percentil 99.5 para hombres y mujeres en cada estado revela patrones similares en las transiciones de salud, aunque con diferencias significativas en los tiempos y las proporciones relativas. En ambos géneros, la categoría “Able” domina las edades tempranas, indicando que, incluso en los escenarios más extremos, la mayoría de las personas jóvenes permanecen en condiciones saludables. Sin embargo, esta categoría disminuye rápidamente con el aumento de la edad, mientras que la categoría “Dead” incrementa de forma notable, convirtiéndose en la dominante a partir del 2080.

Para los hombres, la transición fuera del estado “Able” comienza alrededor del 2050, con un descenso acelerado a partir de ese punto. En comparación, las mujeres muestran un cambio más gradual. Sin embargo, una vez que la categoría “Dead” comienza a dominar a partir del 2080, las diferencias entre géneros se reducen.

Los estados intermedios, como “Mild” y “Moderate”, presentan comportamientos similares en ambos géneros. En ambos casos, estas categorías comienzan a aumentar gradualmente desde el 2040 y alcanzan sus picos entre el 2060 y el 2070.

En cuanto a las categorías más graves, “Profound” y “Severe”, estas muestran incidencias bajas en ambos géneros, aunque con un ligero incremento en edades muy avanzadas. Esto sugiere que, incluso en los escenarios más extremos, estas condiciones afectan a una proporción limitada de la población.

En resumen, mientras que los patrones generales son consistentes entre hombres y mujeres, las mujeres presentan una transición más lenta fuera del estado “Able”, pasando más tiempo en estados intermedios como “Mild” y “Moderate”. Esto muestra la importancia de considerar las diferencias de género en los modelos actuariales, ya que las mujeres tienden a experimentar un envejecimiento más

prolongado y etapas intermedias más marcadas antes de la transición final hacia el estado “Dead”. Estas observaciones son fundamentales para ajustar las estrategias de aseguramiento y evaluar los riesgos en poblaciones extremas.

Con respecto a las primas de riesgo, estas fueron calculadas por edad y sexo utilizando los supuestos y guiándose en los resultados obtenidos anteriormente, las mismas se presentan a continuación.

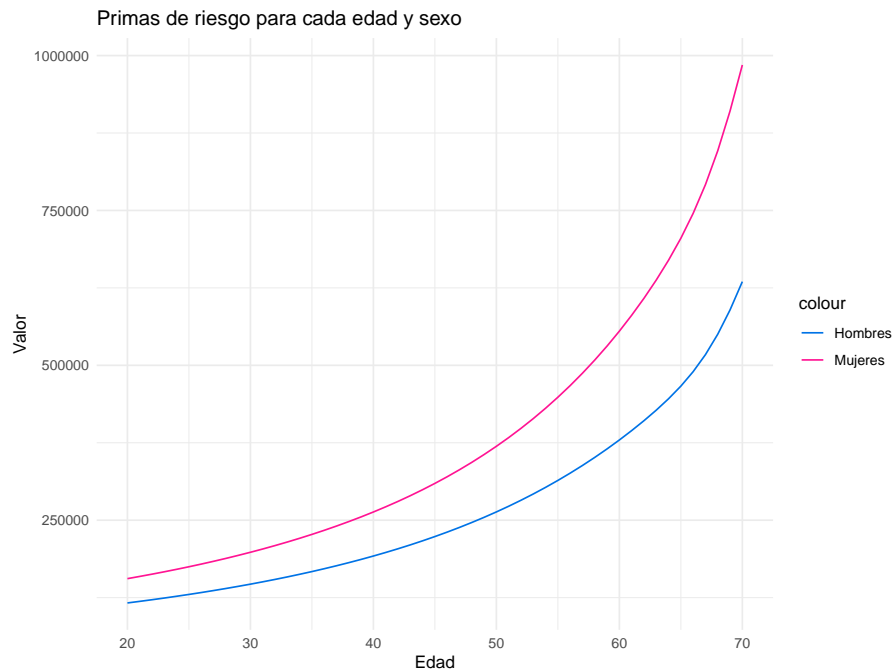


Figura 9: Primas de riesgo para cada edad y sexo.

En el gráfico se observa que las primas de riesgo aumentan de forma no lineal con la edad, siguiendo una tendencia exponencial tanto para hombres como para mujeres. Sin embargo, las primas para las mujeres son consistentemente mayores que las de los hombres en todos los rangos de edad. Esta diferencia puede atribuirse a factores como la mayor esperanza de vida de las mujeres, que incrementa la probabilidad de costos asociados a sus necesidades de aseguramiento durante más tiempo.

En edades tempranas, hasta aproximadamente los 30 años, las primas de riesgo son relativamente bajas para ambos géneros, lo que indica un menor riesgo actuarial. A partir de esta edad, las primas comienzan a aumentar de manera más pronunciada, reflejando el incremento en el riesgo de siniestros conforme avanza la edad. En mujeres, este crecimiento es más acelerado, alcanzando valores significativamente más altos en edades avanzadas, especialmente después de los 60 años.

Esta discrepancia entre hombres y mujeres sugiere la necesidad de considerar estrategias diferenciadas para el diseño de productos financieros y actuariales. El análisis de costos asociados a las mujeres puede incluir mayores ajustes debido a su longevidad y potenciales diferencias en los patrones de uso de los servicios asegurados.

En conclusión, el gráfico resalta la importancia de segmentar las primas de riesgo por edad y sexo, dado que estos factores influyen significativamente en la estructura de costos.

De manera similar, al enfocarnos en la esperanza de las primas estocásticas, estas aumenta de manera casi lineal para ambos géneros en edades tempranas, con un incremento más marcado a partir de los 40 años. A partir de los 50 años, el crecimiento se intensifica, presentando una pendiente más pronunciada, especialmente en las mujeres. Este comportamiento indica que los costos esperados de aseguramiento se incrementan significativamente conforme los asegurados envejecen, reflejando el impacto del envejecimiento en el riesgo actuarial.

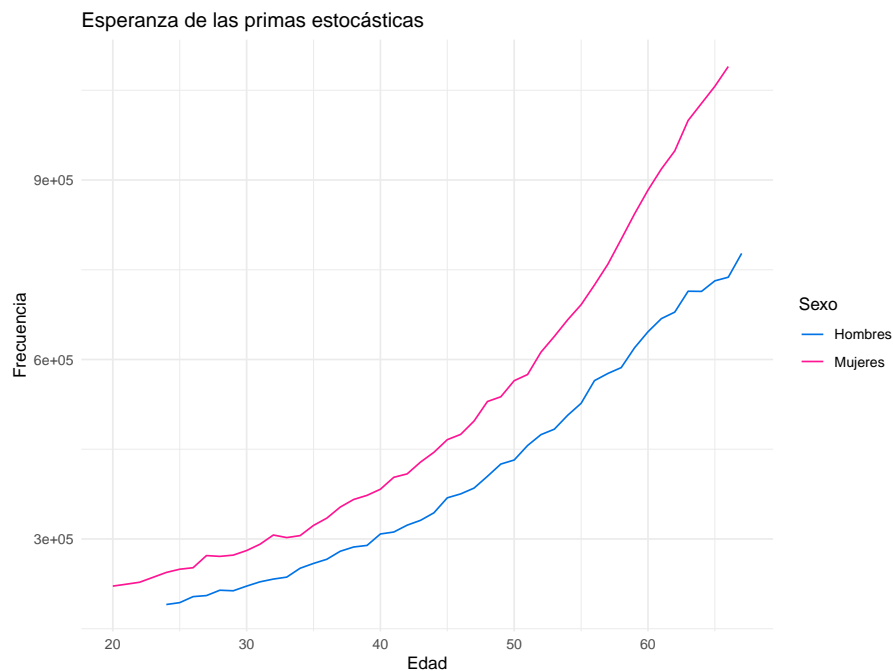


Figura 10: Esperanza de las primas Estocásticas

En todos los rangos de edad, las primas esperadas para las mujeres son superiores a las de los hombres. Esto puede explicarse, en parte, por la mayor esperanza de vida de las mujeres y las diferencias en los patrones de morbilidad y uso de servicios de salud. La brecha entre ambos géneros se hace más evidente a partir de los 50 años, lo que podría estar asociado a riesgos específicos que afectan a las mujeres en etapas avanzadas de la vida.

Las tendencias observadas resaltan la necesidad de prever ajustes en las primas para garantizar la sostenibilidad financiera y atender adecuadamente las necesidades de los asegurados a lo largo de su vida.

En conclusión, este gráfico refuerza la relevancia de segmentar las primas por edad y género, permitiendo una mejor planificación y gestión del riesgo. Los resultados evidencian cómo las características demográficas influyen en la expectativa de costos, proporcionando una base sólida para el

diseño de estrategias actuariales efectivas,

6.1. Cálculo de Primas y Reservas

- **Prima de riesgo:** Se obtuvo una prima de riesgo nivelada de **266,612.74 colones** mensuales, considerando los diferentes rangos de edad y niveles de dependencia funcional. De igual manera, se calculo la prima de riesgo específica para cada persona según la edad y el sexo. Ver anexos [5].
- **Reserva técnica:** Utilizando la prima nivelada modelada estocásticamente, se calcularon los ingresos y egresos esperados separados por sexo y se obtuvo de resultado lo siguiente:

Sexo	Ingresos	Egresos
Hombres	10,502,128,064	9,262,581,939
Mujeres	11,187,690,601	11,600,273,306
Total	21,689,818,665	20,862,855,245

Cuadro 3: Ingresos y egresos por sexo.

De la tabla anterior [3], se observa además que el producto genera una utilidad positiva, equivalente aproximadamente a **826 millones de colones**.

6.2. Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad mostró que:

- **Tasa de interés técnico:** Una disminución en la tasa al 3 % incrementa significativamente las primas y reservas, mientras que un aumento al 7 % reduce estos valores sin comprometer la suficiencia. Dichos resultados coinciden con lo esperado. según la teoría.
- **Tasa de inflación:** Un incremento en la tasa de inflación al 5 % afecta moderadamente las reservas, destacando la importancia de mantener un control sobre este parámetro.

Inflación/Interés	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %
1 %	264,678.43	220,265.61	184,793.07	156,431.11	133,700.70
2 %	320,876.06	265,652.96	221,434.34	186,039.45	157,679.35
3 %	389,725.39	321,474.37	266,612.74	222,587.92	187,272.30
4 %	473,479.94	389,725.39	322,062.43	267,558.10	223,726.60
5 %	574,562.07	472,596.10	389,725.39	322,640.48	268,489.35

Cuadro 4: Análisis de sensibilidad de las primas y reservas con tasas de interés técnico e inflación.

6.3. Validación de Hipótesis

Los supuestos seleccionados, incluidos la tasa de interés técnico y la inflación, demostraron ser adecuados para garantizar:

- **Suficiencia de reservas:** Las reservas calculadas cubren los flujos de beneficios bajo los escenarios más críticos.
- **Estabilidad financiera:** El producto mantiene su viabilidad incluso bajo escenarios de estrés moderado en las hipótesis.

6.4. Conclusión

Los resultados obtenidos confirman la viabilidad técnica y la suficiencia del producto, asegurando que los beneficios ofrecidos son sostenibles en el largo plazo. El análisis de sensibilidad y la validación de hipótesis refuerzan la robustez del modelo frente a variaciones en los principales parámetros financieros y demográficos.

- **Robustez del modelo actuarial:** El modelo basado en procesos de Markov y el enfoque de equivalencia actuarial permitió calcular primas y reservas de manera precisa, asegurando que los beneficios ofrecidos sean sostenibles en el largo plazo. Los resultados del análisis de sensibilidad confirmaron que el modelo es robusto frente a variaciones en las tasas de interés técnico e inflación.
- **Adecuación de las hipótesis:** Las hipótesis seleccionadas, incluyendo una tasa de interés técnico del 5 % y una tasa de inflación del 3 %, demostraron ser prudentes y realistas, alineadas con las condiciones del mercado y respaldadas por datos históricos. El análisis de sensibilidad validó que estas tasas permiten mantener la suficiencia de reservas en diversos escenarios.
- **Cumplimiento normativo:** La metodología utilizada cumple con los estándares internacionales de práctica actuarial, tales como la **ISAP 1** y la **ASOP 27**, así como con las regulaciones locales de solvencia y contabilidad. Esto garantiza la transparencia y uniformidad en la gestión del producto.
- **Viabilidad financiera:** El producto es financieramente sostenible, incluso bajo escenarios de estrés moderado, gracias al diseño conservador de las hipótesis y al margen de seguridad incorporado en las primas y reservas técnicas.

En resumen, el seguro de cuidados a largo plazo presentado en este análisis constituye una solución integral para cubrir los riesgos asociados a la dependencia funcional, brindando protección financiera a los asegurados y estabilidad al asegurador. Los resultados obtenidos refuerzan la pertinencia de este producto en un contexto de creciente demanda por seguros que atiendan las necesidades de una población en proceso de envejecimiento.

7. Referencias

- Association, I. A. (2020). International standard of actuarial practice 1 (isap 1). Available at: <https://www.actuaries.org>.
- Banco Central de Costa Rica (2023). Evolución de la tasa básica pasiva y el Índice de precios al consumidor. Datos obtenidos de: <https://www.bccr.fi.cr>.
- Board, A. S. (2021). Actuarial standard of practice no. 27: Selection of economic assumptions for measuring pension obligations. Revised Edition.
- Deeves, K. (1999). Australian life tables 1995-1997.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2023). Informe de variación del Índice de precios al consumidor. Recuperado de: <https://www.inec.cr>.
- Leung, E. (1998). A multiple state model for pricing and reserving private long term care insurance contracts in australia.
- Reif, K. (1985). Actuarial assumptions and their applications in insurance modelling. *Actuarial Review Journal*, 12(3):45–58.

8. Anexos

Cuadro 5: Valor de las primas por edad y sexo.

Edad	Hombres	Mujeres	Edad	Hombres	Mujeres
20	116,434.75	155,664.56	46	230,793.71	320,127.42
21	118,983.22	159,215.39	47	238,354.90	331,437.82
22	121,625.91	162,901.80	48	246,287.96	343,370.43
23	124,367.38	166,730.80	49	254,614.48	355,968.95
24	127,212.49	170,709.84	50	263,357.10	369,280.53
25	130,166.38	174,846.83	51	272,539.58	383,356.14
26	133,234.49	179,150.25	52	282,186.96	398,250.80
27	136,422.60	183,629.07	53	292,325.41	414,023.96
28	139,736.85	188,292.94	54	302,982.31	430,739.85
29	143,183.69	193,152.07	55	314,186.08	448,467.94
30	146,770.10	198,217.42	56	325,966.07	467,283.10
31	150,503.37	203,500.74	57	338,352.49	487,266.21
32	154,391.20	209,014.52	58	351,376.28	508,504.88
33	158,441.97	214,772.25	59	365,069.51	531,094.65
34	162,664.34	220,788.39	60	379,468.22	555,142.69
35	167,067.74	227,078.46	61	394,621.74	580,778.68
36	171,661.99	233,659.05	62	410,617.11	608,183.03
37	176,457.67	240,548.02	63	427,630.76	637,646.46
38	181,465.95	247,764.54	64	446,014.38	669,673.22
39	186,698.84	255,329.27	65	466,398.85	705,113.10
40	192,169.05	263,264.40	66	489,750.91	745,255.29
41	197,890.12	271,593.82	67	517,271.52	791,738.17
42	203,876.38	280,343.15	68	550,207.40	846,347.90
43	210,143.13	289,540.12	69	589,429.51	910,512.28
44	216,706.60	299,214.66	70	635,081.11	984,817.60
45	223,584.05	309,398.84			

Cuadro 6: Valor de las primas comerciales por edad y sexo.

Edad	Hombres	Mujeres
20	139,721.70	186,797.47
21	142,779.86	191,058.47
22	145,951.09	195,482.16
23	149,240.86	200,076.96
24	152,654.99	204,851.81
25	156,199.66	209,816.20
26	159,881.39	214,980.30
27	163,707.12	220,354.89
28	167,684.22	225,951.53
29	171,820.42	231,782.49
30	176,124.12	237,860.91
31	180,604.04	244,200.88
32	185,269.44	250,817.42
33	190,130.37	257,726.70
34	195,197.21	264,946.07
35	200,481.29	272,494.15
36	205,994.39	280,390.86
37	211,748.80	288,657.62
38	217,759.14	297,317.45
39	224,038.61	306,395.12
40	230,602.86	315,917.28
41	237,468.14	325,912.58
42	244,651.65	336,411.78
43	252,171.76	347,448.14
44	260,047.92	359,057.59
45	268,300.86	371,278.61

Edad	Hombres	Mujeres
46	276,952.45	384,152.91
47	286,025.88	397,725.39
48	295,545.55	411,944.51
49	305,537.38	426,762.74
50	316,028.52	442,136.64
51	327,047.50	458,027.37
52	338,624.35	474,901.00
53	350,790.49	492,828.75
54	363,578.77	511,487.82
55	377,023.29	530,161.53
56	391,159.28	561,139.72
57	406,022.99	584,719.45
58	421,651.53	610,205.86
59	438,083.41	637,313.58
60	455,361.87	666,171.22
61	473,546.09	696,934.42
62	492,740.53	729,819.64
63	513,156.92	765,175.75
64	535,217.26	803,607.87
65	559,678.62	846,135.72
66	587,701.10	894,306.34
67	620,725.82	950,085.80
68	660,248.88	1,015,617.48
69	707,315.41	1,092,614.73
70	762,097.33	1,181,781.12