

Práctica empresarial en Seguros Bolívar

Modelación de la estructura temporal de tasas de interés mediante el modelo Nelson-Siegel en el sector asegurador colombiano.

Luisa Alejandra Mercado Suárez

Trabajo de grado para optar al título de Economista

Director

Alejandro Acevedo Amorocho

PhD. Economía y Finanzas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Humanas

Escuela de Economía y Administración

Bucaramanga

2026

Agradecimientos

Agradezco a mis padres, por siempre estar incondicionalmente para mí.

Agradezco a mi familia y amigos, que me acompañaron en este camino.

Agradezco a Dios y la vida, por siempre darme la oportunidad de aprender en el camino y disfrutar de las experiencias que tengo la oportunidad de vivir.

Luisa Mercado Suárez.

Tabla de Contenido

Introducción	10
1. Contextualización	12
1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2 Justificación	17
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
1.4 Alcance de la práctica	20
1.4.1 Alcance Institucional	20
1.4.2 Alcance técnico del proyecto	20
2. Caracterización de la empresa	23
2.1 Razón Social	23
2.2 Objeto Social	23
2.3 Misión.....	23
2.4 Visión	24
2.5 Objetivos Estratégicos.....	24
3. Marco Teórico.....	25
3.1 Valor del dinero en el tiempo.....	27
3.2 Riesgo de tasa de interés	29
3.3 Estructura temporal de tasas de interés	31
3.3.1 Modelo Nelson-Siegel.	35
3.4 Gestión Activo-Pasivo (ALM).....	37
3.5 Factores de Descuento	38
3.6 Marco Normativo.....	40
3.6.1 Decreto 1272 de 2024	40
3.6.2 Circular externa 007 de 2021 – Inversión de reservas técnicas	41
3.6.3 Documento del Banco de Pagos Internacionales (2016) – Riesgo de tasa de interés.....	41
4. Metodología.....	43
4.1 Fuentes de Información.....	43
4.1.1 Fuentes Internas	43
4.1.2 Fuentes externas.....	44
4.2 Fases de trabajo	44

4.2.1 Consolidación de la información	44
4.2.2 Modelación de la estructura temporal.....	45
4.2.3 Construcción de factores de descuento	45
4.2.4 Proyección y valoración de flujos.....	46
4.3 Herramientas de análisis.....	48
5. Resultados	50
5.1 Estimación de la estructura temporal de tasas de interés	50
5.2 Construcción de los factores de descuento y valoración del bono pasivo	56
5.3 Análisis de sensibilidad.....	61
6. Conclusiones	65
Referencias	69
Apéndices	72

Índice de Tablas

Tabla 1. Supuestos metodológicos del portafolio hipotético de referencia	47
Tabla 2: Herramientas de análisis	48
Tabla 3. Tasas NS estimadas por plazo — Fecha de valoración: 30/12/2025.....	55
Tabla 4. VP del bono pasivo por línea de negocio - Fecha de valoración: 30/12/2025.....	59
Tabla 5. Variación % del VP ante choque de nivel — Fecha de valoración: 30/12/2025.....	62
Tabla 6. Variación % del VP ante choque de pendiente — Fecha de valoración: 30/12/2025	62

Índice de Figuras

Figura 1. Evolución histórica de los parámetros NS curva CEC 2015-2025.....	52
Figura 2. Evolución histórica de los parámetros NS curva CECUVR 2015-2025	53
Figura 3. Estructura temporal de tasas estimada vs tasas observadas en el mercado colombiano	55
Figura 4. VP del bono pasivo por línea de negocio al 30 dic 2025	58
Figura 5. Evolución del bono pasivo por línea de negocio.....	59
Figura 6. Análisis de sensibilidad del bono pasivo con choques	61

Índice de Apéndices

Apéndice A. Fuente de descarga de las series de tasas de interés e indicadores económicos.....	72
--	----

Resumen

Título: Modelación de la estructura temporal de tasas de interés mediante el modelo Nelson-Siegel en el sector asegurador colombiano. *

Autor: Luisa Alejandra Mercado Suárez **

Palabras clave: Estructura temporal de tasas de interés, modelo Nelson-Siegel, factores de descuento, gestión activo-pasivo (ALM), riesgo de tasa de interés, sector asegurador colombiano, pasivos técnicos, Seguros Bolívar, valoración de bonos, análisis de sensibilidad.

Descripción:

Este trabajo de grado documenta la práctica empresarial realizada en la Vicepresidencia de Riesgos Financieros de Seguros Bolívar, donde se identificó la necesidad de construir factores de descuento consistentes para valorar los pasivos técnicos de la aseguradora por línea de negocio. El proyecto desarrolla un ejercicio metodológico e ilustrativo, basado en información pública del Banco de la República y en un portafolio hipotético de referencia, cuyo objetivo es estimar una estructura temporal continua de tasas de interés en el mercado colombiano mediante el modelo Nelson-Siegel. A partir de esa curva estimada, se construyen factores de descuento por plazo e indexador y se realiza una valoración ilustrativa de los pasivos técnicos, complementada con un análisis de sensibilidad ante choques de nivel y de pendiente en las tasas.

* Trabajo de Grado, Práctica Empresarial.

** Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía. Director: Alejandro Acevedo Amorocho. PhD. Economía y Fianzas

Abstract

Title: Modeling the Term Structure of Interest Rates Using the Nelson-Siegel Model in the Colombian Insurance Sector *

Author: Luisa Alejandra Mercado Suárez **

Keywords: Term structure of interest rates, Nelson-Siegel model, discount factors, asset-liability management (ALM), interest-rate risk, Colombian insurance sector, technical liabilities, Seguros Bolívar, bond valuation, sensitivity analysis.

Description:

This thesis documents a professional internship in the Financial Risk Vice-Presidency of Seguros Bolívar (a leading Colombian insurer), which revealed a need for consistent discount factors to value the company's technical liabilities by business line. The project develops an illustrative, methodological exercise — based on public data from the Banco de la República and a hypothetical reference portfolio — aimed at estimating a continuous term structure of interest rates for the Colombian market using the Nelson-Siegel model. From this estimated curve, discount factors are built by term and rate index, and technical liabilities are valued illustratively, complemented by a sensitivity analysis to level and slope shocks in interest rates.

* Bachelor Thesis, Business Internship.

** Faculty of Human Science. School of Economics and Administration. Advisor: Alejandro Acevedo Amoroch. PhD. in Economics and Finance

Introducción

La cobertura de riesgos es un negocio que se centra en mitigar la posibilidad de un suceso incierto que puede ocurrir en el futuro. Aunque dicho evento pueda o no materializarse, se requiere un instrumento y un agente que permitan gestionar esa incertidumbre de manera que el impacto económico no represente una pérdida significativa para quien enfrenta el riesgo. En este contexto, las aseguradoras representan más que una simple compañía: se constituyen como gestores especializados del riesgo.

Las aseguradoras se encargan de transferir el riesgo financiero asociado a una pérdida elevada e incierta mediante el pago de una prima periódica, establecida con el fin de cubrir el evento en caso de que este se materialice. Para operar de manera sostenible, la aseguradora debe equilibrar distintos elementos dentro de su ejercicio económico. Siendo las primas periódicas su principal fuente de ingresos, la compañía diseña pólizas considerando factores como la probabilidad de ocurrencia del evento, la frecuencia y severidad esperada de la pérdida, así como su impacto económico. De esta manera, en caso de materializarse el siniestro, la entidad contará con la capacidad financiera para responder a la obligación adquirida y, al mismo tiempo, mantener la viabilidad del negocio.

En el caso colombiano, el sector asegurador ha alcanzado una magnitud significativa. Para el año 2025, el volumen de primas cobradas por las principales empresas del país ascendía aproximadamente a 50 billones de pesos (FASECOLDA, 2025). Dentro de este contexto, compañías con amplia trayectoria en el mercado, como Seguros Bolívar, han consolidado una participación relevante en el sector. No obstante, más allá de su posicionamiento, la importancia radica en el volumen de recursos administrados y en la responsabilidad financiera que implica su adecuada gestión. Uno de los mecanismos que permite a las aseguradoras generar rentabilidad

adicional corresponde a la inversión en el mercado de valores. Esta actividad no solo busca obtener rendimientos, sino también garantizar la capacidad de cumplir con las obligaciones futuras asumidas con los asegurados. Sin embargo, dicha gestión debe realizarse de manera prudente, dado que los pasivos de la aseguradora suelen ser de mediano y largo plazo, lo que exige coherencia entre el perfil temporal de los activos y las obligaciones proyectadas.

En este punto surge un reto central para la gestión financiera de la aseguradora. Mientras los activos se valoran utilizando estructuras temporales de tasas de interés observadas en el mercado, los pasivos suelen construirse a partir de flujos futuros estimados mediante supuestos actuariales. Esta diferencia metodológica dificulta su comparación directa y puede limitar una evaluación integral del balance. En consecuencia, se hace necesario contar con un método que permita expresar los pasivos en términos de una estructura temporal de tasas, de manera que tanto activos como obligaciones puedan analizarse bajo un mismo marco conceptual dentro del negocio asegurador.

La práctica profesional desarrollada en la Vicepresidencia de Riesgos Financieros de Seguros Bolívar permitió identificar una necesidad técnica concreta relacionada con la construcción de factores de descuento consistentes para la valoración de pasivos técnicos por línea de negocio. En respuesta a ello, el presente informe desarrolla un ejercicio metodológico e ilustrativo basado en información pública del Banco de la República y en un portafolio hipotético de referencia, con el propósito de estimar una estructura temporal continua de tasas de interés mediante el modelo Nelson-Siegel, construir factores de descuento por plazo e indexador y valorar de forma ilustrativa los pasivos técnicos en el contexto de una aseguradora colombiana.

1. Contextualización

La compañía Seguros Bolívar, fundada en 1939, es una de las principales empresas del sector asegurador colombiano. Desde sus inicios se consolidó como una de las primeras aseguradoras nacionales en un mercado que hasta entonces estaba dominado por compañías internacionales. Su crecimiento posterior permitió la conformación de lo que hoy se conoce como el Grupo Bolívar. En la actualidad, Seguros Bolívar ofrece una amplia gama de productos, atendiendo un gran número de asegurados en todo el país manteniendo una participación relevante en un sector que para el año 2025 registraba un volumen de primas de aproximadamente 50 billones de pesos (Fasecolda, 2025).

La Vicepresidencia de Riesgos Financieros constituye un área estratégica dentro de la compañía, al tener a su cargo la identificación, medición y monitoreo de los riesgos financieros a los que se encuentra expuesta la entidad. Dentro de sus actividades revisa la cobertura del portafolio financiero respecto a las normas de la Superintendencia, controla los cupos de operación con cada contraparte, calcula el Valor en Riesgo del portafolio mediante la metodología EWMA y realiza el seguimiento de la exposición de la compañía en moneda extranjera.

Durante la práctica, las actividades asignadas se concentraron en el apoyo a procesos de análisis cuantitativo del área, incluyendo la revisión y organización de series históricas de tasas de interés publicadas el Banco de la República, la construcción de insumos para la valoración de pasivos técnicos y la elaboración de herramientas de cálculo en Python y Excel. Estas actividades permitieron comprender la relación entre la gestión diaria del riesgo financiero y la necesidad técnica de contar con una estructura temporal de tasas continua que facilite la comparación entre activos y obligaciones bajo un mismo marco de referencia, garantizando coherencia en la medición financiera del balance de la compañía.

Debido a la naturaleza del sector asegurador, cuya dinámica financiera se caracteriza por la existencia de pasivos a largo plazo, Seguros Bolívar debe asegurarse de contar con un portafolio estructurado estratégicamente en función de sus obligaciones de largo plazo y alineado con su estructura de negocio. Siendo así, una de las principales características de este portafolio es el hecho de estar constituido como una herramienta de cobertura de capital; en la cual, los activos que conforman el portafolio, además de generar rendimientos a los accionistas, deben estar centrados en preservar el capital de la compañía en el largo plazo.

Por lo tanto, a diferencia de una empresa que busca asumir mayores niveles de riesgo para obtener una mayor rentabilidad, las compañías aseguradoras adoptan estrategias más conservadoras dentro de sus operaciones en el mercado; lo cual, dentro de un contexto financiero, está conformado por activos menos volátiles frente al mercado como lo son los instrumentos de renta fija, que constituyen una herramienta ideal para brindar al inversionista rentabilidad y preservación del capital. Sin embargo, a pesar de que estos activos generan una inversión confiable, se debe tener en cuenta la estructura del negocio asegurador y sus pasivos a largo plazo.

Durante el desarrollo de las actividades del área se identificó una limitación técnica asociada con la disponibilidad restringida de tasas para ciertos plazos específicos en las curvas de referencia del mercado. Esta situación dificultaba la construcción de factores de descuento plenamente consistentes con los vencimientos requeridos por las diferentes líneas de negocio y, en consecuencia, limitaba una lectura homogénea entre activos y obligaciones dentro del balance asegurador. Aunque la compañía dispone de metodologías internas para la valoración y gestión del riesgo, el ejercicio desarrollado en esta práctica construye una aproximación metodológica de carácter académico que permite ilustrar cómo una estructura temporal continua puede mejorar la

valoración financiera de los pasivos y el análisis de su sensibilidad frente a cambios en las tasas de interés.

1.1 Planteamiento del problema

El sector asegurador es un agente económico sólido, que cumple una función económica fundamental al transferir y administrar riesgos que podrían generar pérdidas significativas para los asegurados. Para garantizar su sostenibilidad, las compañías aseguradoras deben coordinar de manera rigurosa la gestión de primas, reservas técnicas, portafolios de inversión y obligaciones futuras, de forma que exista coherencia entre los recursos administrados y los compromisos asumidos con los asegurados. Surge así lo que (Talonen, Mahonen, & Kwon, 2022) denominan una ventana de inversión entre el momento de la recepción de las primas y el momento del pago de las obligaciones contractuales a los asegurados, periodo durante el cual la entidad puede invertir los recursos administrados.

Dicha ventana de inversión constituye uno de los elementos estructurales del negocio asegurador, debido a que permite preservar el valor de los recursos y generar rentabilidad a través del mercado de capitales. Es en este punto donde la Vicepresidencia de Riesgos Financieros adquiere un papel central, al establecer los lineamientos para la identificación, medición, monitoreo y control de los distintos riesgos a los que se encuentra expuesta la entidad, entre ellos el riesgo de mercado, de crédito, de liquidez y el riesgo de tasa de interés. Por lo tanto, la valoración y el monitoreo del descalce entre activos y pasivos se convierten en elementos fundamentales para preservar la estabilidad del balance, especialmente en escenarios de ajustes macroeconómicos y variaciones en la estructura temporal de tasas de interés.

En el mercado de capitales colombiano, las aseguradoras invierten principalmente en activos de renta fija tales como deuda pública y bonos corporativos. Estos instrumentos, al ser

emitidos por entidades oficiales como el estado o grandes empresas privadas con alta calidad crediticia, se aproximan a activos libres de riesgo de crédito, lo que los convierte en la alternativa de inversión más coherente con el perfil de pasivos de largo plazo de las aseguradoras. Desde el punto de vista de su estructura financiera, estos instrumentos pueden ser estipulados de dos tipos, los bonos con cupón y los bonos cupón cero “Los primeros identifican aquellos documentos mediante los cuales el emisor se compromete a pagar al inversionista o tenedor del mismo una suma fija, denominada cupón, en los períodos señalados en el prospecto de emisión del título y un valor final, denominado principal o valor facial y los segundos, establecen un único pago total a la finalización del título de deuda.” (Arango, Melo, & Vásquez, 2002). En ambos casos, el valor de mercado del instrumento no es estático, sino que varía inversamente con las tasas de interés vigentes; esta sensibilidad, constituye uno de los principales retos financieros de las aseguradoras, dado que las variaciones del mercado pueden influir pronunciadamente en el portafolio que respalda las obligaciones con los asegurados, comprometiendo la capacidad financiera para cumplir con compromisos futuros.

Por su parte, a diferencia de los bonos, cuyos precios se actualizan diariamente con base en las curvas del mercado, los pasivos técnicos se construyen a partir de flujos futuros estimados bajo supuestos actuariales. Para que esta comparación entre pasivos y activos sea coherente, es necesario descontar los flujos de los pasivos utilizando las mismas curvas de interés que rigen la valoración de activos en el mercado. Es aquí donde las curvas de referencia como la curva cero cupón en pesos (CEC) y la curva cero cupón en UVR (CECUVR), adquieren un papel central, al proveer tasas de descuento consistentes con las condiciones del mercado para cada plazo requerido por línea de negocio. En el presente trabajo, el análisis aplicado se concentra en estas dos curvas,

debido a su pertinencia para descontar flujos nominales y reales dentro del ejercicio ilustrativo desarrollado.

Sin embargo, dado que las curvas de referencia se construyen a partir de bonos que valoran a mercado, las tasas observadas están disponibles únicamente para los plazos en que dichos instrumentos tienen vencimiento, lo que genera discontinuidades en la estructura de tasas que impiden obtener directamente una tasa de descuento para los vencimientos intermedios que requiere cada línea de negocio. Esta brecha introduce inconsistencias en la valoración de los pasivos y dificulta una medición rigurosa del riesgo de tasa de interés. En términos prácticos, una tasa de descuento inadecuada puede subestimar o sobreestimar el valor presente de las reservas técnicas, generando una imagen distorsionada de la posición financiera de la compañía. Esto a su vez, compromete la identificación oportuna de descalces entre activos y pasivos, debilita la capacidad de la entidad para anticipar su exposición ante la curva de rendimientos y limita la solidez de las decisiones estratégicas en cuanto a la inversión y la gestión del riesgo.

Ante esta situación, cobra especial relevancia la adopción de metodologías que permitan modelar la estructura temporal de tasas de interés de manera flexible y continua. El modelo Nelson-Siegel constituye una alternativa sólida para abordar esta necesidad, al ajustar la función paramétrica sobre los datos observados que captura el nivel, la pendiente y la curvatura de la curva de rendimientos mediante un número reducido de parámetros. Su aplicación al caso de Seguros Bolívar permitiría obtener tasas consistentes para cualquier plazo requerido, construir factores de descuento para cada línea de negocio, fortalecer la medición del riesgo de tasa de interés y respaldar la toma de decisiones estratégicas con fundamentos cuantitativamente sólidos. En este sentido, el presente trabajo se orienta a dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera la estimación de la estructura temporal de tasas de interés mediante el modelo Nelson-

Siegel permite superar la discontinuidad de los plazos disponibles en las curvas de referencia del mercado colombiano y construir factores de descuento continuos y consistentes para la valoración ilustrativa de pasivos técnicos en el contexto de una aseguradora colombiana?

1.2 Justificación

El análisis financiero aplicado al sector asegurador exige el dominio de herramientas que permitan gestionar con precisión los riesgos inherentes a la administración de recursos a largo plazo. Por lo tanto, la modelación de la estructura temporal de tasas de interés presenta uno de los retos más relevantes dentro del sector financiero asegurador, tanto por su complejidad metodológica como por sus implicaciones prácticas en la valoración de activos y pasivos.

El modelo Nelson-Siegel propuesto en 1987, constituye una de las especificaciones más utilizadas para el ajuste de curvas de rendimiento en entidades financieras y bancos centrales alrededor del mundo. En palabras de sus autores, el modelo busca representar la curva de rendimientos de forma parsimoniosa, capturando sus principales formas observadas en el mercado mediante un número reducido de parámetros con interpretación económica clara (Nelson & Siegel, 1987). Su aplicación al contexto específico del sector asegurador colombiano, con sus propias condiciones de mercado y exigencias técnicas de valoración abre un espacio de contribución académica relevante que el presente trabajo busca explorar, generando evidencia sobre la aplicabilidad del modelo en el mercado asegurador colombiano.

El presente trabajo se justifica en la necesidad de contar con una metodología que permita obtener tasas de descuento para plazos no disponibles directamente en las curvas de mercado, garantizando la coherencia en la valoración de los pasivos técnicos por línea de negocio de Seguros Bolívar. Abordar esta problemática resulta importante debido a que una valoración inconsistente de los pasivos puede comprometer la medición del riesgo de tasa de interés, distorsionar la posición

financiera de la entidad y debilitar la capacidad de identificar oportunamente descalces entre activos y obligaciones. En este sentido, el trabajo facilita una herramienta metodológica concreta que fortalece la calidad de la información financiera disponible para la toma de decisiones estratégicas en materia de inversión.

Desde la perspectiva de la organización, el ejercicio desarrollado aporta una herramienta de apoyo para comprender cómo la estimación continua de la estructura temporal de tasas puede facilitar la construcción de factores de descuento por línea de negocio e indexador. Aunque el modelo no reemplaza las metodologías internas de Seguros Bolívar, si ofrece una aproximación técnica que puede servir como insumo ilustrativo para fortalecer el análisis de sensibilidad, la lectura del riesgo de tasa de interés y la discusión sobre el calce entre activos y pasivos.

Más allá de su aplicación en el contexto de Seguros Bolívar, el ejercicio desarrollado ofrece una aproximación metodológica útil para discutir la valoración consistente de pasivos técnicos bajo un marco financiero de tasas por plazo. En este sentido, constituye un aporte académico y aplicado que puede enriquecer la discusión técnica sobre el análisis financiero del sector asegurador colombiano.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar la estructura temporal de tasas de interés del mercado colombiano mediante el modelo Nelson-Siegel, con el fin de construir una representación continua que permita valorar de forma ilustrativa pasivos técnicos por línea de negocio bajo un marco financiero consistente con las curvas de referencia utilizadas en el sector asegurador.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Examinar la información histórica de las curvas de tasa de interés de referencia del mercado colombiano publicadas por el Banco de la República, con el propósito de identificar su consistencia, su estructura por plazo y su pertinencia para el ejercicio de valoración desarrollado.
- Caracterizar la estructura temporal de tasas de interés mediante la estimación del modelo Nelson-Siegel para cada curva de referencia, de manera que se obtenga una representación continua y suavizada de las tasas para los vencimientos requeridos.
- Determinar factores de descuento para un portafolio hipotético de referencia diferenciado por línea de negocio e indexador, a partir de la estructura temporal estimada y en coherencia con las condiciones financieras del mercado colombiano.
- Establecer una valoración ilustrativa de los flujos asociados a cada línea de negocio mediante la aplicación de los factores de descuento contruidos, con el fin de estimar el valor presente de los pasivos técnicos bajo un marco financiero consistente con su plazo e indexador.
- Evaluar la incidencia de variaciones en la estructura temporal de tasas sobre la valoración ilustrativa de los pasivos técnicos, con el propósito de identificar su sensibilidad frente al riesgo de tasa de interés por línea de negocio.

1.4 Alcance de la práctica

1.4.1 Alcance Institucional

El alcance de la práctica profesional desarrollada en el periodo comprendido entre julio de 2025 y enero 2026 comprendió la participación en actividades de apoyo analítico dentro de la Vicepresidencia de Riesgos Financieros, especialmente en la organización de información financiera, revisión de insumos de tasas de interés, construcción de herramientas de cálculo y documentación de resultados asociados al riesgo de tasa. Desde el componente técnico, el proyecto se delimitó a la estimación de curvas CEC y CECUVR mediante el modelo de Nelson-Siegel, la construcción de factores de descuento y la valoración ilustrativa de pasivos por línea de negocio, sin intervenir las metodologías oficiales de valoración ni las decisiones de inversión de la compañía.

1.4.2 Alcance técnico del proyecto

El equipo de la Vicepresidencia de Riesgos Financieros de Seguros Bolívar es responsable de la identificación, medición, monitoreo y control de los riesgos financieros a los que se encuentra expuesta la compañía. En el marco de sus funciones, el equipo realiza actividades como la revisión de las reservas técnicas constituidas por ramo, verificando que la cobertura del portafolio de inversiones se mantenga por encima de los mínimos regulatorios exigidos por ramo, calcula diariamente el Valor en Riesgo del portafolio mediante la metodología EWMA, y realiza el seguimiento de la cobertura cambiaria, la exposición de la compañía a la moneda extranjera, entre otras funciones, que permiten que el funcionamiento del portafolio esté alineado tanto con las políticas de la empresa, como con las regulaciones exigidas por la normativa.

En este contexto, el proyecto responde a una limitación técnica identificada en la vicepresidencia, la cual radica en la discontinuidad de los plazos disponibles en las curvas de tasas

de interés de referencia del mercado colombiano, que impide obtener tasas de descuento consistentes para todos los vencimientos requeridos por cada línea de negocio de la aseguradora. Para abordar dicha limitación, el proyecto trabaja sobre las series históricas diarias de las curvas cero cupón en pesos (CEC) y cero cupón en UVR (CECUVR) publicadas por el Banco de la República para el periodo 2015-2025, junto con las series del IPC y la TRM como variables de indexación.

Siendo así, el proyecto abarca desde la consolidación y depuración de la información de tasas, pasando por la calibración e implementación del modelo Nelson-Siegel en Python para cada curva de referencia, hasta la construcción en Excel de factores de descuento para cada línea de negocio teniendo en cuenta sus duraciones e indexadores específicos. Con base en esos factores, se proyectan y valoran flujos para cada ramo, permitiendo evaluar como los movimientos en la estructura temporal de tasas inciden sobre la medición financiera de los pasivos. La aplicación del modelo abarca hasta la construcción de los factores de descuento y la valoración ilustrativa de los pasivos técnicos por línea de negocio, sin pretender reemplazar la metodología interna de valoración de Seguros Bolívar ni construir un modelo de gestión operativa del portafolio.

Dado el carácter académico del presente trabajo y por razones de confidencialidad del portafolio de Seguros Bolívar, el ejercicio ilustrativo se apoya en una simulación calibrada con base en la información pública del Banco de la República y un portafolio hipotético de referencia construido bajo supuestos razonables, garantizando que la aplicación metodológica pueda documentarse sin comprometer la reserva de la información interna.

El trabajo no incluye decisiones sobre la composición del portafolio de inversiones, modificaciones a la metodología de reservas técnicas aprobada por la Superintendencia Financiera de Colombia, análisis de riesgo de crédito o liquidez, ni proyecciones o estimaciones de tasas

futuras. Los entregables del periodo de práctica son la curva de Nelson-Siegel calibrada e implementada en Python para cada curva de referencia, los factores de descuento por línea de negocio e indexador organizados en Excel, y un informe técnico que documenta la metodología aplicada, los parámetros estimados y el análisis de sensibilidad de los pasivos ante variaciones en la estructura temporal de tasas.

2. Caracterización de la empresa

El desarrollo de la práctica profesional tuvo lugar en Seguros Bolívar, compañía fundada en 1939 que hace parte del grupo Bolívar y que ocupa una posición relevante dentro del sector asegurador colombiano. Conocer su estructura institucional permite entender el contexto en el que surge la necesidad técnica que orienta este trabajo y la importancia de contar con herramientas metodológicas rigurosas para la gestión financiera de sus obligaciones.

2.1 Razón Social

Nombre: Compañía de Seguros Bolívar

NIT: 860002503-2

2.2 Objeto Social

La sociedad tendrá como objeto la celebración y ejecución en general de toda clase de contratos de seguro, coaseguro, reaseguro, indemnización o garantía permitidos por las leyes de Colombia, o de las de cualquier otro país, donde establezca domicilio, sucursal o agencias. Contratar con cualquier persona la acumulación, provisión y el pago de fondos de amortización, redención, depreciación, renovación, dotación u otros fondos especiales, ya sea mediante la entrega de una suma fija o de una prima anual o de otra manera y en los términos y condiciones que se convengan en cada caso o se determinen en reglamentos de carácter general.

2.3 Misión

La misión de Seguros Bolívar es generar valor a sus clientes, comunidad e inversionistas, a través de un equipo humano íntegro, comprometido, amigable y siempre dispuesto a aprender. Buscando enriquecer la vida con integridad con acciones conscientes e innovadoras que favorecen

un crecimiento económico que sea, a la vez, socialmente incluyente, resiliente al clima y responsable con el medioambiente.

2.4 Visión

Ser reconocidos como una empresa líder a nivel suramericano en el sector financiero y asegurador, generando tranquilidad y bienestar a sus clientes, siendo competitivo con las empresas y el país.

2.5 Objetivos Estratégicos

- Enriquecer la vida con integridad con acciones conscientes e innovadoras, fortaleciendo un crecimiento económico socialmente incluyente.
- Mantener como centro al ser humano.
- Brindar una oferta de valor centralizada en nuestros clientes que sea amigable, sencilla y confiable.
- Creación de ecosistemas que potencian la capacidad de la compañía y sus equipos de trabajo para reaccionar con agilidad frente a las necesidades cambiantes del entorno.
- Ser eficiente para lograr los mejores resultados, entendiendo el panorama económico global y local futuros.

La información institucional presentada permite comprender que la gestión prudente del riesgo es coherente con la misión y los objetivos estratégicos de Seguros Bolívar, especialmente en lo relacionado con la generación de valor, la sostenibilidad del negocio y la protección de los asegurados. En ese sentido, el proyecto desarrollado durante la práctica se vincula directamente con la necesidad de fortalecer herramientas analíticas que contribuyan a una lectura más precisa de las obligaciones futuras y de su sensibilidad frente a las condiciones del mercado.

3. Marco Teórico

La modelación de la estructura temporal de tasas de interés ha sido objeto de amplio estudio en la literatura financiera, y el modelo de Nelson-Siegel ocupa un lugar central en las investigaciones. Desde su propuesta original, el modelo ha sido adoptado de manera generalizada por bancos centrales, entidades financieras y compañías aseguradoras y ha consolidado su relevancia como herramienta de estimación parsimoniosa con interpretación económica clara. No obstante, su implementación en el sector asegurador colombiano, con sus condiciones particulares de indexadores, plazos y curvas de referencia, constituye un campo de aplicación que la literatura nacional no ha explorado a profundidad y, por tanto, motiva el desarrollo del presente trabajo.

Una de las primeras aproximaciones al modelo en el contexto colombiano proviene del Banco de la República el cual ha aplicado el método de Nelson y Siegel para estimar la estructura a plazo de las tasas de interés en Colombia, superando en criterios convencionales la curva CETES de la Bolsa de Colombia. Esta investigación desarrollada por (Arango, Melo y Vásquez, 2002), constituye uno de los antecedentes más relevantes para el presente estudio, al demostrar la pertinencia del modelo en el mercado local y establecer un referente metodológico para su aplicación a datos colombianos.

Desde el ámbito de la ciencia actuarial y la valoración de compañías aseguradoras, la relación entre el modelo Nelson-Siegel y la gestión de pasivos ha sido explorada desde distintos ángulos. Wüthrich y Merz (2013) desarrollan un marco de valoración actuarial que incorpora la estimación de la curva de tasas libres de riesgo utilizando los modelos Svensson y Nelson-Siegel, aplicadas al descuento estocástico de flujos de caja aleatorios en el contexto de solvencia y la gestión de riesgos de compañías aseguradoras. Este enfoque evidencia que la estimación

paramétrica de la estructura temporal no solo es un ejercicio de ajuste estadístico, sino un insumo fundamental para la valoración consistente del balance de una aseguradora.

En investigaciones más recientes, Eghbalzadeh, Godin, & Gaillardetz (2024) desarrollaron una versión en tiempo discreto del modelo Nelson-Siegel libre de arbitraje, demostrando su utilidad para valorar contratos de seguros de vida con garantías vinculadas al desempeño del mercado financiero, tales como las rentas variables y contratos participativos. Este trabajo es especialmente relevante debido a que sitúa el modelo Nelson-Siegel en el núcleo de la valoración de productos con componentes de largo plazo, que es el contexto específico en el cual se desarrolla el presente estudio.

Complementando el anterior enfoque; en materia de gestión activo-pasivo en aseguradoras, la literatura ha documentado extensamente los riesgos derivados del descalce entre activos y obligaciones. Gilbert (2025) señala que las estrategias de esta gestión buscan igualar la sensibilidad del valor de los activos al valor de los pasivos ante cambios en variables financieras como las tasas de interés, tomando como base los flujos de caja esperados de las obligaciones, y que en pasivos de largo plazo el riesgo de tasa de interés es frecuentemente el foco central de la gestión. En ese sentido, contar con una estructura temporal continua y bien estimada se convierte en un requisito técnico indispensable para implementar cualquier estrategia de gestión de activos y pasivos rigurosa.

El conjunto de estos antecedentes evidencia que la estimación paramétrica de la estructura temporal de tasas de interés mediante el modelo Nelson-Siegel constituye una herramienta ampliamente validada en la literatura financiera y actuarial, con aplicaciones documentadas tanto en mercados desarrollados como en economías emergentes. Sin embargo, su implementación sistemática en el sector asegurador colombiano, considerando la diversidad de indexadores,

duraciones y curvas de referencia que caracterizan los pasivos técnicos de una compañía como Seguros Bolívar, exige decisiones metodológicas específicas que la literatura general no aborda directamente. Con ese propósito, el desarrollo conceptual del presente trabajo sigue una secuencia construida desde los fundamentos teóricos hasta su aplicación. Se parte del valor del dinero en el tiempo; principio que justifica la necesidad de descontar flujos futuros, dando sentido financiero a la valoración de pasivos. Continuando, se introduce el riesgo de tasa de interés, debido a que las variaciones en las tasas de descuento afectan directamente el valor presente de las obligaciones y constituyen el riesgo central que busca ser cuantificado en este trabajo. Siendo así, se desarrolla la estructura temporal de tasas de interés, estableciendo el marco técnico que permite obtener las tasas diferenciadas por plazo e indexador, y dentro de ella el modelo de Nelson-Siegel como herramienta de estimación continua. Finalmente se aborda la gestión activo-pasivo y los factores de descuento, que representan la aplicación concreta a la valoración de pasivos técnicos de la compañía.

3.1 Valor del dinero en el tiempo

El valor del dinero en el tiempo es un concepto económico que establece que una suma de dinero no mantiene el mismo valor a lo largo del tiempo. Si bien el valor del dinero depende de diversos factores económicos, también debe considerarse su capacidad de generar rendimientos y, por tanto, su variación intertemporal. El concepto del valor del dinero en el tiempo sostiene que los beneficios obtenidos hoy tienen mayor valor que los beneficios obtenidos en el futuro (Lahuri, Rahma, & Zuhroh, 2025); por lo tanto, el valor del dinero depende del momento en que se recibe, debido a que interviene la tasa de interés.

La tasa de interés refleja el costo de oportunidad del capital, es decir, la rentabilidad que puede obtenerse al invertir el dinero durante un período determinado en lugar de mantenerlo

estático. Para estimar el valor del dinero en el tiempo deben considerarse elementos como el valor futuro, que determina cuánto valdrá una cantidad en un período determinado; el valor presente, que representa el valor actual de un flujo futuro; y la tasa de descuento, que permite relacionar el tiempo con la valoración monetaria en los distintos períodos considerados. Estos conceptos se expresan de forma tal que:

$$VP = \frac{VF}{(1 + r)^n}$$

Gracias a esta relación, es posible expresar los flujos monetarios en términos homogéneos en el tiempo, lo cual permite garantizar la consistencia intertemporal en su valoración. Este principio constituye la base de la evaluación financiera, ya que permite comparar alternativas económicas bajo un criterio uniforme de descuento. En el sector financiero, su aplicación es fundamental para la correcta valoración de instrumentos con vencimientos futuros, asegurando que los precios y estimaciones reflejen de manera coherente las condiciones de mercado y el rendimiento exigido por el capital.

Cuando los flujos futuros se distribuyen en múltiples periodos, como ocurre en la valoración de pasivos aseguradores, la aplicación del principio del valor del dinero en el tiempo exige calcular un factor de descuento para cada vencimiento específico. Un factor de descuento $d(\tau)$ asociado a un plazo τ representa el valor presente de una unidad monetaria que se recibirá en ese momento futuro y se expresa como:

$$d(\tau) = \frac{1}{(1 + r(\tau))^\tau}$$

Donde $r(\tau)$ es la tasa de interés correspondiente al plazo τ según la estructura temporal vigente. La construcción de estos factores para cada vencimiento permite trasladar los flujos

futuros de las obligaciones a valor presente de manera consistente, garantizando que cada flujo sea descontado con la tasa apropiada para su horizonte temporal. Sin embargo, esta tasa no es uniforme para todos los plazos ni permanece estable en el tiempo, lo que implica que descontar todos los flujos con una misma tasa introduce distorsiones en la medición financiera de las obligaciones. Esta limitación puede comprometer la identificación oportuna de descalces entre activos y obligaciones y debilitar la solidez de las decisiones de inversión, lo que establece las bases para abordar el riesgo de tasa de interés en el mercado colombiano.

3.2 Riesgo de tasa de interés

El riesgo de tasa de interés se define como la posibilidad de que variaciones en las tasas de interés del mercado generen cambios en el valor económico de los activos, los pasivos y, en consecuencia, del balance de una entidad financiera.

Desde el punto de vista financiero, el valor de un activo financiero puede expresarse como el valor presente de sus flujos esperados.

$$VP = \sum_{t=1}^n \frac{Flujo_t}{(1 + r_t)^t}$$

Dado que la tasa r_t depende del plazo al vencimiento, cualquier modificación en la estructura temporal de la tasa afecta directamente la valoración del instrumento. Por lo tanto, el riesgo de tasa no solo está asociada a cambios en una tasa puntual, sino a movimientos en toda la tasa de rendimientos.

Para medir el riesgo de tasa de interés, la teoría financiera introduce conceptos como duración y convexidad, que permiten cuantificar la sensibilidad del valor de un activo ante variaciones en las tasas. La duración mide el cambio porcentual aproximado en el precio ante un

movimiento pequeño en la tasa, mientras que la convexidad ajusta dicha estimación considerando efectos no lineales.

Estos movimientos, representan las expectativas del mercado sobre la política monetaria futura, el crecimiento de la producción y la inflación a lo largo de un rango de horizontes temporales (Guidolin & Ionta, 2025). Para el sector asegurador, este riesgo adquiere especial relevancia debido a que las entidades mantienen pasivos de largo plazo cuyo valor depende de la curva de descuento utilizada. Cambios en el nivel, la pendiente o la curvatura de la estructura temporal pueden alterar significativamente el valor presente de las reservas técnicas, afectando la solvencia y el balance financiero de la entidad. En consecuencia, al descomponer la curva en componentes como nivel, pendiente y curvatura, es posible analizar de manera más precisa la exposición del portafolio a distintos tipos de movimientos y fortalecer la toma de decisiones financieras.

Las reservas técnicas constituyen el principal componente del pasivo asegurador y representan la estimación del valor presente de las obligaciones futuras contraídas con los asegurados. Su correcta valoración depende, de manera crítica, de la curva de descuento utilizada: una tasa inadecuada puede subestimar o sobreestimar el monto de las reservas, generando una imagen distorsionada de la posición financiera de la entidad. En Colombia, el decreto 1272 de 2024 establece que el cálculo de las reservas técnicas debe fundamentarse en una tasa de descuento para cada vencimiento derivada de una curva de rendimiento libre de riesgo (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2024), lo que refuerza la importancia de contar con una estructura temporal continua y bien estimada como insumo para la valoración de pasivos aseguradores.

Para el sector asegurador, este riesgo adquiere una dimensión adicional frente a otros agentes financieros. Mientras que un banco o un fondo de inversión puede ajustar su portafolio

con relativa agilidad frente a cambios en las tasas, una aseguradora mantiene pasivos de largo plazo cuya duración está determinada por la naturaleza de los contratos suscritos con los asegurados. Esto significa que el descalce entre la sensibilidad de los activos y la de los pasivos ante el movimiento de la curva no es fácilmente corregible en el corto plazo, lo que hace que la medición precisa de esa exposición sea una prioridad técnica. Sin embargo, medir esa exposición con rigor exige contar con tasas de descuento diferenciadas para cada plazo requerido por línea de negocio, lo que a su vez exige una representación continua y bien estimada de la estructura temporal de tasa de interés.

3.3 Estructura temporal de tasas de interés

La estructura temporal de tasas de interés describe la relación entre el rendimiento exigido por el mercado y el plazo al vencimiento de los instrumentos financieros. En términos económicos, constituye una expresión de la valoración del dinero en el tiempo, ya que refleja cómo el mercado remunera el capital en distintos horizontes temporales. La tasa de interés, a su vez, surge del equilibrio entre la oferta de ahorro y la demanda de inversión, configurándose como una variable central en la asignación intertemporal de recursos y en la determinación del costo del capital. Esta estructura permite evidenciar el rendimiento exigido por el mercado en cuanto a la duración de un activo financiero, sin embargo, dicha tasa de interés no solo es significativa para un activo financiero, sino que también a un periodo determinado puede reflejar las expectativas del mercado actual sobre las tasas de interés futuras a corto plazo (Quin & Zhu, 2023).

En el ámbito de valoración financiera, esta tasa resulta fundamental para el descuento adecuado de flujos futuros utilizando tasas consistentes con cada horizonte temporal. Esto permite evitar distorsiones en la estimación del valor presente y garantiza coherencia técnica en la valoración de activos financieros, particularmente en instrumentos de renta fija y en modelos de

medición de riesgo de tasa de interés. La representación gráfica de esta relación conocida como curva de rendimientos es una medida importante en la economía, debido a que, según su pendiente y forma, los analistas económicos pueden evidenciar las expectativas a futuro en el mercado, por lo que el estudio de los ciclos económicos se ve fuertemente relacionado a esta tasa. La evolución de la estructura temporal de tasas de interés puede clasificarse en distintas formas de curvas de rendimiento que están intrínsecamente ligadas a los ciclos económicos y proporcionan información relevante sobre las condiciones del mercado más allá de los simples diferenciales de tasas tanto así que existen teorías que sostienen que dicha tasa se determina por condiciones específicas de la oferta y la demanda según el vencimiento (Chen, 2021).

La teoría financiera ha desarrollado diversos enfoques para explicar la forma y la dinámica de la estructura temporal de las tasas de interés, cada uno ha surgido como respuesta a las limitaciones del anterior. En primer lugar, se encuentra la teoría de las expectativas, esta teoría surge en un contexto en el que se buscaba explicar por qué los rendimientos de los bonos variaban sistemáticamente con su plazo de vencimiento, y propone que dicha variación refleja las expectativas del mercado sobre la evolución futura de las tasas de corto plazo. Por lo tanto, “Esta teoría establece que, si combinamos un período de bonos a corto plazo y lo comparamos con el mismo período de bonos a más largo plazo, el interés total ganado debería ser equivalente. Esto significa que la teoría de las expectativas puede explicar los movimientos de las tasas de interés a corto y largo plazo. (...) Además, podemos predecir que, si la pendiente de la curva es ascendente, las tasas de interés futuras aumentarán y si la pendiente de la curva es descendente, las tasas de interés futuras disminuirán.” (Irturk, 2006). Si bien la teoría de las expectativas tuvo amplia aceptación, esta fue objeto de críticas debido a que no explica satisfactoriamente la tendencia histórica de las tasas de largo plazo al superar sistemáticamente a las de corto plazo.

En respuesta a esta limitación, surge la teoría de preferencia por liquidez. Esta teoría, surge del reconocimiento de que los inversionistas no son indiferentes entre instrumentos de distinto plazo, sino que perciben los bonos de largo plazo como más riesgosos e ilíquidos que los de corto plazo, por lo que “La teoría de la preferencia por la liquidez afirma que la aversión al riesgo hará que las tasas a término sean sistémicamente mayores que las tasas al contado esperadas.” (Irturk, 2006). Bajo este enfoque, las tasas de largo plazo no solo reflejan expectativas sobre tasas futuras sino también una compensación adicional por el riesgo asumido al inmovilizar el capital durante periodos más extensos.

Posteriormente, como cuestionamiento a las dos teorías anteriores, surge la teoría de segmentación de mercados. Dicha teoría argumenta, que los supuestos de libre sustitución entre bonos de distinto plazo no se sostienen en la práctica, debido a que “Los mercados de bonos de diferentes vencimientos están completamente separados y segmentados y no son sustituibles. Como resultado, la demanda y la oferta de bonos de un vencimiento particular se ven poco afectadas por los precios de los bonos de vencimientos vecinos y generalmente se determinan de forma independiente” (Irturk, 2006). En conjunto, estas teorías evidencian que la estructura temporal de tasas no es estática ni uniforme, sino que responde a múltiples fuerzas que actúan simultáneamente sobre distintos segmentos de la curva. Esta complejidad justifica la necesidad de contar con modelos paramétricos que capturen de forma continua y suavizada el comportamiento de la curva, permitiendo obtener tasas consistentes para cualquier plazo requerido en la valoración de los pasivos de una compañía aseguradora (Chen, 2021).

Un aspecto técnico relevante en la construcción de la estructura temporal es que las tasas observadas en el mercado se encuentran disponibles solo para un conjunto de plazos limitado. Esto genera irregularidades en la curva que dificultan su uso directo para el descuento de flujos a plazos

intermedios, lo que justifica la necesidad de contar con modelos paramétricos que estimen la curva de forma continua y suavizada.

El recorrido por estas teorías expone que las tres coinciden en que la estructura temporal no es estática, sino que responde simultáneamente a expectativas sobre tasas futuras, a preferencias de liquidez de los inversionistas y a dinámicas propias de cada segmento del mercado. Esta complejidad indica que no es posible aproximar la curva de rendimientos con una tasa única ni con una interpolación lineal entre los pocos plazos disponibles, sin introducir distorsiones en la valoración de pasivos. En el mercado colombiano donde las curvas CEC y CECUVR reportan únicamente tres plazos por fecha, esta limitación es especialmente relevante porque impide obtener directamente las tasas de descuento requeridas por cada línea de negocio. La solución metodológica a este problema es la estimación paramétrica de la curva mediante un modelo que capture de forma continua y suavizada su nivel, pendiente y curvatura.

Desde una perspectiva teórica, los modelos de estimación de la estructura temporal pueden clasificarse en tres grandes enfoques. Los modelos de equilibrio parten de supuestos macroeconómicos sobre el consumo, el ahorro y la inversión para derivar la curva de rendimientos. Los modelos de no arbitraje garantizan consistencia con los precios observados en el mercado, asegurando coherencia entre los distintos vencimientos. Finalmente, los modelos estadísticos sintetizan la información de la curva en un conjunto reducido de factores como nivel, pendiente y curvatura con capacidad para describir y pronosticar la dinámica de las tasas de interés con flexibilidad suficiente para adaptarse a distintas condiciones de mercado. Es precisamente dentro de esta última categoría donde se inscribe el modelo Nelson-Siegel, cuya parsimonia y capacidad para capturar las principales formas observadas en las curvas de referencia del mercado colombiano lo convierten en la especificación adecuada para el presente trabajo.

3.3.1 Modelo Nelson-Siegel.

Dentro de los modelos estadísticos, se encuentra el modelo de Nelson-Siegel propuesto en 1987, el cual constituye una de las especificaciones más utilizadas para el ajuste de la curva de rendimientos. Nelson y Siegel proponen un modelo de ajuste de la curva de rendimiento donde la tasa de retorno depende de la madurez del instrumento (Alfaro, 2009), estableciendo que la tasa de interés a un plazo τ puede expresarse como:

$$y(\tau) = \beta_1 + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right)$$

Siendo:

- β_1 Representa el nivel de la curva, es decir, la tasa hacia la cual convergen todos los rendimientos a medida que el plazo tiende a infinito.
- β_2 Captura la pendiente, definida como la diferencia entre la tasa de corto y la de largo plazo.
- β_3 Modela la curvatura, es decir, el comportamiento de los vencimientos intermedios. Valores positivos generan una joroba en la curva, mientras que valores negativos producen una forma de U.
- λ controla la velocidad del decaimiento exponencial y determina el punto en donde la curvatura alcanza su máximo efecto.

La estimación del modelo se realiza minimizando la suma de errores cuadráticos entre las tasas observadas en el mercado y las tasas ajustadas por el modelo para cada plazo disponible. En la práctica, el parámetro λ suele fijarse en una primera etapa para linealizar el problema de estimación. Como señalan los autores “Nelson y Siegel (1987) transformaron el problema de estimación no lineal simple, fijando el parámetro de forma que causa la no linealidad. Para obtener

estimaciones de parámetros, calcularon las estimaciones de MCO de una serie de modelos condicionados a una cuadrícula del parámetro de forma fija” (Annaert, Claes, De Cleuster, & Zhang, 2013). Una vez fijado λ , los parámetros β_1 , β_2 y β_3 pueden estimarse mediante mínimos cuadrados ordinarios, simplificando el proceso de calibración.

Este modelo se destaca debido a que es un modelo parsimonioso, es decir, requiere un número pequeño de parámetros para caracterizar completamente la curva de rendimiento (Alfaro, 2009). Esta simplicidad estructural, combinada con su capacidad para capturar las principales configuraciones observadas en el mercado, representando una herramienta clave en la modelación académica y la valoración financiera aplicada. Diversas extensiones del modelo han sido propuestas en la literatura, entre ellas la de Svensson (1994), que incorpora un cuarto término para capturar una segunda curvatura en la curva, y la de Diebold y Li (2006), que reinterpreta los parámetros como factores dinámicos que evolucionan en el tiempo y pueden ser modelados con series de tiempo. Para propósitos del presente trabajo, se utiliza la especificación original de Nelson-Siegel, dado que resulta suficiente para representar las curvas de referencia del mercado colombiano y construir los factores de descuento requeridos por cada línea de negocio.

En el contexto asegurador colombiano, esa estructura temporal adquiere una dimensión adicional debido a que los pasivos de las compañías no se encuentran denominados en una única unidad de valor. Las obligaciones pueden estar indexadas al Índice de Precios al Consumidor (IPC), Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (SMMLV) o a la Tasa Representativa del Mercado (TRM) según la naturaleza de cada línea de negocio, lo que implica que la valoración consistente de los pasivos requiere curvas de tasas diferenciadas por indexador. La disponibilidad de una estructura temporal continua y diferenciada constituye el insumo fundamental para la gestión activo-pasivo, en tanto que permite comparar activos y pasivos bajo un mismo marco de valoración

intertemporal y cuantificar con precisión la exposición de la compañía ante movimientos en la curva de rendimientos.

3.4 Gestión Activo-Pasivo (ALM)

La gestión Activo-Pasivo, conocida por sus siglas en inglés como Asset-Liability Management (ALM), constituye un proceso central en la administración financiera de las compañías aseguradoras. “La sociedad de actuarios define ALM como el proceso continuo de formular, implementar, monitorear y revisar estrategias relacionadas con los activos y pasivos para alcanzar los objetivos financieros” (Gilbert, 2025). Este enfoque surge como una respuesta al funcionamiento del negocio asegurador, en el que los activos se adquieren con el propósito de respaldar las obligaciones estimadas con los asegurados, exigiendo una gestión coordinada de ambos lados del balance.

El ALM es un elemento fundamental de la estrategia y las operaciones de las aseguradoras, cuya importancia radica en el hecho de que “el seguro es un negocio orientado principalmente por los pasivos, con activos adquiridos para calzar, de forma eficiente en términos de riesgo, los flujos de caja estimados de las obligaciones aseguradoras” (Gilbert, 2025). Por lo tanto, el ALM no se limita a una función operativa, sino que constituye un pilar estratégico que determina la composición del portafolio de inversiones, la medición del riesgo financiero y la sostenibilidad del balance en el largo plazo.

Para el riesgo de tasa de interés, el ALM adquiere una dimensión técnica precisa. Las estrategias de ALM buscan frecuentemente igualar la sensibilidad del valor de los pasivos ante cambios en una variable financiera determinada, como las tasas de interés, con base en los flujos de caja esperados de las obligaciones (Gilbert, 2025). Para implementar estas estrategias de forma rigurosa, es indispensable contar con una estructura temporal de tasas continua y bien estimada

que permita calcular con precisión la duración y sensibilidad tanto de activos como de los pasivos, garantizando que ambos lados del balance correspondan de manera coherente ante movimientos de la curva de rendimientos.

Para las aseguradoras con pasivos de mayor duración, el riesgo de tasa de interés es frecuentemente el foco central de la gestión activo-pasivo, debido a que los portafolios de las aseguradoras están frecuentemente compuestos por títulos de renta fija, dada la mayor certeza que proporcionan los flujos de caja de dichos activos (Gilbert, 2025). En el caso de Seguros Bolívar, esta característica se manifiesta en la necesidad de calzar los flujos de cada línea de negocio frente a un portafolio de activos cuya valoración depende de las curvas de referencia del mercado colombiano. En este marco, la modelación de la estructura temporal de tasas mediante el modelo de Nelson-Siegel, se convierte en un puente para el ALM, al proveer un modelo que permite comparar activos y pasivos bajo un mismo criterio de valoración intertemporal y fortalecer la medición del riesgo de tasa de interés en el balance de la compañía. La implementación práctica de estas estrategias de gestión activo-pasivo se materializa en la construcción de factores de descuento diferenciados, los cuales convierten la curva estimada en una herramienta concreta de valoración para cada línea de negocio, garantizando coherencia entre los plazos proyectados y las condiciones financieras vigentes.

3.5 Factores de Descuento

Los factores de descuento constituyen el vínculo operativo entre la estructura temporal de tasas de interés y la valoración de flujos futuros. Como se estableció en la sección 7.1 un factor de descuento $d(\tau)$ expresa el valor presente de una unidad monetaria que se recibirá en un plazo τ , y su construcción depende directamente de la tasa de interés asociada a ese horizonte temporal. En

ese sentido, la consistencia de los factores de descuento está determinada por la correcta estimación de la curva de rendimientos.

La estimación mediante el modelo Nelson-Siegel, permite obtener una tasa $y(\tau)$ para cualquier plazo τ requerido, lo cual facilita la obtención de factores de descuento continuos y coherentes para todos los vencimientos. El factor de descuento para un plazo τ se calcula como:

$$d(\tau) = \frac{1}{(1 + y(\tau))^{\frac{\tau}{365}}}$$

Esta expresión garantiza que cada flujo sea descontado con la tasa específica correspondiente a su horizonte temporal. Para el contexto asegurador, la construcción de plazos consistentes es relevante, debido a que la aplicación de una tasa inadecuada puede comprometer la medición financiera de los pasivos (Banco de Pagos Internacionales, 2016).

En el caso de los pasivos técnicos de una compañía aseguradora, la aplicación de los factores de descuento permite expresar el valor presente de las obligaciones futuras de cada línea de negocio bajo un marco consistente con las condiciones del mercado. El valor presente de dichos flujos proyectados se obtiene como:

$$VP = \sum_{t=1}^n F_t * d(\tau_t)$$

Donde $d(\tau_t)$ es el factor de descuento correspondiente al plazo τ_t de cada flujo. Esto permite que cada obligación sea valorada con la tasa apropiada para su vencimiento, garantizando la coherencia intertemporal en la medición del pasivo total. Por otra parte, dado que los pasivos de las aseguradoras pueden estar indexados a distintas referencias como el índice de precios al consumidor o el salario mínimo legal vigente, es necesario construir factores de descuento

diferenciados para cada indexador, utilizando la curva estimada mediante Nelson-Siegel. De esta forma, la valoración de pasivos refleja tanto el perfil temporal de los flujos como el indexador específico de cada línea de negocio, proporcionando una base sólida para la gestión activo-pasivo de la compañía (Gilbert, 2025).

En conjunto, los conceptos desarrollados permiten sustentar la lógica técnica del ejercicio aplicado durante la práctica. El valor del dinero en el tiempo fundamenta la necesidad de descontar flujos futuros; el riesgo de tasa de interés explica la sensibilidad de activos y pasivos ante movimientos de la curva; la estructura temporal de tasas permite asignar una tasa específica a cada vencimiento el modelo Nelson-Siegel ofrece una herramienta para estimar dicha estructura de forma continua; y la gestión de activo-pasivo permite interpretar los resultados dentro del balance de una compañía aseguradora.

3.6 Marco Normativo

El sector asegurador colombiano opera bajo regulaciones que determinan los criterios técnicos para la constitución de las reservas técnicas, la gestión de los activos que las respaldan y el control de riesgo de tasa de interés. Por lo tanto, se deben revisar los distintos marcos normativos que respaldan la operación de dichas aseguradoras frente a la Superintendencia Financiera de Colombia, reforzando la pertinencia de contar con metodologías rigurosas para la estimación de estructuras temporales de tasas de interés.

3.6.1 Decreto 1272 de 2024

Una de las regulaciones más relevantes es el decreto 1272 de 2024, expedido por el Ministerio de Hacienda y crédito público, el cual modifica el Decreto 2555 de 2010 en lo relacionado con el régimen de reservas técnicas de las entidades aseguradoras, orientándose hacia la convergencia con estándares internacionales como la NIIF 17 y el marco de Solvencia II. En materia de tasas de descuento, la norma establece que las entidades aseguradoras deberán utilizar

una tasa de descuento para la estimación de los flujos de efectivo de los contratos de seguro, partiendo de una curva de rendimiento libre de riesgo a la cual se le añade una prima de iliquidez para determinados flujos y ramos (Ministerio de Hacienda y Credito Publico, 2024). Por lo tanto, la estimación de la estructura temporal de tasas mediante el modelo Nelson-Siegel responde directamente a esta exigencia regulatoria, al proveer una metodología continua y consistente para construir dicha curva de rendimiento para cada vencimiento requerido.

3.6.2 Circular externa 007 de 2021 – Inversión de reservas técnicas

Complementando lo anterior, la circular externa 007 de 2021 impartió instrucciones relacionadas con los procesos de inversión de los recursos que respaldan las reservas técnicas de las aseguradoras, estableciendo que las juntas directivas deben adoptar una política de inversión que cumpla con el contenido mínimo dispuesto en la norma (Superintendencia Financiera de Colombia, 2021). Esta disposición es pertinente para el trabajo, debido a que regula la gestión de activos que respaldan los pasivos técnicos, cuya coherencia con las obligaciones proyectadas es precisamente el problema que aborda la gestión activo-pasivo y que motiva la construcción de factores de descuento consistentes con las condiciones del mercado.

3.6.3 Documento del Banco de Pagos Internacionales (2016) – Riesgo de tasa de interés

Finalmente, en el marco internacional, el Banco de Pagos Internacionales publicó en 2016 los principios para la gestión del riesgo de tasa de interés en la cartera de inversión. Si bien este documento no constituye regulación vinculante para el sector asegurador colombiano, sus principios han orientado el desarrollo de la regulación local en materia de medición y control de riesgo de tasa, y proporciona el sustento técnico internacional que respalda la importancia de modelar la estructura temporal de tasas de manera rigurosa para la gestión del balance de una compañía aseguradora (Banco de Pagos Internacionales, 2016).

En síntesis, los referentes normativos revisados muestran que la valoración de pasivos técnicos y la gestión de los activos que los respaldan, requieren metodologías consistentes, trazables y sensibles a las condiciones del mercado. Por ello, la estimación de una estructura temporal continua mediante Nelson-Siegel se articula con la necesidad regulatoria de usar curvas de descuento coherentes por vencimiento y con la exigencia técnica de monitorear el riesgo de tasa de interés dentro del balance asegurador.

4. Metodología

El presente trabajo se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo y aplicado, orientado a estimar una estructura temporal continua de tasas de interés y a utilizarla en la valoración ilustrativa de pasivos técnicos contruidos para fines académicos. Su alcance es descriptivo y metodológico, en la medida en que analiza el comportamiento de las curvas de referencia del mercado colombiano y, a partir de ello, diseña un procedimiento técnico para construir factores de descuento por plazo e indexador. De esta manera, el estudio articula el análisis de datos financieros, la estimación paramétrica de curvas y la valoración de flujos bajo criterios de coherencia financiera, consistencia intertemporal y trazabilidad metodológica.

4.1 Fuentes de Información

La información utilizada en el desarrollo del proyecto corresponde a curvas de tasas de interés empleadas para la valoración financiera de pasivos aseguradores, constituyendo el insumo principal para la modelación de la estructura temporal de tasas, garantizando que los cálculos se encuentren alineados con las condiciones financieras del mercado.

4.1.1 Fuentes Internas

La selección de curvas de referencia utilizadas para el presente trabajo se fundamenta en el criterio profesional de la Vicepresidencia de Riesgos Financieros de Seguros Bolívar. A partir de dicho criterio, se seleccionó la curva cero cupón en pesos (CEC) y la curva cero cupón en UVR (CECUVR). La CEC constituye la referencia para el descuento de flujos nominales y de aquellas líneas de negocio indexadas a la TRM, mientras que la CECUVR es la curva de referencia para las líneas cuyos flujos están vinculados al IPC o al SMMLV, dado que esta curva está expresada en términos reales y es coherente con la naturaleza de dichos indexadores. Esto garantiza, que cada línea de negocio sea descontada con la curva que mejor refleja las condiciones financieras de sus obligaciones.

4.1.2 Fuentes externas

Para el desarrollo del ejercicio planteado por la Vicepresidencia en un contexto académico y dado el carácter confidencial del portafolio de Seguros Bolívar, se utilizarán las series históricas de las curvas CEC y CECUVR publicadas por el Banco de la República de Colombia, disponibles con una frecuencia diaria para un horizonte de diez años comprendido entre 2015 y 2025. Este periodo permite capturar distintos ciclos de las tasas de interés en el mercado y observar diversos fenómenos económicos aplicados al caso colombiano. Adicional a esto, se utilizan el Índice de precios al Consumidor (IPC) y la Tasa Representativa del Mercado (TRM), publicados por el Banco de la República, como variables de indexación para la proyección de flujos de las líneas de negocio que vinculan sus obligaciones a estos indicadores.

4.2 Fases de trabajo

4.2.1 Consolidación de la información

Se descargan las series históricas diarias de las curvas CEC y CECUVR del Banco de la República, junto con las series del IPC y la TRM para el periodo 2015-2025. La información se organiza en Excel estructurando las observaciones por la curva de referencia, plazo en días y fecha de valoración, lo que permite visualizar los datos obtenidos y determinar la consistencia de los mismos, identificando valores atípicos, plazos faltantes o irregularidades que puedan afectar la consistencia del modelo más adelante.

Cuando se identifique la ausencia de un plazo intermedio dentro de una fecha con observaciones consistentes en los demás vencimientos, se aplicará interpolación lineal únicamente con fines de organización exploratoria de la base. En cambio, cuando una observación presente inconsistencias evidentes de signo, magnitud o discontinuidad no justificable frente a fechas adyacentes, la fecha completa será excluida del proceso de calibración.

4.2.2 Modelación de la estructura temporal

A partir de las tasas observadas para cada curva de referencia, la calibración del modelo Nelson-Siegel se realiza mediante mínimos cuadrados ordinarios una vez fijado el parámetro λ . Esta decisión permite transformar el problema no lineal en un sistema lineal compatible con la estructura de la base utilizada. El valor de λ se adopta con base en el parámetro Tau reportado por el Banco de la República en su metodología oficial de curvas cero cupón, utilizando la relación $\lambda = 1/\text{Tau}$. Bajo este criterio, se emplea $\lambda = 0.2703$ para la curva CEC, correspondiente a $\text{Tau} = 3.70$ años, y $\lambda = 0.4348$ para la curva CECUVR, correspondiente a $\text{Tau} = 2.30$ años. Esta elección no solo mantiene coherencia con el marco de referencia del mercado colombiano, sino que además resulta adecuada para una base que contiene tres plazos observados por fecha de valoración, permitiendo una estimación parsimoniosa y consistente de la curva.

Este proceso se implementará en Python, obteniendo una representación continua y suavizada de la curva que reduce irregularidades y garantiza la coherencia intertemporal de la estructura de tasas. Dado que las curvas utilizadas cuentan con tres plazos observados y el modelo estima tres parámetros una vez fijado λ , el ajuste puede reproducir exactamente los puntos disponibles para cada fecha. Por esta razón, las métricas como el error cuadrado medio y el R^2 se emplean únicamente como verificación de consistencia numérica, mientras que la evaluación principal del modelo se apoya en la coherencia económica de los parámetros estimados, la estabilidad temporal de las curvas y la pertinencia del λ adoptado con base en la metodología oficial del Banco de la República.

4.2.3 Construcción de factores de descuento

La asignación de la curva de referencia a cada línea de negocio se realiza con base en el indexador que rige sus obligaciones; las líneas con flujos nominales o indexados a la TRM utilizan la CEC como curva de descuento, mientras que las líneas con flujos indexados al IPC o al SMMLV

utilizan la CECUVR, dado que esta curva está expresada en términos reales y es consistente con la naturaleza del indexador. Con base en la curva estimada, se realiza el cálculo de factores de descuento para cada plazo requerido por línea de negocio. Los factores se organizan en Excel por línea de negocio, plazo y fecha de valoración, garantizando consistencia entre los vencimientos proyectados de las obligaciones y las condiciones financieras del mercado.

4.2.4 Proyección y valoración de flujos

Se realiza la proyección de flujos asociados a cada línea de negocio, tales como autos, salud, siniestros, capitalización, SOAT y hogar, teniendo en cuenta la duración, el indexador y el perfil de vencimientos específicos de cada ramo. Dado el carácter confidencial de los datos internos de Seguros Bolívar, los flujos de cada línea de negocio se construyen sobre supuestos calibrados con base en la estructura típica de pasivos asegurados, documentada en la literatura actuarial y en las proporciones de mercado publicadas por Fasecolda, de forma que el ejercicio ilustre la aplicación metodológica sin comprometer la reserva de información interna. Aplicando los factores de descuento, se obtiene el valor presente del bono pasivo de cada línea de negocio, el cual sintetiza el valor financiero de las obligaciones técnicas proyectadas bajo condiciones de mercado vigentes. Los resultados se comparan entre líneas de negocio para evaluar la incidencia de las variaciones en la estructura temporal de tasas sobre la medición financiera de los pasivos, permitiendo identificar que líneas presentan mayor sensibilidad al riesgo de tasa de interés y orientar la gestión del descalce entre activos y obligaciones de la compañía.

Con el propósito de documentar los criterios de construcción del portafolio hipotético de referencia y garantizar la transparencia y replicabilidad del ejercicio, la siguiente tabla resume los supuestos metodológicos adoptados para cada línea de negocio, incluyendo la duración, el indexador, la curva de descuento utilizada y la composición del portafolio según la distribución

por monedas con base en (Woodcock Marin, 2024) para el sector asegurador colombiano; con el fin de ilustrar la aplicación del modelo sin comprometer información confidencial de la compañía.

Tabla 1. *Supuestos metodológicos del portafolio hipotético de referencia*

Línea	Tipo	Duración	Indexador	Curva de descuento	COP	UVR	USD	Criterio de asignación
Autos	Generales	2 años	TRM/Nominal	CEC	75%	15%	10%	Perfil de compañías de seguros generales
SOAT	Generales	2 años	TRM/Nominal	CEC	75%	15%	10%	Perfil de compañías de seguros generales
Siniestros	Generales	3 años	TRM/Nominal	CEC	75%	15%	10%	Perfil de compañías de seguros generales
Salud	Vida	5 años	IPC/SMMLV	CECUVR	42%	55%	3%	Perfil de compañías de seguros de vida
Capitalización	Vida	1 año	IPC/SMMLV	CECUVR	42%	55%	3%	Perfil de compañías de seguros de vida
Hogar	Vida	6 años	IPC/SMMLV	CECUVR	42%	55%	3%	Perfil de compañías de seguros de vida

Nota. Fuente: Elaboración propia. La asignación de proporciones por moneda no corresponde a la composición real del portafolio de Seguros Bolívar. Se trata de un supuesto metodológico de carácter ilustrativo, calibrado con base en distribuciones sectoriales reportadas en la literatura y adaptado a la naturaleza de cada línea de negocio para fines comparativos.

De esta forma, el desarrollo de las cuatro fases permite obtener productos verificables del estudio tales como la curva de Nelson-Siegel calibrada, los factores de descuento por línea de negocio e indexador y el análisis de sensibilidad de los pasivos ante variaciones en la estructura

temporal de tasas, que constituyen la base técnica sobre la cual se construyen los resultados esperados del proyecto.

4.3 Herramientas de análisis.

El desarrollo del proyecto requirió el uso de herramientas computacionales especializadas para procesar volúmenes de información, implementar el modelo de estimación y organizar los resultados de forma estructurada. La siguiente tabla detalla las funciones específicas de cada herramienta dentro del proceso metodológico.

Tabla 2: *Herramientas de análisis*

<i>Herramienta</i>	<i>Función</i>
<i>Excel</i>	Consolidación y organización de series históricas descargadas del Banco de la República por curva de referencia, plazo y fecha de valoración. Almacenamiento y estructuración de los factores calculados por línea de negocio, indexador y fecha. Proyección de flujos del portafolio hipotético de referencia y cálculo del valor presente del bono pasivo por línea de negocio.
<i>Python</i>	Depuración y limpieza de las series históricas de las curvas CEC y CECUVR, incluyendo el tratamiento de valores atípicos y plazos faltantes. Estimación de los parámetros β_0 , β_1 y β_2 mediante mínimos cuadrados ordinarios para cada fecha de valoración disponible, con λ fijo. Construcción de la curva continua Nelson-Siegel para

	los plazos requeridos por línea de negocio. Cálculo de los factores de descuento diferenciados por indexador. Generación de las visualizaciones de la curva estimada frente a los puntos observados y el análisis de sensibilidad ante variaciones en la estructura temporal de tasas.
--	--

Nota. Fuente: Elaboración propia

Como productos derivados de estas herramientas se obtuvieron: una base consolidada de curvas CEC y CECUVR, un script en Python para la estimación de los parámetros Nelson-Siegel por fecha de valoración, una matriz de factores de descuento por línea de negocio e indexador, tablas de valoración del bono pasivo y visualizaciones comparativas de sensibilidad ante choques de nivel y pendiente.

Los productos generados con estas herramientas se presentan en la sección de resultados mediante tablas, figuras y matrices de factores de descuento, y se complementan con el anexo de fuentes de descarga y criterios de construcción de la base

5. Resultados

La aplicación del modelo Nelson-Siegel a las series históricas de las curvas CEC y CECUVR del Banco de la República para el periodo 2015-2025 permitió construir una representación continua y suavizada de la estructura temporal de tasas de interés, superando la discontinuidad de plazos presente en la base trabajada. Debido al carácter confidencial de la información interna de Seguros Bolívar, los resultados que se presentan a continuación corresponden a un ejercicio ilustrativo desarrollado con información pública y con un portafolio hipotético de referencia calibrado a partir de supuestos documentados en la literatura actuarial y financiera. El capítulo se organiza en tres momentos: primero, la estimación de la curva y el análisis de sus parámetros; segundo, la construcción de los factores de descuento y la valoración del bono pasivo por línea de negocio; y tercero, el análisis de sensibilidad de los pasivos frente a variaciones en la estructura temporal de tasas.

5.1 Estimación de la estructura temporal de tasas de interés

La estimación de la estructura temporal de tasas de interés se realizó mediante el modelo Nelson-Siegel, cuya especificación paramétrica resume la curva de rendimientos a partir de tres componentes con interpretación económica clara: nivel, pendiente y curvatura. La elección de este modelo responde a su carácter parsimonioso y a su adecuación empírica frente a la base utilizada en el ejercicio, la cual contiene tres plazos observados por fecha de valoración. En estas condiciones, la especificación original de Nelson-Siegel resulta suficiente para reproducir la forma general de la curva y generar tasas consistentes para vencimientos intermedios, sin recurrir a modelos sobredimensionados para la información disponible.

Bajo estas condiciones, modelos con mayor número de parámetros como el de (Svensson, 1994) resultan sobredeterminados, mientras que la especificación original de Nelson-Siegel resulta

suficiente para representar curvas de referencia del mercado colombiano y construir factores de descuento requeridos por línea de negocio.

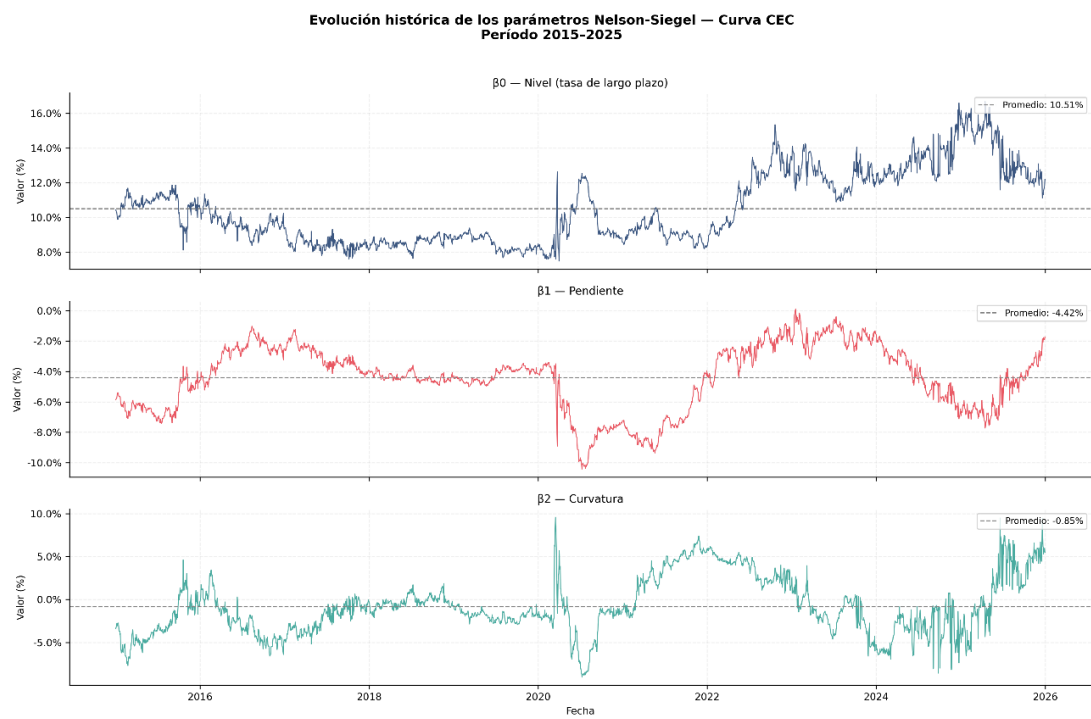
– Determinación de λ

El parámetro λ controla la velocidad del decaimiento exponencial de los factores de carga y determina el plazo en el que la curvatura alcanza su máximo efecto. Siguiendo (Diebold & Li, 2006), se fija como una constante antes de la estimación de los demás parámetros para evitar problemas de multicolinealidad y transformar el problema no lineal en un sistema lineal. Para el desarrollo del proyecto, adicional a esto se encuentra que debido a los plazos de las tasas publicados por el Banco de la República; los cuales corresponden a 1, 5 y 10 años, no es posible utilizar la calidad de ajuste como criterio de selección porque con tres puntos y tres parámetros el sistema siempre tiene solución exacta independientemente del valor de λ . Por lo tanto, λ se fijó con base en el Tau publicado por el Banco de la República en su estimación oficial, donde $\lambda = 1/\text{Tau}$, resultando en $\lambda = 0.2703$ para CEC y $\lambda = 0.4348$ para la CECUVR, garantizando coherencia con la metodología oficial del mercado colombiano.

Teniendo en cuenta el periodo de 10 años del ejercicio que corresponde a 2.679 datos para CEC y 2.640 datos para CECUVR, se estimaron los parámetros β_0 , β_1 y β_2 mediante mínimos cuadrados ordinarios, utilizando como datos de entrada, las tasas observadas a 1, 5 y 10 años. Este proceso se implementó en Python, repitiendo el procedimiento para cada fecha de valoración disponible obteniendo una serie histórica completa de parámetros estimados.

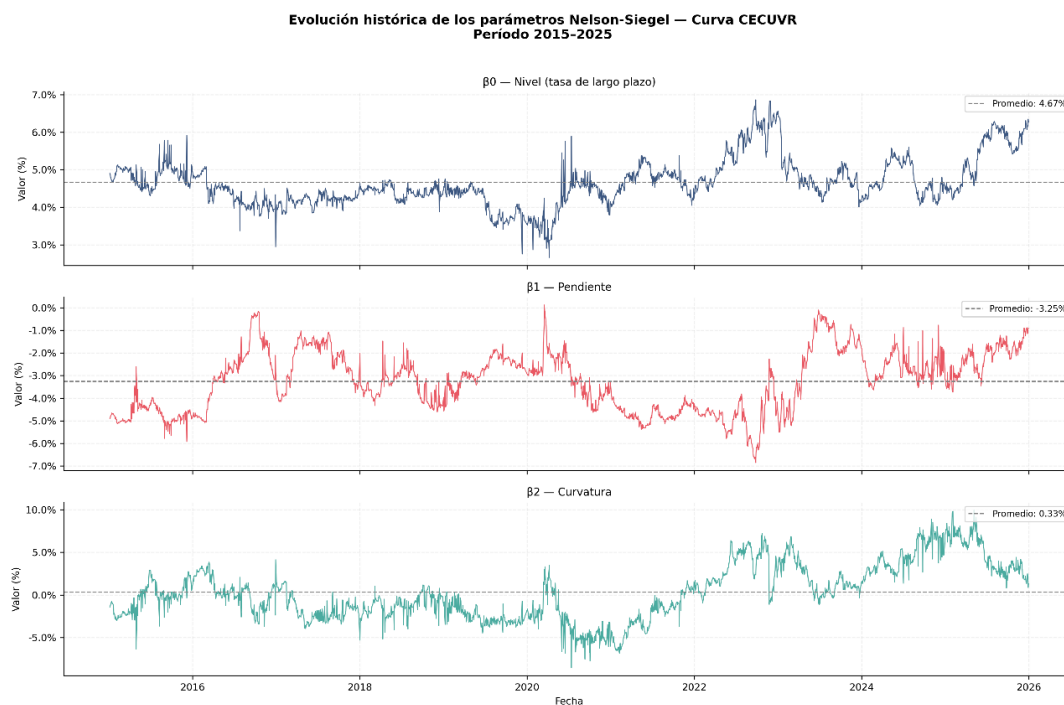
Las Figuras 1 y 2 presentan la evolución histórica de parámetros estimados para CEC y CECUVR respectivamente durante el periodo 2015-2025.

Figura 1. Evolución histórica de los parámetros NS curva CEC 2015-2025



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Figura 1. Evolución histórica de los parámetros NS curva CECUVR 2015-2025



Nota. Fuente: Elaboración propia

La evolución de β_0 en la curva CEC refleja con claridad los ciclos de política monetaria del periodo analizado. Entre 2015 y 2025 el nivel de largo plazo se mantuvo relativamente estable alrededor del 7%, descendió durante 2020-2021 en respuesta a estímulos monetarios de la pandemia, y experimentó una subida pronunciada entre 2021 y 2023 como respuesta al ciclo inflacionario. El comportamiento de β_1 evidencia que la curva ha transitado entre configuraciones de pendiente positiva y negativa a lo largo del periodo, mientras que β_2 captura la curvatura variable del tramo medio. Para la curva CECUVR la dinámica es similar, pero con menor volatilidad, consistente con el carácter real de esa curva.

Con base en los parámetros estimados para el 30 de diciembre de 2025, las ecuaciones de la estructura temporal de tasas se expresan de la forma:

Para CEC:

$$y(\tau) = 0.1220 + (-0.0173) * \left(\frac{1 - e^{-0.2703\tau}}{0.2703\tau} \right) + (0.0551) * \left(\frac{1 - e^{-0.2703\tau}}{0.2703\tau} - e^{-0.2703\tau} \right)$$

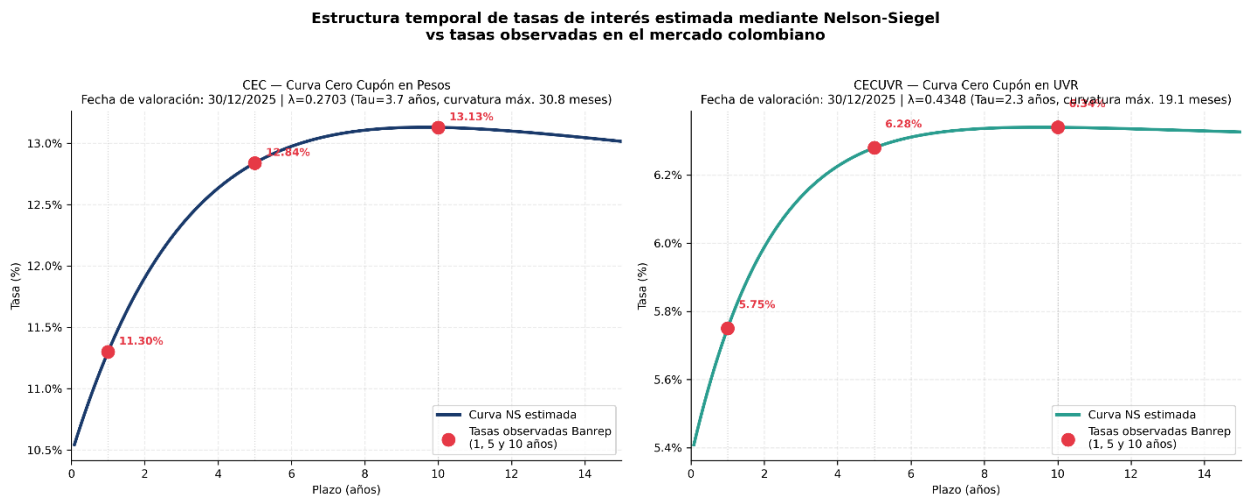
Para CECUVR:

$$y(\tau) = 0.0627 + (-0.0090) * \left(\frac{1 - e^{-0.4348\tau}}{0.4348\tau} \right) + (0.0128) * \left(\frac{1 - e^{-0.4348\tau}}{0.4348\tau} - e^{-0.4348\tau} \right)$$

La interpretación económica de estos parámetros muestra que, para el cierre del mercado colombiano en 2025, para la CEC $\beta_0 = 12.20\%$ indica que la tasa de largo plazo converge hacia ese nivel a medida que el plazo tiende a infinito, reflejando las expectativas del mercado sobre el nivel estructural de tasas nominales. El parámetro $\beta_1 = -1.73\%$ evidencia una curva ligeramente invertida en la que las tasas de corto plazo superan las de largo plazo, pero consistente con un ciclo de política monetaria contractiva. El parámetro $\beta_2 = 5.51\%$ captura una curvatura pronunciada en el mediano plazo con máximo efecto alrededor de los 30.8 meses. Para la CECUVR, $\beta_0 = 6.27\%$ refleja el nivel de largo plazo de las tasas reales, $\beta_1 = -0.90\%$ indica una pendiente levemente negativa y $\beta_2 = 1.28\%$ una curvatura moderada, coherente con la menor volatilidad histórica en las tasas en UVR frente a las nominales.

La figura 3 ilustra la curva continua estimada para el 30 de diciembre de 2025 contrastada con los 3 puntos observados publicados por el Banco de la República para cada curva.

Figura 2. Estructura temporal de tasas estimada vs tasas observadas en el mercado colombiano



Nota. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de la República

La curva pasa exactamente por los 3 puntos observados y extiende una estructura temporal de forma continua y suavizada hacia todos los plazos intermedios, resolviendo la discontinuidad identificada como limitación técnica central en el proyecto.

Tabla 3. Tasas NS estimadas por plazo — Fecha de valoración: 30/12/2025

<i>Plazo (años)</i>	<i>Tasa CEC</i>	<i>Tasa CECUVR</i>
1	11.30%	5.75%
2	11.90%	5.99%
3	12.33%	6.14%
5	12.84%	6.28%
6	12.98%	6.31%
10	13.13%	6.34%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

A partir de esta representación continua de la estructura temporal, la Vicepresidencia de Riesgos Financieros dispone de un insumo que permite obtener las tasas de descuento consistentes para cualquier plazo requerido por cada línea de negocio, derivadas directamente de las curvas de referencia del mercado colombiano. Esto significa, que la valoración de los pasivos técnicos puede realizarse con la misma base de referencia utilizada para los activos, eliminando la inconsistencia metodológica que generaba la discontinuidad de plazos disponibles. Para el área, esta herramienta permite actualizar diariamente los factores de descuento a medida que cambian las condiciones del mercado, fortaleciendo la capacidad de monitoreo del riesgo de tasa de interés en tiempo real.

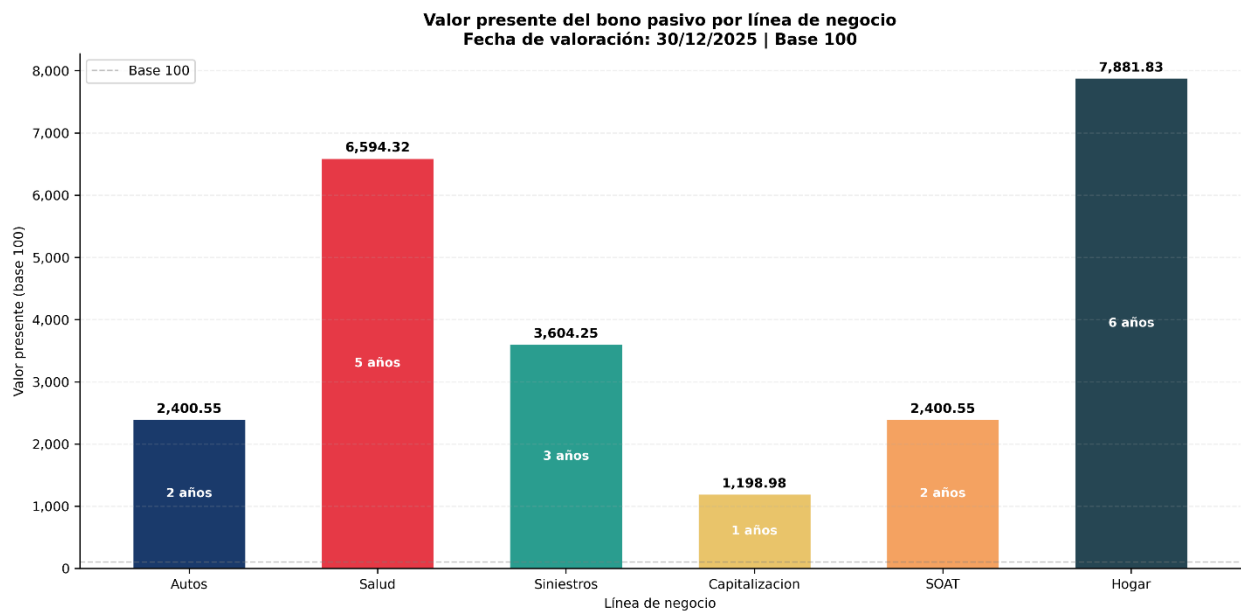
5.2 Construcción de los factores de descuento y valoración del bono pasivo

Con base en la estructura temporal estimada, se construyeron los factores de descuento para cada línea de negocio, diferenciados por indexador según la composición del bono pasivo. Los portafolios nominales, TRM y CEC se descontaron con la curva CEC, mientras que los portafolios reales, CECUVR e IPC + SMMLV se descontaron con la curva CECUVR. Los pesos de cada portafolio se calibraron con base en la distribución por monedas de inversión del sector asegurador colombiano; “En cuanto a las monedas en las que se invierte, las compañías de vida tienen el 55% de su portafolio en UVR (unidad de valor real) y el 41% en pesos; mientras que en las de generales el 77% está en pesos, el 12% en UVR y el restante en USD u otras monedas.” (Woodcock Marin, 2024). Teniendo en cuenta esta disposición; para las líneas de seguros generales tales como Autos, SOAT y Siniestros se adoptó una distribución con predominio en pesos colombianos (75%) y exposición moderada a UVR (15%) y USD (10%), coherente con el perfil reportado para ese tipo de compañías; para las líneas de vida tales como Salud, capitalización y Hogar, se adoptó una mayor exposición a UVR (55%), pesos (42%) y USD (3%), coherente con el perfil de las compañías de seguros de vida.

En conjunto, estos resultados muestran que la duración y el indexador son determinantes en la sensibilidad del valor presente de los pasivos. Las líneas de mayor horizonte temporal exhiben una mayor separación entre flujo proyectado y valor presente, lo que confirma la necesidad de emplear factores de descuento diferenciados por plazo. De esta manera, la estimación continua de la curva no solo corrige una limitación técnica de disponibilidad de tasas, sino que mejora la lectura financiera comparativa entre líneas de negocio.

La figura 4 muestra el valor presente del bono pasivo por línea de negocio para el 30 de diciembre de 2025, calculado sobre una base normalizada de 100 unidades al inicio del periodo de cada ramo. Bajo esta convención, los valores presentados no corresponden a cifras monetarias absolutas del portafolio de Seguros Bolívar. Su propósito es comparar la sensibilidad relativa entre líneas de negocio bajo diferentes duraciones, indexadores y curvas de descuento.

Figura 3. VP del bono pasivo por línea de negocio al 30 dic 2025

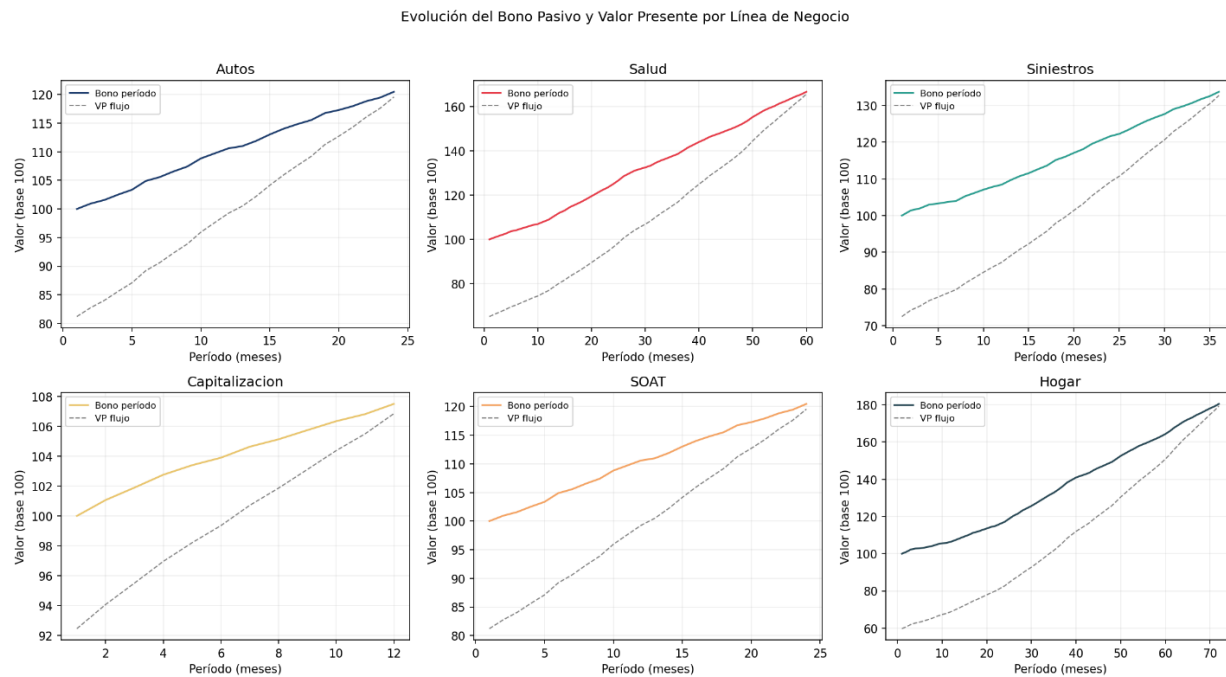


Nota. Fuente: Elaboración propia.

Las cifras se presentan con fines exclusivamente académicos e ilustrativos; no corresponden a valores reales de pasivos técnicos de la compañía.

Continuando, se ilustra cada línea de negocio con su evolución mensual del bono en el periodo, el flujo proyectado que crece con su indexador a lo largo de la duración de cada ramo frente al valor presente del flujo, que corresponde a ese mismo flujo traído a valor presente mediante el factor de descuento calculado con la curva Nelson-Siegel correspondiente. La brecha creciente entre ambas líneas a medida que avanza el periodo refleja el efecto acumulado del descuento, evidenciando que cuanto mayor es la duración de la línea, mas significativa es la diferencia entre el flujo nominal proyectado y su valor presente. Esta dinámica es especialmente pronunciada en Hogar y Salud, cuyas duraciones de 5 y 6 años respectivamente generan una separación considerable entre ambas curvas mientras que, en Capitalización con 1 año la brecha es mínima.

Figura 4. Evolución del bono pasivo por línea de negocio



Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. VP del bono pasivo por línea de negocio - Fecha de valoración: 30/12/2025

Línea	Tipo	Duración	Tasa CEC	Tasa UVR	VP Bono Pasivo
Autos	Generales	2 años	11.90%	5.99%	2.400,55
Salud	Vida	5 años	12.84%	6.28%	6.594,32
Siniestros	Generales	3 años	12.33%	6.14%	3.604, 25
Capitalización	Vida	1 año	11.30%	5.75%	1.198,98
SOAT	Generales	2 años	11.90%	5.99%	2.400,55
Hogar	Vida	6 años	12.98%	6.31%	7.881,83

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Los valores presentados reflejan el crecimiento acumulado de los portafolios durante la duración de cada línea teniendo en cuenta su indexación a la TRM, inflación y crecimiento real

del salario mínimo observados entre 2015 y 2025, descontado a las tasas de mercado vigentes al cierre de 2025. Las líneas de mayor duración presentan valores presentes más elevados dado que acumulan un mayor número de períodos de crecimiento antes de ser descontados. Hogar con 6 años registra el VP mas alto con 7.881, 83 seguido por Salud con 5 años y 6.594, 32, mientras que capitalización con 1 año registra el menor valor con 1.198,98 coherente con su corto horizonte de acumulación.

Estos resultados tienen una lectura concreta para la Vicepresidencia de Riesgos Financieros; el valor presente del bono pasivo por línea de negocio constituye una medición financiera de las obligaciones de la compañía que es comparable directamente con el portafolio de activos, dado que ambos están valorados bajo las mismas curvas de referencia del mercado. Esta comparabilidad es precisamente lo que permite identificar descalces entre activos y pasivos y evaluar si la composición del portafolio de inversiones es coherente con el perfil temporal y de indexación de las obligaciones de cada ramo. Para el área, contar con esta valoración actualizable en función de las condiciones del mercado, fortalece la capacidad de tomar decisiones informadas sobre la gestión del balance, en línea con las exigencias del Decreto 1272 de 2024.

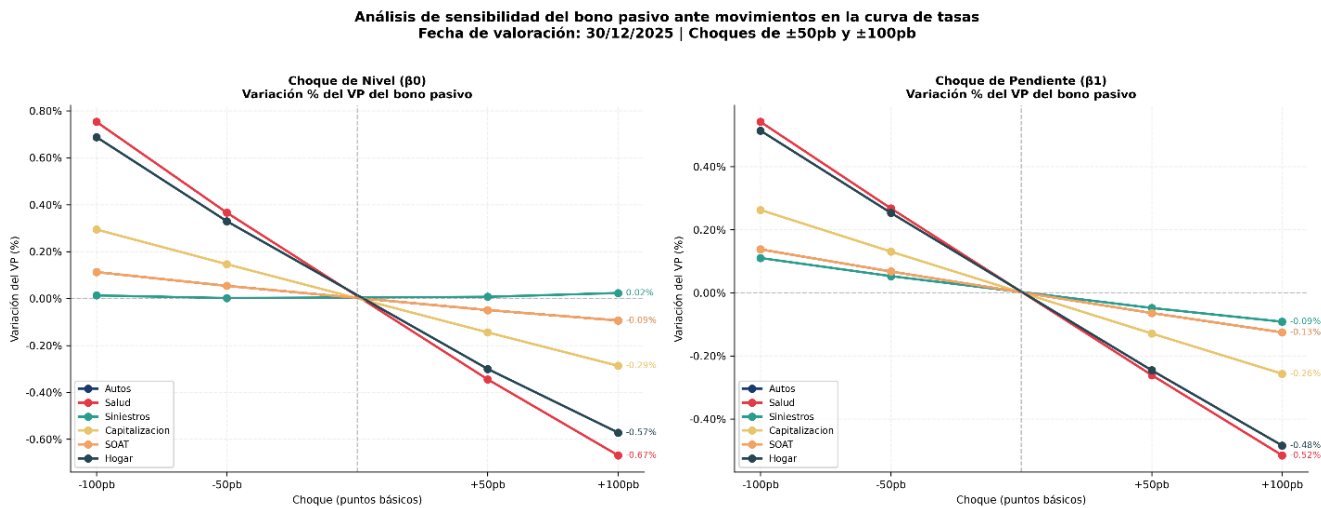
En conjunto, estos resultados muestran que la duración de los flujos y el indexador asociado a cada línea de negocio modifican de manera importante la relación entre flujo proyectado y valor presente. Las líneas con mayor horizonte temporal exhiben una brecha más amplia entre ambas trayectorias, lo que confirma que la valoración de pasivos no puede realizarse con una tasa uniforme sin introducir distorsiones relevantes. En consecuencia, la construcción de factores de descuento diferenciados por plazo e indexador no solo resuelve una limitación operativa de disponibilidad de tasas, sino que mejora sustancialmente la lectura comparativa del comportamiento financiero de los pasivos dentro del ejercicio desarrollado.

5.3 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad evalúa el impacto de variaciones en la estructura temporal de tasas sobre el valor presente del bono pasivo de cada línea de negocio. Se consideraron los tipos de movimientos de la curva nivel y pendiente bajo choques de ± 50 y ± 100 puntos básicos. El análisis se concentra en estos dos tipos de movimiento dado que como documentan (Diebold & Li, 2006), explican la mayor parte de la varianza histórica de la curva de rendimientos y constituyen los escenarios de referencia para la gestión del riesgo de tasa de interés según (Banco de Pagos Internacionales, 2016). El choque de curvatura observado en β_2 se excluye del análisis dado el carácter ilustrativo del ejercicio y la limitación de tres puntos observados por curva, que reduce la robustez de su estimación.

La siguiente figura presenta la variación porcentual del VP del bono pasivo ante cada escenario de choque para ambos tipos de movimiento.

Figura 5. Análisis de sensibilidad del bono pasivo con choques



Nota. Fuente: Elaboración propia

Las siguientes tablas presentan los resultados numéricos del análisis.

Tabla 5. Variación % del VP ante choque de nivel — Fecha de valoración: 30/12/2025

<i>Línea</i>	<i>-100pb</i>	<i>-50pb</i>	<i>+50pb</i>	<i>+100pb</i>
<i>Autos</i>	+0.11%	+0.05%	-0.05%	-0.09%
<i>Salud</i>	+0.75%	+0.37%	-0.34%	-0.67%
<i>Siniestros</i>	+0.01%	+0.00%	+0.01%	+0.02%
<i>Capitalización</i>	+0.29%	+0.15%	-0.14%	-0.29%
<i>SOAT</i>	+0.11%	+0.05%	-0.05%	-0.09%
<i>Hogar</i>	+0.69%	+0.33%	-0.30%	-0.57%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Variación % del VP ante choque de pendiente — Fecha de valoración: 30/12/2025

<i>Línea</i>	<i>-100pb</i>	<i>-50pb</i>	<i>+50pb</i>	<i>+100pb</i>
<i>Autos</i>	+0.14%	+0.07%	-0.06%	-0.13%
<i>Salud</i>	+0.54%	+0.27%	-0.26%	-0.52%
<i>Siniestros</i>	+0.11%	+0.05%	-0.05%	-0.09%
<i>Capitalización</i>	+0.26%	+0.13%	-0.13%	-0.26%
<i>SOAT</i>	+0.14%	+0.07%	-0.06%	-0.13%
<i>Hogar</i>	+0.51%	+0.25%	-0.25%	-0.48%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los resultados observados confirman en primer lugar, la relación inversa entre las tasas y el valor presente, cuando las tasas suben el VP del bono pasivo disminuye y viceversa, que es la expresión fundamental del riesgo de tasa de interés en el balance de una aseguradora. En segundo lugar, la sensibilidad es creciente con la duración, es decir, Hogar con 6 años presenta la mayor

exposición entre ambos tipos de choque con una variación de hasta -0.57% ante un choque de nivel de +100pb, mientras que Capitalización con 1 año experimenta variaciones de hasta -0.29% y Autos con 2 años de hasta -0.09%. Este resultado es consistente con la teoría de duración que establece que instrumentos de mayor plazo son mas sensibles ante variaciones en las tasas de interés. Tercero, Siniestros constituye una excepción notable debido a que su VP presenta variaciones mínimas e incluso levemente positivas ante choques de nivel, lo cual está explicado por el alto peso del portafolio CEC en pesos (75%), cuyo crecimiento nominal compensa el efecto de descuento cuando las tasas suben.

Estos resultados sugieren que las líneas con mayor duración como Hogar y Salud, requieren un seguimiento más cuidadoso frente a movimientos en la curva de tasas, dado que pequeñas variaciones en los parámetros de nivel o pendiente pueden generar cambios más significativos en el valor presente de sus obligaciones. Por su parte, las líneas de menor duración como Autos y SOAT, presentan una menor exposición relativa. En el caso de Siniestros, el comportamiento diferenciado evidencia la importancia de considerar la composición por indexador y moneda, ya que esta puede amortiguar o modificar el efecto esperado de los choques de tasa.

Los resultados del análisis de sensibilidad ofrecen a la Vicepresidencia de Riesgos Financieros una lectura práctica sobre la exposición diferenciada de cada línea de negocio ante movimientos en la curva de rendimientos. Saber que Hogar y Salud concentran la mayor sensibilidad al riesgo de tasa, orienta decisiones concretas sobre la composición del portafolio que respalda esas obligaciones y en particular, la conveniencia de calzar esas líneas con activos de duración similar denominados en la misma unidad de valor. De igual forma, la respuesta de Siniestros evidencia que la estructura por indexador tiene implicaciones directas sobre el balance que no serian visibles sin una valoración diferenciada por plazo e indexador.

En conjunto, el ejercicio desarrollado muestra que el modelo Nelson-Siegel constituye una herramienta metodológica útil y consistente para ilustrar la construcción de factores de descuento por plazo e indexador en el contexto asegurador. Sus resultados no sustituyen las metodologías internas de la compañía, pero sí ofrecen una aproximación académica replicable que permite analizar la sensibilidad de los pasivos ante movimientos en la estructura temporal de tasas.

El análisis de sensibilidad confirma que la valoración de los pasivos responde de forma diferenciada a choques en el nivel y en la pendiente de la curva, dependiendo de la duración y del perfil de vencimientos de cada línea de negocio. Esta evidencia refuerza la utilidad del modelo propuesto como herramienta para ilustrar la exposición relativa de los pasivos ante variaciones en la estructura temporal de tasas, y demuestra que una representación continua de la curva permite realizar lecturas más consistentes que aquellas basadas únicamente en los pocos plazos observados directamente en el mercado.

6. Conclusiones

El presente trabajo demostró que el modelo Nelson-Siegel constituye una herramienta metodológica sólida y pertinente para abordar la limitación técnica central identificada en la Vicepresidencia de Riesgos Financieros de Seguros Bolívar: la discontinuidad de los plazos disponibles en las curvas de referencia del mercado colombiano. A partir de la calibración diaria del modelo sobre las series históricas de las curvas CEC y CECUVR para el periodo 2015-2025, fue posible obtener una representación continua y suavizada de la estructura temporal de tasas que permite derivar tasas coherentes para cualquier plazo requerido por cada línea de negocio, respondiendo directamente a la pregunta de investigación del trabajo.

La decisión de fijar λ con base en el Tau publicado por el Banco de la República resultó metodológicamente adecuada dado que, con únicamente tres plazos disponibles por fecha de valoración, el sistema siempre tiene solución exacta independientemente del valor de λ , lo que hace que la calidad del ajuste no ofrezca información útil para discriminar entre valores del parámetro. En este sentido, el presente trabajo evidencia que la aplicación del modelo Nelson-Siegel en contextos con información limitada exige decisiones metodológicas explícitas y justificadas que van más allá de los procedimientos estándar.

La evolución histórica de los parámetros estimados durante el periodo analizado demostró la capacidad del modelo para describir dinámicamente el comportamiento de la curva de rendimientos colombiana, capturando con claridad los ciclos de política monetaria del período, lo que valida su pertinencia como herramienta de seguimiento continuo de las condiciones del mercado. Esta propiedad dinámica del modelo es valiosa para la gestión activo-pasivo, debido a que permite actualizar diariamente los factores de descuento y monitorear la evolución de la exposición de cada línea de negocio ante cambios en la estructura temporal de tasas.

En materia de gestión activo-pasivo, el análisis de sensibilidad reveló que las líneas de vida como Salud y Hogar, presentan la mayor exposición al riesgo de tasa de interés como consecuencia de sus duraciones mas largas, lo que implica que el portafolio de activos que respalda esas obligaciones debería estar compuesto por instrumentos de duración similar y denominados en la misma unidad de valor. Por otra parte, Siniestros mostró una respuesta atípica ante choques de nivel, evidenciando que la estructura por indexador de cada línea de negocio tiene implicaciones directas sobre la sensibilidad del balance; una dimensión del riesgo que solo es visible cuando se valoran los pasivos con tasas diferenciadas por plazo e indexador como lo permite la metodología desarrollada. Por lo tanto, la estructura temporal continua estimada mediante Nelson-Siegel provee el sistema de precios que hace posible comparar activos y pasivos bajo un mismo marco de valoración intertemporal, constituyendo el insumo fundamental para cualquier estrategia de calce rigurosa tal como lo establecen los principios del Banco de Pagos Internacionales (2016) y el decreto 1272 de 2024.

Entre las principales limitaciones del ejercicio se encuentra el uso de un portafolio hipotético de referencia, la utilización de información pública en lugar de datos internos reales y la restricción de trabajar con una base consolidada de tres plazos observados por fecha de valoración. Por esta razón, los resultados obtenidos deben interpretarse como una aplicación metodológica ilustrativa orientada a analizar la construcción de factores de descuento y la sensibilidad de los pasivos ante cambios en la estructura temporal de tasas, y no como una estimación operativa del balance real de Seguros Bolívar.

Finalmente, la metodología desarrollada tiene implicaciones que trascienden el caso específico de Seguros Bolívar. Es replicable para cualquier compañía aseguradora del mercado colombiano que opere con las curvas CEC y CECUVR como referencia y contribuye a estandarizar

criterios de valoración de pasivos técnicos bajo un marco financiero consistente con las exigencias regulatorias vigentes. Teniendo en cuenta que el decreto 1272 de 2024 exige fundamentar el cálculo de reservas técnicas en una curva de rendimiento libre de riesgo diferenciada por vencimiento, la estimación paramétrica de la estructura temporal mediante Nelson-Siegel se consolida como una herramienta concreta para dar cumplimiento a esa exigencia y fortalecer la medición del riesgo de tasa de interés en el balance del sector asegurador colombiano.

El desarrollo de la práctica en la Vicepresidencia de Riesgos de Seguros Bolívar permitió articular de forma concreta los conocimientos adquiridos durante la formación académica con una problemática real del sector financiero. La experiencia fortaleció competencias de análisis cuantitativo, programación aplicada en Python, gestión del riesgo de tasa de interés y comprensión del funcionamiento del mercado de capitales colombiano. Mas allá del dominio técnico del modelo Nelson-Siegel, el ejercicio desarrollado permitió comprender la lógica financiera detrás de la gestión activo-pasivo de una aseguradora y la importancia de que las decisiones de inversión respondan a una medición rigurosa y actualizable de las obligaciones de la compañía.

Por otra parte, el trabajo desarrollado aporta a la organización una aproximación metodológica ilustrativa que permite visualizar la utilidad de las curvas continuas para construir factores de descuento y analizar la sensibilidad de los pasivos por línea de negocio. Aunque el ejercicio no reemplaza los modelos internos de la compañía, sí constituye un insumo académico y técnico que puede apoyar la discusión sobre valoración, exposición al riesgo de tasa de interés y gestión activo-pasivo.

Entre las principales limitaciones del ejercicio se encuentra el uso de un portafolio hipotético de referencia, la restricción de plazos observados en la base utilizada y la imposibilidad de trabajar con información interna de pasivos reales de la compañía. En consecuencia, los

resultados deben interpretarse como una aplicación metodológica ilustrativa y no como una estimación operativa del balance de Seguros Bolívar.

Referencias

- Alfaro, R. (2009). La curva de rendimiento bajo Nelson-Siegel. *Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile*, 531-560.
- Annaert, J., Claes, A., De Cleuster, M., & Zhang, H. (2013). Estimating the Yield Curve Using the Nelson-Siegel Model . *SSRN Electronic Journal*.
- Arango, L., Melo, L., & Vásquez, D. (2002). Estimación de la estructura a plazo de las tasas de interes en Colombia. *Banco de la Republica Subgerencia de Estudios Económicos*.
- Banco de Pagos Internacionales. (2016). *Riesgo de tasas de interes en la cartera de inversión*. Basilea.
- Chen, B. (2021). Shape evolution of the interest rate term structure. *Review of Economic Analysis*, 427-457.
- Diebold, F., & Li, C. (2006). Forecasting the term structure of government bond yields. *Journal of Econometrics*, 337-364.
- Eghbalzadeh, R., Godin, F., & Gaillardetz, P. (2024). The discrete-time arbitrage-free Nelson-Siegel model: a closed-form solution and applications to mixed funds representation. *Annals of Actuarial Science*, 310-341.
- Fasecolda. (19 de Febrero de 2025). *Distribución regional de los seguros en Colombia*. Bogotá: Revista Fasecolda. Obtenido de Fasecolda: <https://www.fasecolda.com/informacion-financiera/>
- Gilbert, C. (2025). Asset Liability Management Techniques and Practices for Insurance Companies. *International Actuarial Association*.

Guidolin, M., & Ionta, S. (2025). Previsión de los rendimientos de los activos utilizando factores de Nelson–Siegel estimados a partir de la curva de rendimientos de EE. UU.

Econometrics.

Irturk, A. (2006). Term Structure of Interest Rates. *Economics Department of the University of California.*

Lahuri, S., Rahma, B., & Zuhroh, A. (2025). A COMPREHENSIVE LITERATURE REVIEW ON TIME VALUE OF MONEY AND ECONOMIC VALUE OF TIME FOR FINANCIAL DECISION-MAKING. *Ekonomika Sharia: Jurnal Pemikiran dan Pengembangan Ekonomi Syariah*, 305-317.

Ministerio de Hacienda y Credito Publico. (15 de Octubre de 2024). *Decreto 1272 de 2024.*

Obtenido de Funcion Publica:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=253296>

Nelson, C., & Siegel, A. (1987). Parsimonious Modeling of Yield Curves. *The Journal of Business*, 473-489.

Quin, X., & Zhu, Y. (2023). Static term structure of interest rate construction with tension interpolation. *AIMS Mathematics*, 240-256.

Superintendencia Financiera de Colombia. (19 de Febrero de 2000). *Superintendencia*

Financiera de Colombia. Obtenido de Superintendencia Financiera de Colombia:

[https://www.superfinanciera.gov.co/publicaciones/15469/industrias-](https://www.superfinanciera.gov.co/publicaciones/15469/industrias-supervisadasindustria-aseguradorainformacion-general-aseguradoras-e-intermediarios-de-seguros-inversiones-decreto-de-15469/)

[supervisadasindustria-aseguradorainformacion-general-aseguradoras-e-intermediarios-de-seguros-inversiones-decreto-de-15469/](https://www.superfinanciera.gov.co/publicaciones/15469/industrias-supervisadasindustria-aseguradorainformacion-general-aseguradoras-e-intermediarios-de-seguros-inversiones-decreto-de-15469/)

Superintendencia Financiera de Colombia. (26 de Abril de 2021). *Superintendencia Financiera de Colombia*. Obtenido de Superintendencia Financiera de Colombia:

<https://www.superfinanciera.gov.co/publicaciones/10106589/normativanormativa-generalcirculares-externas-cartas-circulares-y-resoluciones-desde-el-ano-circulares-externascirculares-externas-10106589/>

Svensson, L. (1994). Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992–1994. *NBER working paper*.

Talonen, A., Mahonen, J., & Kwon, J. (2022). Examining the investment operations as a derived core function of mutual. *Journal of Co-operative Organization and Management*.

Woodcock Marin, R. (2024). *Portafolio de inversión del sector asegurador en 2023*. Obtenido de Revista Fasecolda:

<https://revista.fasecolda.com/index.php/revfasecolda/article/view/976>

Wüthrich, M., & Merz, M. (2013). *Financial Modeling, Actuarial Valuation and Solvency in Insurance*. Springer.

Apéndices

Apéndice A. Fuente de descarga de las series de tasas de interés e indicadores económicos.

Las series históricas de las curvas cero cupón en pesos (CEC) y cero cupón en UVR (CECUVR), incluyendo las tasas para los plazos de 1, 5 y 10 años y el parámetro Tau para cada curva, fueron descargadas del graficador de series estadísticas del Banco de la República de Colombia, disponible en:

[Descarga múltiple de datos Banco de la República Colombia](#)

La serie histórica de la Tasa Representativa del Mercado (TRM) fue descargada del mismo graficador de series estadísticas del Banco de la República, disponible en:

[TRM - Tasa de cambio peso colombiano por dólar - hoy](#)

La serie histórica del Índice de Precios al Consumidor (IPC) fue descargada del graficador de series estadísticas del Banco de la República, disponible en:

[IPC Índice de Precios al Consumidor](#)

La descarga de las tres series corresponde al periodo comprendido entre enero de 2015 y diciembre de 2025, con frecuencia diaria para la TRM y las curvas de tasas, y frecuencia mensual para el IPC. La información se encuentra disponible de forma pública y gratuita en el portal del Banco de la República.