UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Implementación de un método para medición del valor en riesgo corporativo en el sector de la construcción

Carolina Loaiza Salazar

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Área Curricular de Sistemas e Informática
Medellín, Colombia
2022

Implementación de un método para medición del valor en riesgo corporativo en el sector de la construcción

Carolina Loaiza Salazar

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Ingeniería - Analítica

Director (a):

Ph.D., Fernán Alonso Villa Garzón

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Área Curricular de Sistemas e Informática

Medellín, Colombia

2022

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Carolina Loaiza Salazar

_____

Nombre

24/07/2022

Fecha

Resumen

Este trabajo presenta la implementación de un modelo para la medición del valor en riesgo corporativo, a partir de los estados financieros de la empresa afectados por variables macroeconómicas como Tasa Interbancaria (TIB), Producto Interno Bruto (PIB), Índice de Precios del Consumidor (IPC), entre otras. Esta cuantificación se hace a partir de la estimación de las utilidades en riesgo (*EaR).* El modelo es aplicable tanto a entidades financieras como para entidades no financieras, por lo que con la implementación del modelo en lenguaje R, se pretende suministrar herramientas a las empresas para el análisis de riesgos y la toma de decisiones basados en ellos.

Palabras clave: Implementación, lenguaje R, valor en riesgo, utilidad en riesgo, Simulación de Montecarlo.

Abstract

Implementation of a method for measuring corporate value at risk in the construction sector

This paper presents the implementation of a model for measuring value at corporate risk, based on the financial statements of the company affected by macroeconomic variables such as Interbank Rate (TIB), Gross Domestic Product (GDP), Consumer Price Index (CPI), among others. This quantification is made from the estimation of earnings at risk (EaR). The model is applicable to both financial and non-financial entities, so with the implementation of the model in R language, it is intended to provide companies with tools for risk analysis and decision-making based on them.

Keywords: Implementation, R languages, value at risk, earnings at risk, Montecarlo Simulation.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **V**

Lista de figuras ..... **IX**

Lista de tablas ..... **X**

Lista de códigos ..... **XI**

1. Capítulo 1: Introducción **1**

1.1 Motivación 1
1.2 Objetivos del trabajo de grado 3
1.2.1 Objetivo general 3
1.2.2 Objetivos específicos 3
1.3 Estructura del trabajo de grado 3

2. Capítulo 2: Metodología para la medición del valor en riesgo corporativo **5**

2.1 Definir el resultado financiero sobre el cual se desea medir el riesgo 8
2.2 Mapeo de exposición 9
2.3 Generación de los escenarios y valoración 11
2.4 Cálculo de las medidas de riesgo 12

3. Capítulo 3: Caracterizar las variables del sector de la construcción para la medición del valor en riesgo corporativo. **15**

3.1 Análisis de riesgo 15
3.1.1 Índice de precios del consumidor (IPC) 16
3.1.2 Tasa Representativa del Mercado (TRM) 18
3.1.3 Tasa de interés (DTF) 21
3.1.4 Índice de costos de construcción de vivienda (ICCV) 23
3.1.5 Producto Interno Bruto (PIB) 26
3.1.6 Tasa de Intervención Bancaria (TIB) 28
3.2 Estados financieros proforma 29
3.2.1 Estado de resultados 30
3.2.2 Balance General 32
3.2.3 Flujo de Tesorería 36

4. Capítulo 4: Algoritmo para la medición del VAR 41

4.1 Implementación del algoritmo 41
4.2 Prueba del modelo de valor en riesgo corporativo 52

5. Conclusiones y recomendaciones 57

5.1 Conclusiones 57
5.1.1 Objetivo 1. Caracterizar el procedimiento para la medición del valor en riesgo corporativo a partir de la utilidad en riesgo (Earnings at Risk - EaR). 57
5.1.2 Objetivo 2. Caracterizar las variables del sector de la construcción para la medición del valor en riesgo corporativo. 57
5.1.3 Objetivo 3. Implementar un algoritmo para la medición del valor en riesgo corporativo a partir de la utilidad en riesgo (Earnings at Risk - EaR). 58
5.1.4 Objetivo 4. Validar la implementación para la medición del valor en riesgo corporativo para el sector construcción. 58
5.2 Recomendaciones 58

Bibliografía 61

Lista de figuras

Pág.

Figura 2-1: Flujo del Modelo Valor en Riesgo Corporativo 8
Figura 2-2: Subproceso – Simulación de Montecarlo Estructurada..... 13
Figura 3-1: Función de densidad para los retornos logarítmicos del IPC. 17
Figura 3-2: Ajuste a la distribución normal - IPC. 18
Figura 3-3: Ajuste a la distribución logística - IPC. 18
Figura 3-4: Función de densidad para los retornos logarítmicos de la TRM. 19
Figura 3-5: Ajuste a la distribución logística - TRM. 20
Figura 3-6: Ajuste a la distribución normal - TRM. 21
Figura 3-7: Función de densidad para los retornos logarítmicos de la DTF..... 22
Figura 3-8: Ajuste a la distribución normal - DTF. 23
Figura 3-9: Ajuste a la distribución logística - DTF. 23
Figura 3-10: Función de densidad para los retornos logarítmicos de ICCV. 25
Figura 3-11: Ajuste a la distribución logística - ICCV. 25
Figura 3-12: Ajuste a la distribución normal - ICCV..... 26
Figura 3-13: Función de densidad para los retornos logarítmicos del PIB..... 27
Figura 3-14: Función de densidad para los retornos logarítmicos de la TIB. 29
Figura 4-1: Distribución de probabilidad utilidad neta..... 55
Figura 4-2: Distribución de probabilidad costo de liquidez 55

Lista de tablas

Pág.

Tabla 3-1: Identificación de los riesgos de mercado del sector construcción 15
Tabla 3-2: Estadísticos para los rendimientos del IPC 16
Tabla 3-3: Pruebas de bondad de ajuste para el IPC..... 17
Tabla 3-4: Estadísticos para los rendimientos del TRM 19
Tabla 3-5: Pruebas de bondad de ajuste para la TRM..... 20
Tabla 3-6: Estadísticos para los rendimientos del DTF 21
Tabla 3-7: Pruebas de bondad de ajuste para la DTF..... 22
Tabla 3-8: Estadísticos para los rendimientos del ICCV 24
Tabla 3-9: Pruebas de bondad de ajuste para la ICCV 25
Tabla 3-10: Estadísticos para los rendimientos del PIB..... 26
Tabla 3-11: Pruebas de bondad de ajuste para el PIB 27
Tabla 3-12: Estadísticos para los rendimientos del TIB..... 28
Tabla 3-13: Pruebas de bondad de ajuste para el PIB 29
Tabla 4-1: Distribuciones de probabilidad de los factores de riesgo..... 53
Tabla 4-2: Matriz de correlaciones de los factores de riesgo 53
Tabla 4-3: Matriz de Cholesky serie de rendimientos..... 54

Lista de códigos

Código 4-1: Descomposición de Cholesky 42
Código 4-2: Generación de números aleatorios correlacionados 43
Código 4-3: Función para estimar deuda de corto y de largo plazo..... 44
Código 4-4: Función para proyectar estado de resultados 45
Código 4-5: Función para proyectar el balance general 47
Código 4-6: Función para proyectar el flujo de tesorería 49
Código 4-7: Cálculo de las utilidades en riesgo..... 52

1. Capítulo 1: Introducción

1.1 Motivación

El riesgo se define como la consecuencia de la incertidumbre sobre los objetivos (International Organization for Standardization, 2009). Las empresas en el desarrollo de su objeto social se exponen a diferentes tipos de riesgos, que pueden ser operativos, financieros, estratégicos, entre otros. Dentro de los riesgos financieros se encuentra el riesgo que se origina por los cambios en las variables del mercado, tales como tasas de interés, tasa de cambio y precios, que pueden generar variaciones (pérdidas o ganancias) para la empresa, este se denomina riesgo de mercado.

La gestión de riesgos consta de cuatro etapas que son: identificación, medición, control y monitoreo. En el caso de riesgo de mercado, la adopción de modelos de medición en el sector financiero destaca dos momentos, el primero cuando el Banco Internacional de Pagos propuso procedimientos para la medición, controles y gestión del riesgo, y el segundo cuando el Banco JP Morgan en su documento técnico Risk Metrics, introdujo el concepto de valor en riesgo (Salinas, 2009). El valor en riesgo se define como la pérdida máxima que podría registrar un portafolio en un intervalo de tiempo y con cierto nivel de probabilidad o de confianza.

A mediados de los años noventa surge la necesidad de aplicar el concepto de valor en riesgo en un contexto corporativo, donde se consideren todos los factores de riesgo que pueden afectar una empresa y que sea aplicable a cualquier sector económico (Medina & Restrepo, 2013).

En el sector corporativo cada vez se muestra un mayor interés por aplicar conceptos de valor en riesgo, esto se debe a que a través del análisis de resultados financieros tales como las ganancias y el flujo de caja, se obtiene información de gran interés para los inversionistas. Una metodología que sirve para este fin es el Flujo de Caja en Riesgo (en adelante CFaR) o las Utilidades en Riesgo (EaR). Estas metodologías permiten a entidades no financieras identificar, cuantificar y gestionar el riesgo, en un horizonte de tiempo y a cierto nivel de confianza; suministrando información útil a los administradores e inversionistas para la toma de decisiones.

Históricamente, se ha evidenciado la necesidad de implementar sistemas de administración de riesgos en las empresas, ya que en el desarrollo de sus actividades se pueden ver afectadas por distintos factores de riesgo, internos y externos, que pueden generar efectos adversos a nivel económico, reputacional, legal, entre otros.

En Colombia, los diferentes entes reguladores han venido exigiendo a las entidades la implementación de algunos sistemas de administración de riesgos, se mencionan algunos:

- La Superintendencia Financiera de Colombia, en la Circular Externa No.100 de 1995 - Circular Básica Contable y Financiera, donde se consolidan los instructivos vigentes en materia contable y financiera. Esta circular incluye las instrucciones referentes a los diferentes sistemas de gestión de riesgos.
- La Superintendencia de Subsidio Familiar en la Circular Externa 023 de 2010, cuenta con las Instrucciones sobre el sistema de control interno en las Cajas de Compensación Familiar, gestión de riesgos y comité independiente de auditoría.
- El Decreto 1698 de 2007 del Ministerio de Protección Social, induce a las EPS al diseño e implementación de un Sistema de Administración de Riesgos.
- La Circular Básica Contable y Financiera de la Superintendencia de la Economía Solidaria, la cual fue actualizada mediante la Circular Externa 22 de 2020, que contiene las instrucciones relativas a la gestión de riesgos.

Como se puede observar las exigencias normativas frente a la gestión de riesgos, se ha venido regulando para otros sectores económicos, aparte del financiero. No obstante, para la adopción de estos sistemas de administración las entidades han tenido que invertir en

recursos humanos, tecnológicos y técnicos, lo que incluye las herramientas para la implementación de modelos estadísticos y metodologías para la cuantificación del riesgo.

1.2 Objetivos del trabajo de grado

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un método para medición del valor en riesgo corporativo en el sector de la construcción, a partir de las utilidades en riesgo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el procedimiento para la medición del valor en riesgo corporativo a partir de la utilidad en riesgo (Earnings at Risk - EaR).
- Caracterizar las variables del sector de la construcción para la medición del valor en riesgo corporativo.
- Implementar un algoritmo para la medición del valor en riesgo corporativo a partir de la utilidad en riesgo (Earnings at Risk - EaR).
- Validar la implementación para la medición del valor en riesgo corporativo para el sector construcción.

1.3 Estructura del trabajo de grado

El trabajo de grado se desarrolla en tres capítulos, en el capítulo uno se explica de manera detallada la metodología para la medición del valor en riesgo corporativo. En el capítulo dos se realiza la caracterización de las variables que generan exposición al riesgo en el sector de la construcción y se plantea el modelo financiero y su interrelación con las variables macroeconómicas y del mercado. Es así como en el capítulo tres, se realiza la implementación del modelo de valor en riesgo corporativo en el software estadístico R y se utiliza el modelo implementado para aplicarlo al caso de estudio, que corresponde al sector de la construcción. Por último, en el capítulo cuatro se exponen las conclusiones generales, limitaciones y futuros proyectos que se pueden desarrollar a partir del presente trabajo de grado.

2. Capítulo 2: Metodología para la medición del valor en riesgo corporativo

El modelo CFaR y EaR fue originalmente desarrollado por Risk Metrics Group, el cual está consignado en su documento técnico “Corporate Metrics”, esta metodología parte de los estados financieros proforma de largo plazo, donde se analizan los principales factores de riesgo de mercado que afecta a la empresa, los cuales son simulados o modelados con técnicas estadísticas, para posteriormente obtener el flujo de caja en riesgo (CFaR) y las ganancias en riesgo (EaR), estimando su distribución de probabilidad (Florez Rios & Moscoso Escobar, 2009). Este enfoque se denomina de abajo hacia arriba (bottom up). A partir de este modelo, se han desarrollado diferentes propuestas metodológicas para el cálculo del CFaR.

Stein, Usher, Lagatuta y Youngen (2000), que es un enfoque de arriba hacia abajo (top-down), haciendo uso de estados financieros de empresas similares para obtener la variabilidad de los flujos de caja de la entidad que se esté analizando. Con los resultados obtenidos se calcula la distribución de los flujos de cada firma y obtener el CFaR de la firma que se está analizando (Florez Rios & Moscoso Escobar, 2009).

En el 2005 Andrén, Jankensgård y Oxelheim, proponen una metodología llamada CFaR basado en exposición, donde se puede calcular tanto el CFaR general de la empresa, como el CFaR incluyendo los efectos macroeconómicos y del mercado. Para el desarrollo de este se siguen los siguientes pasos (Andren, Jankensgård, & Oxelheim, 2005):

- Identificar las variables macroeconómicas y de mercado que se espera sean significativas para el desempeño corporativo.

- Adquirir o generar proyecciones de las variables macroeconómicas y de mercado identificadas.
- Estimar el modelo de exposición, que es simular la variable objetivo del flujo de caja con las variables macroeconómicas.
- Simular los valores de las variables explicativas (macroeconómicas y de mercado) seleccionando aleatoriamente observaciones de su matriz de varianza / covarianza.
- Incluir los valores simulados en el modelo de exposición para generar una distribución condicional del flujo de efectivo, una que refleje los impactos de la volatilidad de la economía y del mercado, y una distribución del término de error que representa los factores de riesgos diferentes a los macroeconómicos.
- Luego, se combinan las distribuciones del flujo del efectivo en una sola distribución, determinando el nivel de confianza y finalmente se calcula el CFaR.

Gentili *et al.* en el 2018 proponen otro enfoque donde se pretende estimar a partir de los estados financieros pasados, los parámetros y variables promedio que explican las cuentas contables, luego se proyectan las variables macroeconómicas que más afectan los estados financieros simulando múltiples trayectorias (Gentili, Giacomello, Girardi, & Grasselli, 2018). Por último, se alimenta el modelo dinámico con los parámetros promedio, para hallar la distribución del flujo de caja en riesgo, aplicando un nivel de confianza es posible obtener el Valor en Riesgo.

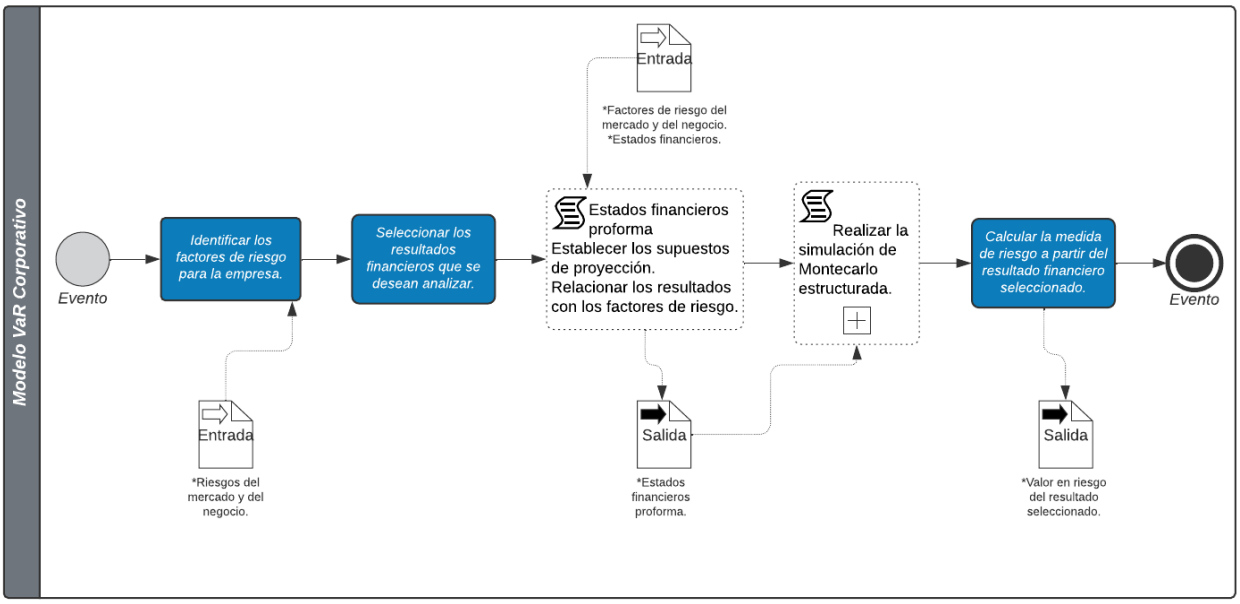
Para efectos de este trabajo se implementará el enfoque de abajo hacia arriba (bottom up) para estimar el EaR (Utilidades en Riesgo). La medición del valor en riesgo (VaR) cuando se analizan posiciones no lineales, conlleva a recurrir a otro tipo de metodologías que permitan capturar estas relaciones. Esto debido a que normalmente los resultados financieros varían de manera no lineal con los cambios en las variables macroeconómicas y del mercado (Lee, 1999). Es así, como la simulación de Monte Carlo permite analizar exposiciones no lineales y patrones de precios complejos; sin embargo, tiene un costo computacional alto (Jorion, 2007). El VaR se define entonces como el quinto percentil de la distribución de cambios de valor.

Según (Lee, 1999) esta metodología consta de cinco pasos principales:

1. Definir el resultado financiero sobre el cual se desea medir el riesgo: ganancias, flujo de caja, entre otros; que incluye la definición del horizonte de tiempo y el nivel de confianza para efectuar dicha medición de riesgo.
2. Mapeo de la exposición: en este paso se debe realizar la identificación de los rubros del estado de resultados o del flujo de caja, cuyos valores pueden cambiar a medida que fluctúan las variables macroeconómicas y del mercado. Se debe especificar cómo el valor de cada exposición se ve afectado por las variables macroeconómicas y del mercado.
3. Generación de los escenarios: Generar una gran cantidad de escenarios con el fin de calcular los posibles valores que pueden tomar para un conjunto dado de variables macroeconómicas y del mercado. Donde para cada horizonte de tiempo del paso 1, especifique una distribución de probabilidad de las variables económicas y del mercado identificadas en el paso 2; para finalmente genere cada escenario muestreando un valor para cada distribución.
4. Valoración: Calcular los resultados financieros futuros bajo cada escenario de las variables macroeconómicas y del mercado.
5. Cálculo de las medidas de riesgo: A partir de la distribución resultante de los resultados financieros, calcular las métricas de riesgo.

En la Figura **2-1** se ilustra de manera general los pasos para desarrollar el modelo de valor el riesgo corporativo, que según el resultado financiero que se pretenda analizar podrá ser: flujo de caja en riesgo (CFaR, por sus siglas en inglés), utilidades en riesgo (EaR, por sus siglas en inglés), entre otros.

Figura 2-1: Flujo del Modelo Valor en Riesgo Corporativo



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se describe de manera detallada el desarrollo de cada uno de los pasos:

2.1 Definir el resultado financiero sobre el cual se desea medir el riesgo

El Risk Metrics Group (1999) plantea la posibilidad de analizar las ganancias netas y los flujos de caja para la medición del valor en riesgo corporativo. Sin embargo, en el momento de tomar una decisión sobre los resultados financieros que serán objeto de análisis; es posible tener en cuenta otros indicadores tal como lo plantean Moscoso y Flórez (2009):

> *"…el flujo de caja libre, flujo de caja del accionista, el EBIDTA (ganancias antes de intereses, depreciación, impuestos y amortizaciones), el EBIT (ganancias antes de intereses e impuestos), la UPA (utilidades por acción) entre otros. Con tales resultados es factible entonces determinar las medidas de riesgo a calcular: EaR (ganancias netas en riesgo), CFaR (flujo de caja en riesgo), CFFaR (flujo de caja libre en riesgo), CFSaR (flujo de caja del accionista en riesgo) y EBIDTAaR, EBITaR, UPAaR, etc"* (p. 216)

Es importante, que esto se defina previamente ya que el siguiente paso depende de los estados financieros que se desean pronosticar y los resultados que se desean analizar.

2.2 Mapeo de exposición

En esta etapa se identifica cómo las fluctuaciones en las variables macroeconómicas y del mercado afectan cada resultado financiero que se desea analizar (flujo de caja, estado de resultados, entre otros) (Lee, 1999). Según la metodología propuesta por (Moscoso Escobar & Flórez Ríos, 2009) es necesario identificar primero los factores de riesgo que pueden incidir en los resultados de la empresa, para posteriormente realizar el mapeo de exposición.

Las empresas en el desarrollo de su objeto social se exponen a diferentes tipos de riesgos, que pueden ser operativos, financieros, estratégicos, entre otros. Dentro de los riesgos financieros se encuentra el riesgo que se origina por los cambios en las variables del mercado, tales como tasas de interés, tasa de cambio y precios, que pueden generar variaciones (pérdidas o ganancias) para la empresa, este se denomina riesgo de mercado; que es el riesgo que se pretende cuantificar por medio de la metodología mencionada.

Existen diferentes herramientas y técnicas para la identificación de los eventos, situaciones o factores de riesgo de la empresa, como entrevista, lista de chequeo, lluvia de ideas, análisis de información, técnica Delphi, análisis de escenarios, entre otros.

A continuación, se describen algunas de estas técnicas para la identificación de riesgos:

Lluvia de ideas: Consiste en fomentar la libre conversación entre un grupo de personas que poseen conocimientos que les permiten identificar los riesgos, situaciones, fallas potenciales, entre otros. (International Organization for Standardization, 2009).

Análisis causa – efecto: También se conocen como los diagramas de Ishikawa o espina de pescado, los cuáles se utilizan cuando se pretende analizar un riesgo en mayor nivel de detalle ya sea por su impacto, la importancia para situación que se esté analizando (Bravo Mendoza & Sánchez Celis, 2012).

Listas de chequeo y cuestionarios: Identificación de riesgos con guías estandarizadas, que se pueden adaptar a todo tipo de empresa, pueden servir de apoyo para construir el catálogo de riesgos de una compañía. (Mejía Quijano, 2013)

Entrevista: Consiste en entablar un diálogo con una persona clave, que cuenta con el conocimiento para la identificación de riesgos, para ello se deben formular unas preguntas, sin embargo, se puede ser flexible durante el desarrollo de la entrevista. (Mejía Quijano, 2013)

Análisis de información: Se realiza identificación de riesgos a través de análisis de información financiera, manuales técnicos, contratos, entre otros. (Mejía Quijano, 2013)

Método Delphi: Se indaga a diferentes expertos con relación a los pronósticos sobre un tema determinado, con el objetivo de llegar a un consenso. En el momento de seleccionar el equipo de expertos, se busca contar con un grupo interdisciplinario (Bravo Mendoza & Sánchez Celis, 2012).

Una vez aplicadas las técnicas se procede a consolidar la información con el fin de contar con un perfil de riesgo global de la empresa.

También se deben identificar los procesos estocásticos o ajuste de las distribuciones de probabilidad de las variables macroeconómicas (Medina Hurtado & Restrepo Morales, 2012). Es decir, se analizan los factores de riesgo incorporados en los estados financieros de la empresa, haciendo uso de la información histórica. El objetivo es encontrar las distribuciones de probabilidad que mejor se ajustan a la información histórica, este proceso se debe realizar para cada una de las variables macroeconómicas y del mercado para la aplicación de las técnicas de simulación de Montecarlo estructurado (Moscoso Escobar & Flórez Ríos, 2009). Es de aclarar que para la analizar el comportamiento de los factores de riesgo, también es posible emplear modelación estocástica (Medina Hurtado & Restrepo Morales, 2012).

Existen diferentes formas de realizar el mapeo de exposición, tales como los estados financieros proforma, realizar modelos de regresión, modelos econométricos que permitan

conocer cómo se pueden ver afectados los resultados de la empresa por las variables macroeconómicas y del mercado. Los estados financieros proforma consisten en definir unos supuestos de proyección y formulaciones para pronosticar los resultados financieros tales como las ganancias netas o los flujos de caja, afectados por los factores de riesgo previamente identificados (Moscoso Escobar & Flórez Ríos, 2009).

La proyección de estados financieros se puede expresar en cuatro pasos principales (Velez - Pareja, 2006):

a) Definir los supuestos iniciales con los cálculos, aumento de ventas y compras, precios, políticas internas de pagos, inventarios, distribución de utilidades, préstamos, entre otros.
b) Con los valores anteriores se determinan los valores proyectados.
c) Una vez se tiene esta información se construye el balance general y el estado de resultados.
d) A partir de las cifras del estado de resultados y las políticas previamente definidas, se elabora el flujo de tesorería.

2.3 Generación de los escenarios y valoración

A partir de los estados financieros proforma, donde se identificaron previamente los rubros de los estados financieros que son impactados por la variación en los diferentes factores de riesgo, se procede a realizar el análisis de las distribuciones de probabilidad de los resultados financieros seleccionados en el paso 1 sobre los cuáles se van a medir el valor en riesgo (Medina Hurtado & Restrepo Morales, 2012).

El método utilizado para obtener el valor en riesgo es la simulación de Montecarlo, la cual radica en obtener escenarios de los rendimientos o precios de un activo, a partir de la generación de números aleatorios correlacionados que alimenten las distribuciones de probabilidad o los procesos estocásticos definidos para cada uno de los factores de riesgo identificados (Medina Hurtado & Restrepo Morales, 2012).

Según Jorion en 2007 la simulación de Monte Carlo Estructurado o para múltiples variables, se desarrolla en los siguientes pasos:

- Calcular los procesos estocásticos con los parámetros correspondientes o ajustar

las distribuciones de probabilidad.

- Calcular las correlaciones entre los factores de riesgo.
- Identificar los rubros que son afectados por los factores de riesgo.
- Con el fin de generar variables correlacionadas, se utilizará la descomposición de Cholesky; de tal manera que $\rho = A \cdot \cdot \cdot A^T$, donde ρ es la matriz de correlaciones y A es la matriz cuadrada de Cholesky.
- Generar un conjunto multivariante de variables aleatorias $N \sim (0, 1)$ independientes.
- Generar números aleatorios correlacionados $N \sim (0, 1)$ haciendo uso de la matriz A.
- Alimentar los procesos estocásticos o las distribuciones de probabilidad inversas con los números aleatorios correlacionados.
- Generar series de precios aleatorios.

2.4 Cálculo de las medidas de riesgo

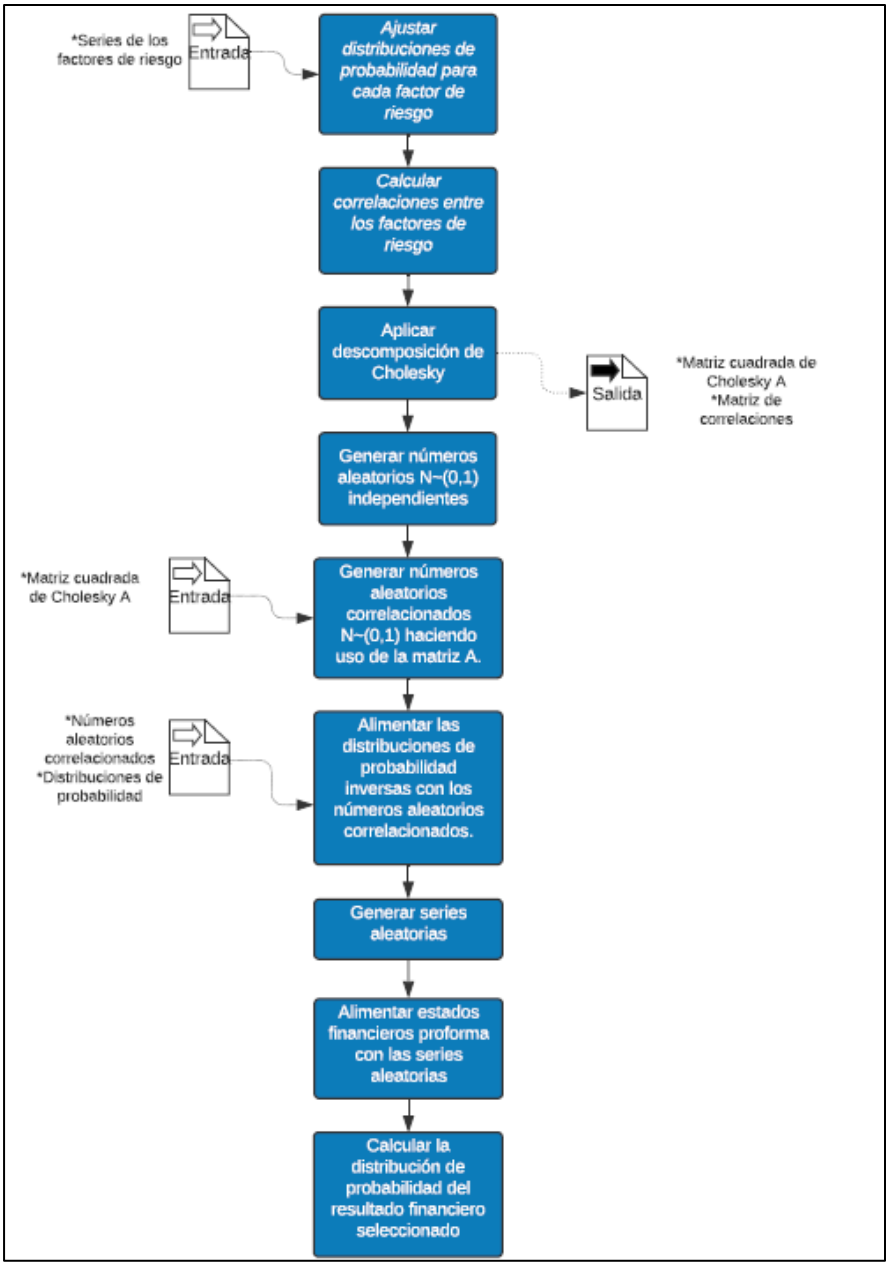
Finalmente, según (Moscoso Escobar & Flórez Ríos, 2009) el cálculo del valor en riesgo corporativo a partir de la función distribución de probabilidad del resultado financiero que se esté evaluando, corresponde a la diferencia entre el resultado financiero esperado y el mínimo tolerable, que corresponde a un alfa del 5%, asumiendo un nivel de confianza del 95%. Finalmente, el valor en riesgo se calcula de la diferencia de estos dos conceptos.

$$\begin{aligned} &Valor\ en\ riesgo\ corporativo \\ &= Resultado\ financiero\ antes\ de\ incluir\ los\ efectos\ de\ los\ factores\ de\ riesgo \\ &- Resultado\ financiero\ mínimo\ tolerable \end{aligned}$$

Donde, el resultado financiero cambia según el que se haya seleccionado para el análisis, que puede ser ganancias netas, flujo de caja, entre otros.

En la Figura 2-2 se ilustra el subproceso para la elaboración de la simulación de Montecarlo Estructurada.

Figura 2-2: Subproceso – Simulación de Montecarlo Estructurada



Fuente: Elaboración propia

3. Capítulo 3: Caracterizar las variables del sector de la construcción para la medición del valor en riesgo corporativo.

3.1 Análisis de riesgo

La identificación de los factores y eventos que generan exposición al riesgo de mercado, para el sector de la construcción para efectos del presente trabajo se realizó con la técnica de “Análisis de información” descrita anteriormente (Tabla **3-1**).

Tabla 3-1: Identificación de los riesgos de mercado del sector construcción

Componentes del Estado de Resultados	Factor de riesgo					
	IPC	Tasa de Cambio	Tasa de interés interbancaria (TIB)	Tasa de interés (DTF)	Índice de costos de construcción de vivienda	Producto Interno Bruto (PIB)
Ingresos de actividades ordinarias				✓		✓
Costo de ventas	✓	✓			✓	
Gasto de ventas	✓					
Gastos de administración	✓					
Ingresos financieros				✓		
Egresos financieros	✓		✓	✓		

Inversiones		✓		✓		

Seguidamente, se describe la información que sirvió de base para identificar los efectos que pueden generar estos factores de riesgo en los estados de resultados de la empresa, asimismo, se detalla el ajuste de las distribuciones de probabilidad.

3.1.1 Índice de precios del consumidor (IPC)

El IPC mide la evolución del costo promedio de bienes y servicios de la canasta básica de los hogares, expresado respecto a un período base. Esta canasta incluye alimentos, alojamiento, transporte, entre otros (Banco de la República de Colombia, s.f.). La variación porcentual del IPC entre dos periodos, corresponde a la inflación. Según (García Rendón, Díaz, Upegui, & Velásquez, 2019) la inflación en el sector construcción tiene efectos inversos sobre las condiciones del mercado, toda vez que a medida que aumenta la inflación genera costos adicionales, deteriorando las condiciones y por ende generando incrementos en los precios de la vivienda nueva.

Para este análisis se tomó la serie del índice de precios del consumidor desde el 31 de enero de 2006 al 31 de diciembre de 2020 y se calcularon los retornos logarítmicos. En la Tabla **3-2** se detallan las estadísticas básicas para esta variable:

Tabla 3-2: Estadísticos para los rendimientos del IPC

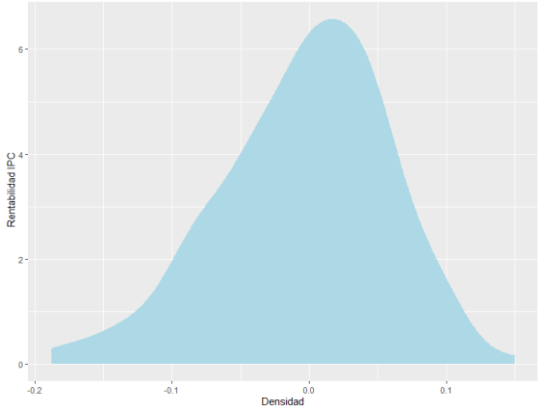
Estadístico	**Rendimiento Logarítmico IPC**
Mínimo	-0.188052
Primer cuartil	-0.041158
Mediana	0.001955
Media	-0.004225
Tercer cuartil	0.040491
Máximo	0.149764
Coeficiente de asimetría	-0.4625123
Curtosis	0.08008924

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de asimetría es menor que cero, lo que indica que la distribución tiene asimetría negativa y se alarga a valores menores que la media. Por otro lado, la curtosis da aproximadamente cero, es decir que la distribución es mesocúrtica.

En la Figura **3-1** presenta la función de densidad para los retornos logarítmicos del IPC.

Figura 3-1: Función de densidad para los retornos logarítmicos del IPC.



Fuente: elaboración propia en R.

Se realizaron las pruebas de bondad de ajuste con el fin de determinar si los datos se ajustan a una distribución normal o una distribución logística, para ello se utilizó el test de Anderson Darling y de Kolmogorov Smirnov. Los resultados de las pruebas se presentan en la Tabla **3-3**:

Tabla 3-3: Pruebas de bondad de ajuste para el IPC

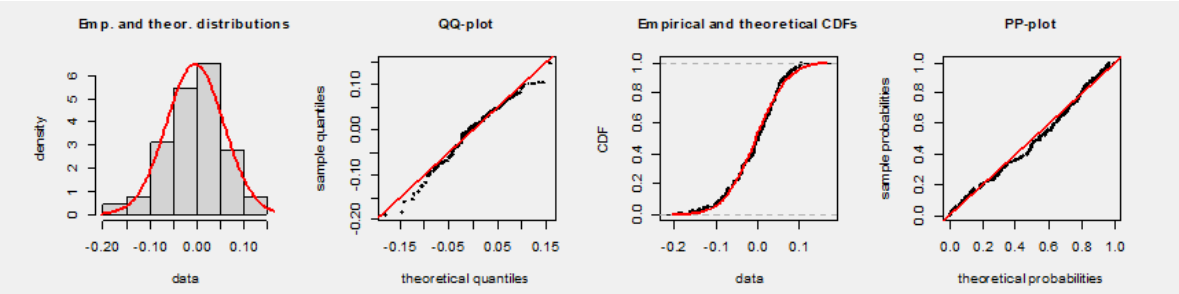
Test	**Normal**	**Logística**
Anderson Darling	0.51227	12.405
P-value	0.1946	2.2e-16
Kolmogorov Smirnov	0.077186	0.051714
P-value	0.2366	0.724

Fuente: elaboración propia.

Para la distribución logística con la prueba de Kolmogorov Smirnov se obtuvo un p-valor de 0.724, por lo tanto, existe evidencia estadística que los datos se ajustan a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%. Además, según la prueba de

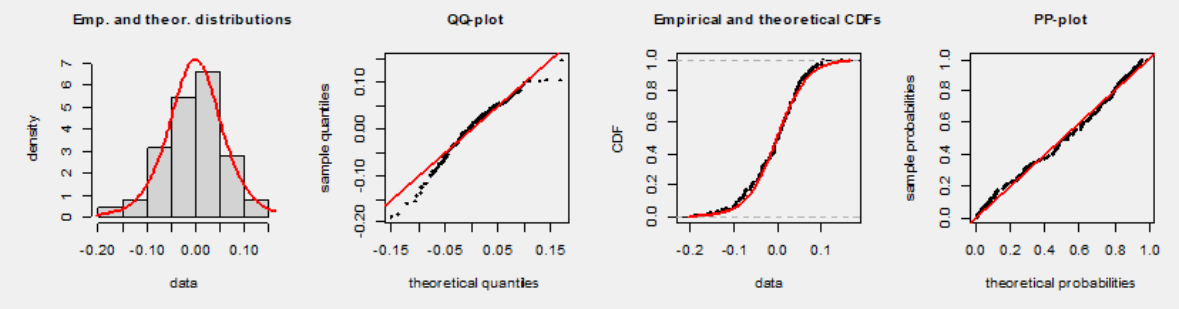
Anderson Darling los datos se ajustan a una distribución normal. Para efectos de este ejercicio se empleará la distribución logística.

Figura 3-2: Ajuste a la distribución normal - IPC.



Fuente: elaboración propia en R.

Figura 3-3: Ajuste a la distribución logística - IPC.



Fuente: elaboración propia en R.

3.1.2 Tasa Representativa del Mercado (TRM)

Esta tasa corresponde a la cantidad de pesos colombianos que se dan a cambio de un dólar estadounidense, esta se obtiene de acuerdo con las operaciones de compra y venta de divisas entre intermediarios financieros que transan en el mercado cambiario en Colombia (Banco de la República de Colombia, s.f.). La construcción de vivienda se ve afectada por la TRM dado que algunos de los insumos utilizados como el hierro, puede impactar los costos de la construcción, es de aclarar que las empresas constructoras pueden tener stock de estos insumos o desarrollar estrategias como acuerdos con los proveedores, con el fin de mitigar el riesgo que puede generar las variaciones en el tipo de cambio (García Rendón, Díaz, Upegui, & Velásquez, 2019).

Para este análisis se tomó la serie de la tasa de cambio promedio desde el 31 de enero de 2006 al 31 de diciembre de 2020 y se calcularon los retornos logarítmicos. En el siguiente cuadro se detallan las estadísticas básicas para esta variable:

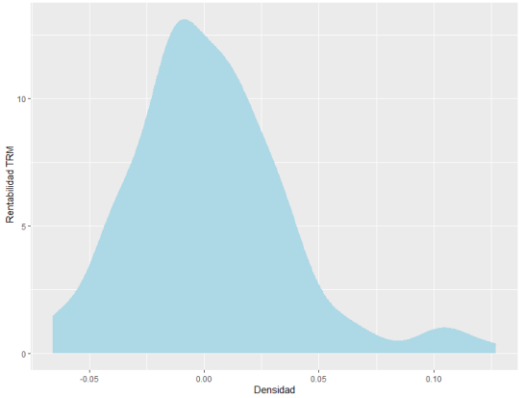
Tabla 3-4: Estadísticos para los rendimientos del TRM

Estadístico	**Rendimiento Logarítmico TRM**
Mínimo	-0.0658587
Primer cuartil	-0.0178196
Mediana	-0.0003625
Media	0.0023594
Tercer cuartil	0.0214354
Máximo	0.1270611
Coeficiente de asimetría	0.8589214
Curtosis	1.533835

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de asimetría es mayor que cero, lo que indica que la distribución tiene asimetría positiva y se alarga a valores mayores que la media. Por otro lado, la curtosis es mayor a cero (0) lo que quiere decir que los datos están muy concentrados hacia la media, por ende, la distribución es leptocúrtica. El siguiente gráfico presenta la función de densidad para los retornos logarítmicos de la TRM.

Figura 3-4: Función de densidad para los retornos logarítmicos de la TRM.



Fuente: elaboración propia en R.

En la siguiente tabla se detallan las pruebas de bondad de ajuste para las distribuciones normal y logística, usando la prueba de Anderson Darling y de Kolmogorov Smirnov.

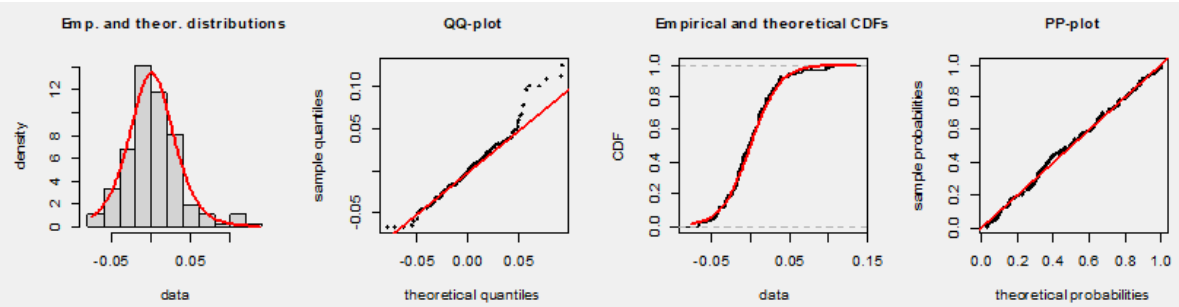
Tabla 3-5: Pruebas de bondad de ajuste para la TRM

Test	Normal	Logística
Anderson Darling	0.44959	12.405
P-value	0.2766	2.2e-16
Kolmogorov Smirnov	0.071022	0.041634
P-value	0.3272	0.9156

Fuente: elaboración propia.

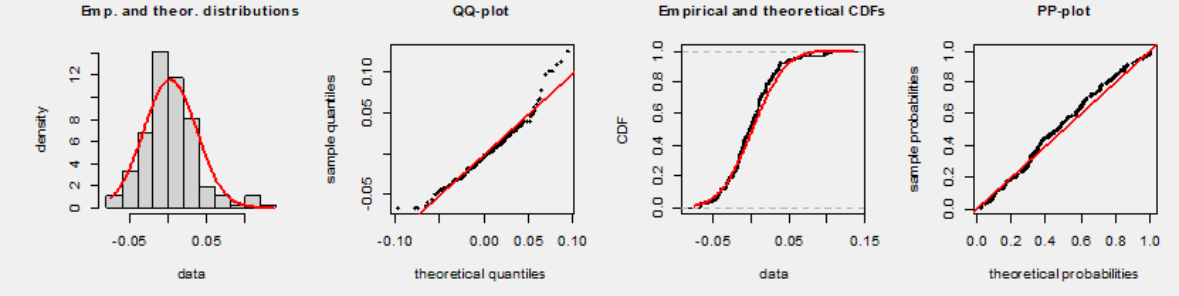
Las pruebas de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov y Anderson Darling, de acuerdo a los P-value obtenidos indican que los datos se ajustan a ambas distribuciones con un nivel de confianza del 95%. En la tabla 4 se detallan los resultados. Dado que con la prueba de Kolmogorov Smirnov se obtuvo un P-value de 0.9156 para la distribución logística, se escoge esta distribución para efectos de esta simulación.

Figura 3-5: Ajuste a la distribución logística - TRM.



Fuente: elaboración propia en R.

Figura 3-6: Ajuste a la distribución normal - TRM.



Fuente: elaboración propia en R.

3.1.3 Tasa de interés (DTF)

Según el Banco de la República de Colombia (s.f.) la DTF “es el promedio ponderado de las tasas efectivas de captación de los CDT a 90 días que reconoce el sistema financiero a sus clientes y sirve como indicador de referencia relacionado con el costo del dinero en el tiempo”.

Esta tasa es catalogada como un determinante de la función de oferta de la de vivienda, por el método financiero que se utiliza para los proyectos de construcción, donde a través de una fiducia se recauda el dinero a los consumidores hasta que se llegue al punto de equilibrio y la comisión que paga la constructora a la fiducia por este servicio corresponde a la DTF (García Rendón, Díaz, Upegui, & Velásquez, 2019).

Para este análisis se tomó los valores históricos de la DTF desde el 31 de enero de 2006 al 31 de diciembre de 2020 y se calcularon los retornos logarítmicos. En la Tabla **3-6** se detallan las estadísticas básicas para esta variable:

Tabla 3-6: Estadísticos para los rendimientos del DTF

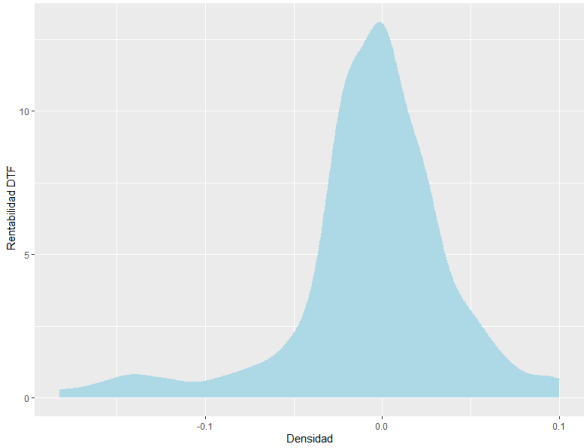
Estadístico	**Rendimiento Logarítmico DTF**
Mínimo	-0.182322
Primer cuartil	-0.022226
Mediana	0.000000
Media	-0.006516
Tercer cuartil	0.020619
Máximo	0.100083

Coeficiente de asimetría	-1.118904
Curtosis	2.849006

Fuente: elaboración propia.

Dado que el coeficiente de asimetría es menor a cero, significa que tiene asimetría negativa y se alarga a valores menores que la media. Por otro lado, la curtosis es positiva, es decir que la distribución es leptocúrtica, por ende, hay una mayor concentración de datos en torno a la media.

Figura 3-7: Función de densidad para los retornos logarítmicos de la DTF.



Fuente: elaboración propia en R.

En la Tabla **3-7** se detallan las pruebas de bondad de ajuste Anderson Darling y Kolmogorov Smirnov para las distribuciones normal y logística. Analizando los resultados, con un nivel de confianza del 95%, según la prueba de Anderson Darling los datos se ajustan a una distribución normal.

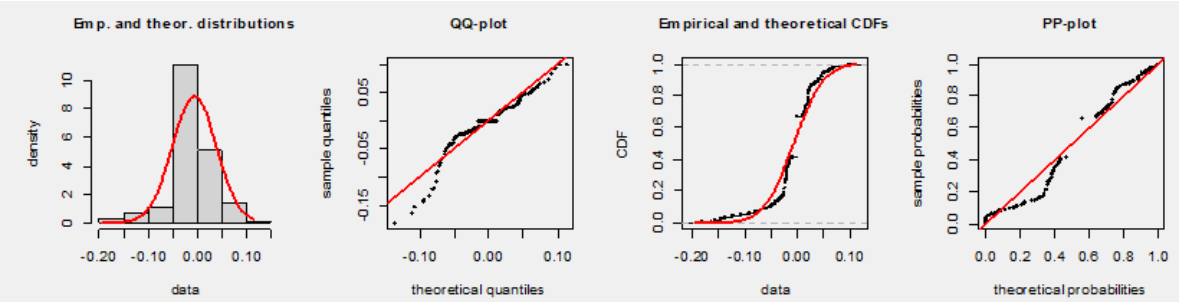
Tabla 3-7: Pruebas de bondad de ajuste para la DTF

Test	**Normal**	**Logística**
Anderson Darling	0.51227	12.405
P-value	0.1946	2.2e-16
Kolmogorov Smirnov	0.16542	0.12927
P-value	0.0001113	0.005045

Fuente: elaboración propia.

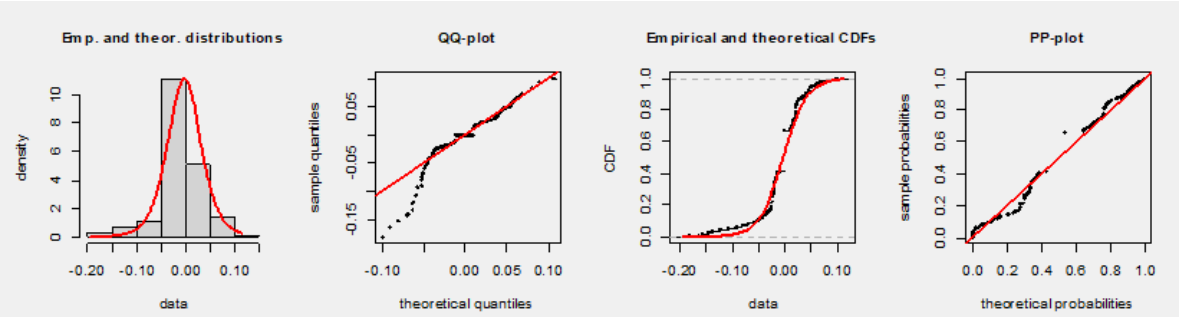
En las Figuras **3-8** y **3-9** se ilustran los resultados del ajuste de las distribuciones normal y logística para la DTF:

Figura 3-8: Ajuste a la distribución normal - DTF.



Fuente: elaboración propia en R.

Figura 3-9: Ajuste a la distribución logística - DTF.



Fuente: elaboración propia en R.

Para este caso, dado que el ejercicio es metodológico, se usará la distribución normal, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el test de Anderson Darling.

3.1.4 Índice de costos de construcción de vivienda (ICCV)

El ICCV permite observar el comportamiento de los materiales e insumos empleados para la construcción de vivienda (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, s.f.). Según (Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL, 2021) algunos insumos para la construcción, tales como las instalaciones eléctricas y de gas, cimentación y estructuras, instalaciones hidráulicas, y aparatos sanitarios; han presentado aumentos significativos en la variación del Índice de costos de construcción de vivienda (ICCV). En el grupo de cimentación y estructuras, se destacan los insumos de hierros y aceros, y alambres; por

su parte, en instalaciones eléctricas y de gas se resalta la tubería Conduit Pvc. En este informe, se resalta que el aumento en el precio del acero puede explicarse por la caída en la producción y la importación de aceros largos; que en parte se ha visto impactado por la emergencia sanitaria ocasionada por la pandemia.

Para este análisis se tomó los valores históricos del ICCV desde el 31 de enero de 2006 al 31 de diciembre de 2020 y se calcularon los retornos logarítmicos. En el siguiente cuadro se detallan las estadísticas básicas para esta variable:

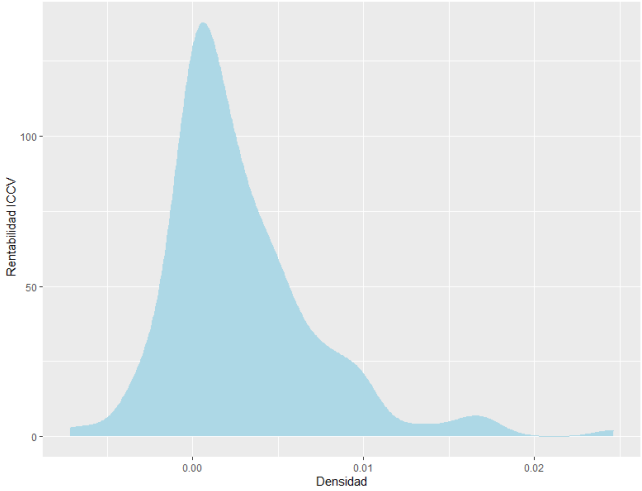
Tabla 3-8: Estadísticos para los rendimientos del ICCV

Estadístico	**Rendimiento Logarítmico ICCV**
Mínimo	-0.007169
Primer cuartil	0.000000
Mediana	0.001792
Media	0.002837
Tercer cuartil	0.004647
Máximo	0.024649
Coeficiente de asimetría	1.522657
Curtosis	3.918537

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de asimetría negativo advierte que la distribución se alarga a valores menores que la media, en cuanto a la curtosis, dado que es mayor a cero (0) la distribución es leptocúrtica y hay una mayor concentración de los datos entorno de la media.

Figura 3-10: Función de densidad para los retornos logarítmicos de ICCV.



Fuente: elaboración propia en R.

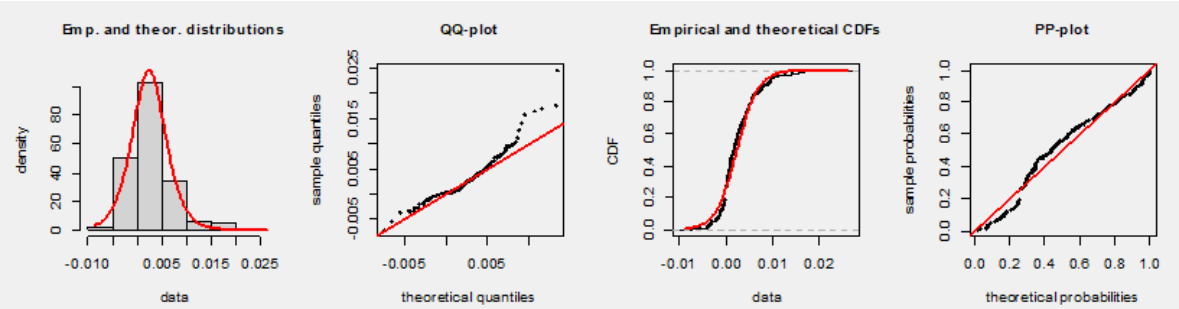
Tabla 3-9: Pruebas de bondad de ajuste para la ICCV

Test	Normal	Logística
Anderson Darling	0.44959	12.405
P-value	0.2766	2.2e-16
Kolmogorov Smirnov	0.12559	0.091366
P-value	0.007057	0.1007

Fuente: elaboración propia.

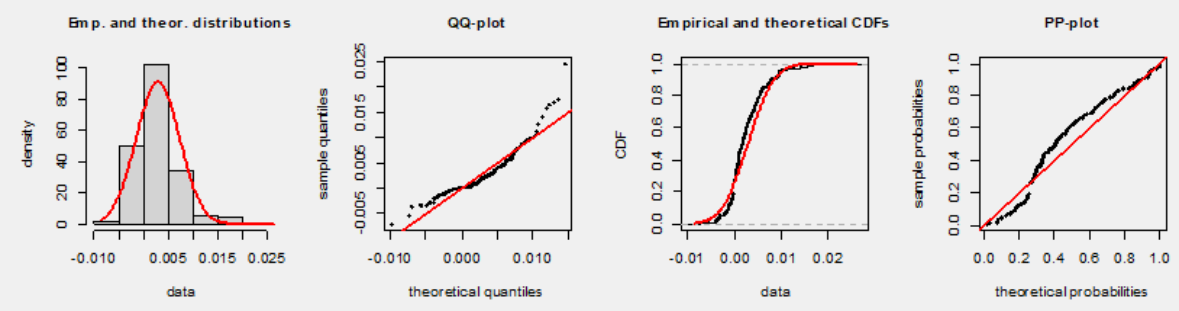
Según la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov, dado que el P-value es de 0.1007, con un nivel de confianza del 95% se concluye que los datos se ajustan a la distribución logística.

Figura 3-11: Ajuste a la distribución logística - ICCV.



Fuente: elaboración propia en R.

Figura 3-12: Ajuste a la distribución normal - ICCV.



Fuente: elaboración propia en R.

3.1.5 Producto Interno Bruto (PIB)

El PIB se define como el valor de la producción de bienes y servicios de Colombia (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, s.f.). Según estudio existe una correlación positiva entre el PIB y la oferta de vivienda (Quiroz Porras, 2019)

Para este análisis se tomó la tasa de crecimiento anual del PIB trimestral desde el primer trimestre de 2006 al cuarto trimestre de 2020 y se calcularon los retornos logarítmicos.

Tabla 3-10: Estadísticos para los rendimientos del PIB

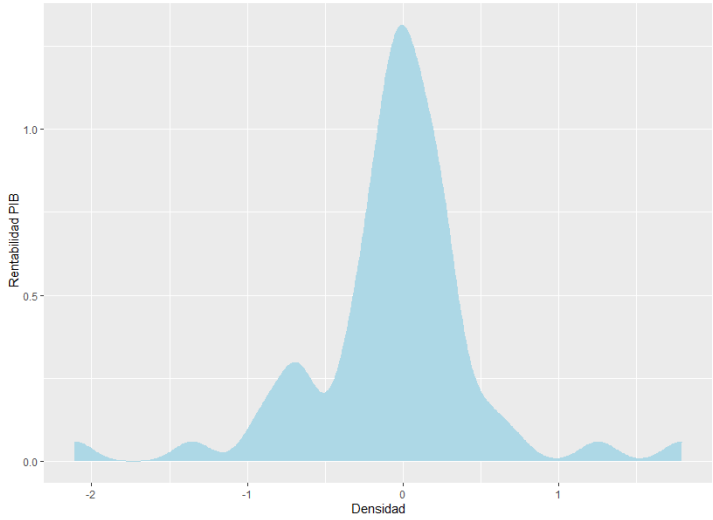
Estadístico	**Rendimiento Logarítmico PIB**
Mínimo	-2.11021
Primer cuartil	-0.20646
Mediana	-0.01471
Media	-0.06183
Tercer cuartil	0.18662
Máximo	1.79176
Coeficiente de asimetría	-0.3402521
Curtosis	3.977761

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de asimetría negativo señala que la distribución se alarga a valores menores que la media. Por otro lado, en cuanto a la curtosis, dado que es mayor a cero (0) la distribución es leptocúrtica y hay una mayor concentración de los datos entorno de la media.

El gráfico que se muestra a continuación detalla la función de densidad del PIB (Figura 3-13):

Figura 3-13: Función de densidad para los retornos logarítmicos del PIB.



Fuente: elaboración propia en R.

En la siguiente tabla se muestran las pruebas de bondad de ajuste para la distribución normal y la distribución Normal Inversa Gaussiana (NIG), usando el test de Anderson Darling y de Kolmogorov Smirnov.

Tabla 3-11: Pruebas de bondad de ajuste para el PIB

Test	**Normal**	**NIG**
Anderson Darling	0.44959	485.65
P-value	0.2766	2.2e-16
Kolmogorov Smirnov	0.1656	0.066713
P-value	0.08308	0.9585

Fuente: elaboración propia.

Las pruebas de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov y Anderson Darling, teniendo en cuenta el P-value obtenido indican que los datos se ajustan a ambas distribuciones con un nivel de confianza del 95%. En la tabla **3-11** se especifican los resultados. Dado que con la prueba de Kolmogorov Smirnov se obtuvo un P-value de 0.9585 para la distribución Normal Inversa Gaussiana, se escoge esta distribución para efectos de la simulación.

3.1.6 Tasa de Intervención Bancaria (TIB)

Es la tasa a la cual los intermediarios financieros se prestan recursos entre sí por un día, esta tasa permite reflejar el riesgo de crédito asociado a las partes involucradas en las operaciones. Es el promedio ponderado por monto de los préstamos interbancarios (Banco de la República de Colombia, s.f.). La demanda de vivienda nueva aumenta por la caída en las tasas de los créditos hipotecarios. Es de recordar que, esta tasa es un criterio utilizado por el Banco de la República para modificar la tasa de interés mínima cobrada a las entidades financieras por crédito, o la tasa de interés máxima que paga por recibir dinero (Rojas López, Roberto Arango, & Bastidas, 2016).

Se tomó la TIB para el periodo comprendido desde el 31 de enero de 2006 al 31 de diciembre de 2020 y se calcularon los retornos logarítmicos. Las estadísticas básicas para esta variable se muestran a continuación:

Tabla 3-12: Estadísticos para los rendimientos del TIB

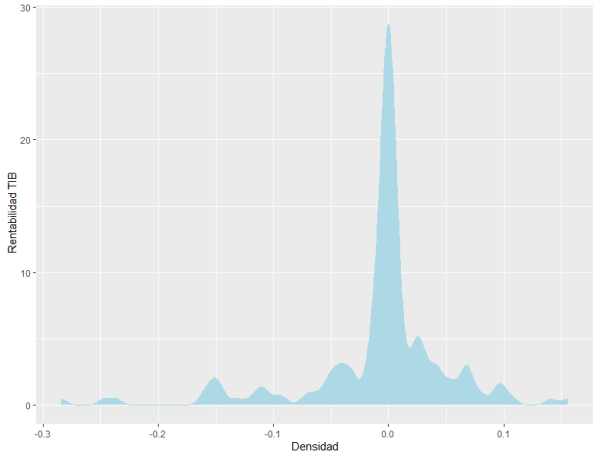
Estadístico	**Rendimiento Logarítmico TIB**
Mínimo	-0.283794
Primer cuartil	-0.011346
Mediana	0.000000
Media	-0.006967
Tercer cuartil	0.010187
Máximo	0.155810
Coeficiente de asimetría	-1.444606
Curtosis	4.543611

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de asimetría menor a cero (0), indica que la distribución se alarga a valores menores que la media. Con relación a la curtosis dado que es positiva, la distribución es leptocúrtica y hay una mayor concentración de los datos entorno de la media.

El siguiente gráfico, presenta la función de densidad para esta variable:

Figura 3-14: Función de densidad para los retornos logarítmicos de la TIB.



Fuente: elaboración propia en R.

En la siguiente tabla se muestran las pruebas de bondad de ajuste para la distribución normal y la distribución Normal Inversa Gaussiana (NIG), usando el test de Anderson Darling y de Kolmogorov Smirnov.

Tabla 3-13: Pruebas de bondad de ajuste para el PIB

Test	**Normal**	**NIG**
Anderson Darling	0.44959	1344.2
P-value	0.2766	2.2e-16
Kolmogorov Smirnov	0.23045	0.077428
P-value	1.107e-08	0.2335

Fuente: elaboración propia.

Según la prueba de Kolmogorov Smirnov, con un nivel de confianza del 95% los datos se ajustando a la distribución Normal Inversa Gaussiana (NIG).

3.2 Estados financieros proforma

Una vez modeladas las series de precios a través de distribuciones de probabilidad, que corresponde a los factores y eventos que generan exposición al riesgo de mercado en el sector de la construcción, es posible analizar las distribuciones de probabilidad de los estados financieros que se deseen analizar, a partir de los rubros donde se identificó que son afectados por la variación de estos factores. Es así, como se requiere construir el

modelo financiero de la empresa o los estados financieros proforma, donde se identifican las cuentas que son afectadas por los cambios en los factores de riesgo.

Los siguientes son los supuestos de proyección para los estados financieros proforma necesarios para la ejecución del modelo: estado de resultados, balance general y flujo de tesorería.

3.2.1 Estado de resultados

A continuación, se detallan las ecuaciones empleadas para el modelo financiero.

Ingresos de actividades ordinarias

La fórmula para proyectar esta variable corresponde a:

$$Ingresos\ de\ actividades\ ordinarias_t * (1 + Tasa\ de\ variación_{t+1})$$

Incorporando los factores de riesgo, la tasa de variación de los ingresos se obtiene partiendo de la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ variación_{t+1} = (1 + DTF_{t+1}) * (1 + PIB_{t+1}) - 1$$

Donde,

$$DTF_{t+1} = Tasa\ de\ referencia\ DTF\ t + 1$$

$$PIB_{t+1} = Producto\ Interno\ Bruto\ estimados\ para\ el\ periodo\ t + 1$$

Costo de ventas

El costo de ventas estará dado en función del índice de costos de construcción de vivienda y la tasa representativa del mercado:

$$Costo\ de\ ventas_t * (1 + Tasa\ de\ variación_{t+1})$$

Para estimar la $Tasa\ de\ variación_{t+1}$ se aplica la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ variación_{t+1} = (1 + TRM_{t+1}) * (1 + ICCV_{t+1}) - 1$$

Donde,

$$TRM_{t+1} = Tasa\ representativa\ del\ mercado\ estimados\ para\ el\ periodo\ t+1$$

$$ICCV_{t+1} = Índice\ de\ costos\ de\ construcción\ de\ vivienda\ estimados\ para\ el\ periodo\ t+1$$

Gasto de ventas y de administración

Para el incremento del gasto de ventas y de administración, se hará en función de la proyección del índice de precios del consumidor, quedando así la ecuación

$$Gasto\ de\ ventas_{t+1} = Gasto\ de\ ventas_t * (1 + IPC_{t+1})$$

$$Gasto\ de\ administración_{t+1} = Gasto\ de\ administración_t * (1 + IPC_{t+1})$$

Ingreso financiero

El rendimiento promedio anual, se tomará como la proyección del promedio ponderado de las tasas de captación de los CDT a 90 días (DTF):

$$Ingreso\ financiero_{t+1} = Disponible_t * (1 + DTF_{t+1})$$

Egresos financieros

Para estimar los egresos financieros, primero se debe calcular los intereses que se pagaran por endeudamiento en el periodo t+1; este se muestra más adelante:

$$\begin{aligned} Egresos\ financieros_{t+1} \\ &= Intereses\ pagados\ deuda\ largo\ plazo_{t+1} \\ &+ Intereses\ pagados\ deuda\ nueva\ largo\ plazo_{t+1} \\ &+ Intereses\ pagados\ crédito\ de\ tesorería_{t+1} \end{aligned}$$

Deuda actual de largo plazo

La deuda actual, se toma del pasivo financiero en el periodo t. Dado que el objetivo es proyectar los intereses que serán pagados en el año a proyectar, se asume un plazo en años *n*, para amortizar el crédito:

$$Amortización\ = \frac{Pasivo\ financiero\ largo\ plazo_t}{n}$$

Posteriormente se calcula el valor sobre el cual se estimarán los intereses:

$$Saldo = (Pasivo\ financiero\ largo\ plazo_t + (Pasivo\ financiero\ largo\ plazo_t - Amortización))/2$$

Una vez se obtiene el saldo, se continúa con definir la tasa. Para ello, se toma como base la relación de Fisher, de tal manera que, la tasa de interés corresponderá a:

$$Tasa\ de\ interés\ de\ la\ deuda = (1 + Tasa\ de\ referencia\ DTF_t) + (1 + TIB_{t+1}) - 1$$

Finalmente, los intereses pagados, vienen de:

$$Intereses\ pagados = Saldo * Tasa\ de\ interés\ de\ la\ deuda$$

Crédito de tesorería

Esta variable se obtiene a partir del flujo de tesorería, de acuerdo a lo estimado para cubrir las salidas de dinero u obligaciones en el periodo t+1.

Impuestos

Se asume una tasa del impuesto de renta del 11%, así el valor de los impuestos resulta de:

$$Utilidad\ antes\ de\ impuestos * 11\%$$

3.2.2 Balance General

<u>Activos corrientes</u>

Disponible

Inicialmente se calcula la proporción del disponible con respecto a los ingresos de actividades ordinarias del periodo actual multiplicado por 365.

$$Días\ de\ ingresos\ totales(Disponible)_t = \frac{Disponible_t}{Ingresos\ de\ actividades\ ordinarias_t} * 365$$

Así, la proyección del disponible corresponde a:

$$Disponible_{t+1} = \frac{Días\ de\ ingresos\ totales(Disponible)_t}{Ingresos\ de\ actividades\ ordinarias_{t+1} * 365}$$

Cuentas por cobrar

Al igual que para el disponible se calcula los días de ingresos totales con relación a las cuentas por cobrar:

$$Días\ de\ ingresos\ totales(Cuentasxcobrar)_t = \frac{Cuentas\ por\ cobrar\ (Deudores)_t}{Ingresos\ de\ actividades\ ordinarias_t} * 365$$

$$Cuentas\ por\ cobrar\ (Deudores)_{t+1} = \frac{Días\ de\ ingresos\ totales(Cuentasxcobrar)_t}{Ingresos\ de\ actividades\ ordinarias_{t+1} * 365}$$

Inventarios

Para el cálculo de los inventarios, se tiene los inventarios del periodo actual con respecto al costo de ventas en el periodo multiplicado por 365.

$$Días\ de\ costo\ de\ ventas(Inventarios)_t = \frac{Inventarios_t}{Costo\ de\ ventas_t} * 365$$

Así, los inventarios se proyectan de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Inventarios_{t+1} = \frac{Días\ de\ costo\ de\ ventas_t}{Costo\ de\ ventas_{t+1} * 365}$$

<u>Activos de largo plazo</u>

Propiedad, planta y equipo

Se asume que esta variable permanece constante en el tiempo, en consecuencia, la fórmula sería:

$$Propiedad,\ \ planta\ y\ equipo_{t+1} = \ Propiedad,\ \ planta\ y\ equipo_t$$

Cuentas comerciales por cobrar y otras cuentas por cobrar no corriente

Para esta variable se tiene el supuesto que depende de lo que representa las cuentas comerciales por cobrar y otras cuentas con relación a los ingresos de actividades ordinarias del periodo actual:

$$\%Ingresos\ de\ actividades\ ordinarias_t = \frac{Cuentas\ comerciales\ por\ cobrar\ y\ otras\ cuentas\ por\ cobrar\ no\ corrientes_t}{Ingresos\ de\ actividades\ ordinarias_t}$$

Quedando la fórmula, de la siguiente manera:

$$Cuentas\ comerciales\ por\ cobrar\ y\ otras\ cuentas\ por\ cobrar\ no\ corrientes_{t+1} = \%Ingresos\ de\ actividades\ ordinarias_t * Ingresos\ de\ actividades\ ordinarias_{t+1}$$

Inversiones

Se asume que esta variable permanece constante en el tiempo, en consecuencia, la fórmula sería:

$$Inversiones_{t+1} = Inversiones_t(1 + Tasa\ variación_{t+1})$$

En este caso, la tasa de variación se calculará en función de la DTF y de la variación del tipo de cambio:

$$Tasa\ variación_{t+1} = (1 + DTF_{t+1}) * (1 + TRM_{t+1}) - 1$$

<u>Pasivos corrientes</u>

Proveedores

Para el cálculo de las obligaciones con proveedores, se obtiene las obligaciones con proveedores del periodo actual con respecto al costo de ventas en el periodo multiplicado por 365.

$$Días\ de\ costo\ de\ ventas(Proveedores)_t = \frac{Proveedores_t}{Costo\ de\ ventas_t} * 365$$

Así, las obligaciones con proveedores vienen dadas por la ecuación:

$$Proveedores_{t+1} = \frac{Días\ de\ costo\ de\ ventas(Proveedores)_t}{Costo\ de\ ventas_{t+1} * 365}$$

Provisiones corrientes

Las provisiones, dependen de la proporción de provisiones del periodo actual con respecto al costo de ventas actual multiplicado por 365, es decir:

$$Días\ de\ costo\ de\ ventas(Provisiones)_t = \frac{Provisiones_t}{Costo\ de\ ventas_t} * 365$$

Teniendo en cuenta lo anterior, las provisiones corrientes son:

$$Provisiones\ corrientes_{t+1} = \frac{Días\ de\ costo\ de\ ventas(Provisiones)_t}{Costo\ de\ ventas_{t+1} * 365}$$

Obligaciones financieras corto plazo

Estas obligaciones son equivalentes al crédito de tesorería, calculado anteriormente.

$$Obligaciones\ financieras\ corto\ plazo_{t+1} = Crédito\ de\ tesorería_{t+1}$$

<u>Pasivos de largo plazo</u>

Obligaciones financieras largo plazo

Esta variable corresponde a la deuda de largo plazo calculada anteriormente:

$$Obligaciones\ financieras\ largo\ plazo_{t+1} = Deuda\ actual\ de\ largo\ plazo + Deuda\ nueva\ de\ largo\ plazo$$

Otros pasivos de largo plazo

Se asume como el promedio de los años anteriores:

$$Otros\ pasivos\ de\ largo\ plazo_t = \sum_{0}^{i} \frac{Otros\ pasivos\ de\ largo\ plazo\ _i}{n}$$

Patrimonio

Capital

Se asume que el capital permanece constante en el tiempo:

$$Capital_{t+1} = Capital_t$$

Reservas

Se asume que las reservas incrementan en un 10%, multiplicando las utilidades del periodo actual por dicho porcentaje:

$$Incremento\ de\ la\ reserva_{t+1} = Utilidad\ neta_t * 10\%$$

Ahora bien, el resultado de la reserva proyectada es:

$$Reserva_{t+1} = Incremento\ de\ la\ reserva_{t+1} + Reserva_t$$

Ganancias acumuladas

Las ganancias acumuladas, se obtienen de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ganancias\ acumuladas_{t+1} \\ &= Ganancias\ acumuladas_t + Utilidad\ neta_t \\ &- Incremento\ de\ la\ reserva_{t+1} - Dividendos\ pagados_t \end{aligned}$$

3.2.3 Flujo de Tesorería

Finalmente, a partir de la información obtenida en los pasos anteriores se procede a construir el flujo de caja de tesorería.

Partiendo de

$$Utilidad\ neta$$

$$= Utilidad\ neta_{t+1}$$

Activos corrientes

$$Disponible = Disponible_{t+1} - Disponible_t$$

$$Cuentas\ por\ cobrar\ (deudores) = Cuentas\ por\ cobrar(deudores)_{t+1} - Cuentas\ por\ cobrar(deudores)_t$$

$$Otras\ cuentas\ por\ cobrar = Otras\ cuentas\ por\ cobrar_{t+1} - Otras\ cuentas\ por\ cobrar_t$$

$$Inventarios = Inventarios_{t+1} - Inventarios_t$$

$$Otros\ activos\ corrientes = Otros\ activos\ corrientes_{t+1} - Otros\ activos\ corrientes_t$$

$$Activos\ corrientes = Disponible + Cuentas\ por\ cobrar\ (deudores) + Otras\ cuentas\ por\ cobrar + Inventarios + Otros\ activos\ corrientes$$

Activos largo plazo

$$Propiedad, planta\ y\ equipo = Propiedad, planta\ y\ equipo_{t+1} - Propiedad, planta\ y\ equipo_t$$

$$Cuentas\ comerciales\ por\ cobrar\ y\ otras\ cuentas\ por\ cobrar\ no\ corrientes = Cuentas\ comerciales\ por\ cobrar\ y\ otras\ cuentas\ por\ cobrar\ no\ corrientes_{t+1} - Cuentas\ comerciales\ por\ cobrar\ y\ otras\ cuentas\ por\ cobrar\ no\ corrientes_t$$

$$Inversiones = Inversiones_{t+1} - Inversiones_t$$

$$Activos\ largo\ plazo = Propiedad, planta\ y\ equipo + Inversiones + Cuentas\ comerciales\ por\ cobrar\ y\ otras\ cuentas\ por\ cobrar\ no\ corrientes$$

Pasivos corrientes

$$Obligaciones\ financieras\ de\ corto\ plazo = Obligaciones\ financieras\ corto\ plazo_{t+1} - Obligaciones\ financieras\ corto\ plazo_t$$

$$Proveedores = Proveedores_{t+1} - Proveedores_t$$

$$Impuestos\ y\ retenciones = Impuestos_{t+1} - Retenciones_t$$

$$Otros\ acreedores = Otros\ acreedores_{t+1} - Otros\ acreedores_t$$

$$Otros\ pasivos\ corrientes = Otros\ pasivos\ corrientes_{t+1} - Otros\ pasivos\ corrientes_t$$

$$Pasivos\ corrientes = Obligaciones\ financieras\ de\ corto\ plazo + Proveedores + Impuestos\ y\ retenciones + Otros\ acreedores + Otros\ pasivos\ corrientes$$

Pasivos de largo plazo

$$Obligaciones\ financieras\ de\ largo\ plazo = Obligaciones\ financieras\ de\ largo\ plazo_{t+1} - Obligaciones\ financieras\ de\ largo\ plazo_t$$

$$Pasivos\ de\ largo\ plazo = Obligaciones\ financieras\ de\ largo\ plazo$$

Patrimonio

$$Capital = Capital_{t+1} - Capital_t$$

$$Revalorización\ del\ patrimonio = Revalorización\ del\ patrimonio_{t+1} - Revalorización\ del\ patrimonio_t$$

$$Patrimonio = Capital + Revalorización\ del\ patrimonio$$

Caja del periodo

$$Caja\ del\ periodo = Utilidad\ neta - Activos\ corrientes - Activos\ largo\ plazo + Pasivos\ corrientes + Pasivos\ largo\ plazo + Patrimonio$$

Caja inicial

$$Caja\ inicial = Inversiones$$

Crédito Tesorería

$$-Crédito\ Tesorería = Caja\ del\ periodo + Caja\ inicial$$

Caja final

$$Caja\ final = Caja\ del\ periodo + Caja\ inicial + Crédito\ de\ Tesorería$$

4. Capítulo 4: Algoritmo para la medición del VAR

4.1 Implementación del algoritmo

El valor en riesgo corporativo es una metodología que permite a entidades financieras y no financieras identificar, cuantificar y gestionar el riesgo, en un horizonte de tiempo y a cierto nivel de confianza; suministrando información útil a los administradores e inversionistas para la toma de decisiones.

Crystal Ball®, Risk Simulator® y @Risk® son los programas para computador más empleados a nivel empresarial para realizar simulaciones, ya que permiten la construcción de modelos en hojas de cálculo. No obstante, estos programas requieren licencias lo que implica costos al momento de desarrollar este tipo de modelos. Existen otros lenguajes de programación de licencia gratuita tales como R y Python, donde es posible crear librerías y funciones para la ejecución de este tipo de modelos.

Se seguirán los siguientes parámetros para implementar el código del valor en riesgo corporativo en R, (Villa, Velásquez, & Sánchez, 2011):

- Entender las ecuaciones del modelo.
- Crear una función por cada ecuación que tenga el modelo.
- Crear una función que despliegue los resultados del modelo, además se muestran las variables globales.

A continuación, se detallan cada una de las funciones necesarias para implementar el modelo:

Primera, realizar la descomposición de cholesky de los factores de riesgo del mercado y macroeconómicos; para esto se crea la función *fac.cholesky* (Código 4-1), la cual recibe como parámetro una matriz cuadrada, simétrica y definida positiva. Esta función se tomó obtuvo de este sitio web (SCRIBD, s.f.).

Código 4-1: Descomposición de Cholesky

```
fac.cholesky <- function(n, a){

  A = matrix(a,n)

  if(n!=sqrt(length(a))){message("ERROR\nla matriz no es cuadrada")}else{
    if(sum(sum(abs(t(A)-A)))>0){message("ERROR\nla matriz no es
simétrica")}else{
      if(det(A)<=0){message("ERROR\nla matriz no es definida positiva")}else{

        L = matrix(0,n,n)
        L[1,1]=(A[1,1])^(1/2)
        for (j in 2:n){L[j,1]=A[j,1]/L[1,1]}
        i=1
                while(i < (n-1)){
          i=i+1
          k=1:(i-1)
          m=i+1
          L[i,i]=(A[i,i]-sum(L[i,k])^2)^(1/2)
          for(j in m:n){
            L[j,i]=(1/L[i,i])*(A[j,i]-sum(L[i,k]*L[j,k]))
          }
        }
        L[n,n]= (A[n,n]-sum(L[n,1:(n-1)]^2))^(1/2)
        return(L)
      }
    }
  }
}
```

Segunda, generar números aleatorios independientes y números aleatorios independientes correlacionados e incorporarlos en las distribuciones de probabilidad inversas. En el Código 4-2, se presenta la función num_correlacionados, la cual recibe como parámetros el número de iteraciones y la matriz obtenido con la primera ecuación.

Código 4-2: Generación de números aleatorios correlacionados

```
num_correlacionados <- function(rendimientos, iteraciones, descomposicion) {
matriz_rendimientos= matrix(,iteraciones, length(rendimientos))

j=1
i=1

for (j in 1: iteraciones) {
for (i in 1: length(rendimientos)) {
matriz_num_ale =matrix(rnorm(iteraciones), nrow= iteraciones,
ncol=length(rendimientos))
K=matriz_num_ale%*%descomposicion
p <-rescale (K, to = c (0,1))
matriz_rendimientos[j,1] = qlogis(p[j], location =AjustelogisIPC$estimate[1], scale
=AjustelogisIPC$estimate[2])
matriz_rendimientos[j,2] = qlogis(p[j], location =AjustelogisTRM$estimate[1], scale
=AjustelogisTRM$estimate[2])
matriz_rendimientos[j,3] = qnorm(p[j], mean =AjustenormDTF$estimate[1], sd
=AjustenormDTF$estimate[2])
matriz_rendimientos[j,4] = qlogis(p[j], location =AjustelogisICCV$estimate[1], scale
=AjustelogisICCV$estimate[2])
matriz_rendimientos[j,5] = qnig(p[j], alpha =tibnig[2], beta =tibnig[3], delta =tibnig[1],
mu= tibnig[4])
matriz_rendimientos[j,6] =qnig(p[j], alpha =cnig[2], beta =cnig[3], delta =cnig[1], mu=
cnig[4])
}
}
return (matriz_rendimientos)
}
```

Tercera, estimar la deuda de corto y de largo plazo. La función es *cltb* que se detalla en el Código 4-3. Esta función los siguientes parámetros:

ltfo	Pasivo financiero de largo en el periodo t.
n	Plazo en años para amortizar el pasivo financiero de largo plazo en el periodo t.
eirt1	Tasa de interés promedio anual DTF en el periodo t+1.
spr	Tasa de interés interbancaria en el periodo t+1.
stfo	Obligaciones financieras de corto plazo en el periodo t.

Código 4-3: Función para estimar deuda de corto y de largo plazo

```
cltb <- function (ltfo, n, eirt1, spr, stfo) {
      D = matrix(,1,6)
      cltd = ltfo
      amortization = cltd/n
      eir =eirt1 + spr
      dtfr = (1/((1-(eirt1/4))^4)-1)
      ir = dtfr
      dblt = ltfo-amortization
      iplt = ((ltfo + dblt)/2)*eirt1
      cstd = stfo
      irst =(1+eirt1)*(1+spr)-1
      ipst = irst*cstd
      D[,1]= ir
      D[,2]= dblt
      D[,3]= iplt
      D[,4]= irst
      D[,5]= cstd
      D[,6]= ipst

      dimnames(D)=list(NULL,
                  c("Tasa.interes.lp",
"Saldo.deuda.lp","Intereses.pagados.lp","Tasa.interes.cp",
"Saldo.deuda.cp","Intereses.pagados.cp" )
      return(D

 )

}
```

Cuarta, proyectar el estado de resultados, para esto se crea la función *estimar.er* (Código 4-4), la cual recibe los siguientes parámetros:

ingresos	Ingresos operativos en el periodo t.
pib	Producto Interno Bruto proyectado en el periodo t+1 mediante simulación de Montecarlo.
ipc	Índice de Precios del Consumidor proyectado en el periodo t+1 mediante simulación de Montecarlo.

Código 4-4: Función para proyectar estado de resultados

```
estimar.er <-function (pib, ipc, iccv, dtf, trm, ingresos, costoven, gastoven,
                    gastoadmon, disponiblet1, iplp.actual, iplp.nueva ,
                    ipct)
{
  ER = matrix(,1,10)
  tasavar <- (1+pib)*(1+dtf)-1
  ingresost1 <- ingresos*(1+tasavar)
  costovent1 <- costoven*(1+((1+trm)*(1+iccv)-1))
  gastovent1 <- gastoven*(1+ipc)
  gastoadmot1 <- gastoadmon *(1+ipc)
  ingfint1 <- disponiblet1 *dtf
  egfint1 <- iplp.actual+iplp.nueva +ipct
  utilidadbrt1 <- ingresost1 - costovent1
  utilidadopt1 <- utilidadbrt1 - gastovent1 - gastoadmot1
  utilidadaimpt1 <- utilidadopt1 + ingfint1 - egfint1
  impuestot1 <- utilidadaimpt1*0.11
  utilidadnetat1 <- utilidadaimpt1 - impuestot1

  ER[,1]= ingresost1
  ER[,2]= costovent1
  ER[,3]= gastovent1
  ER[,4]= gastoadmot1
  ER[,5]= ingfint1
  ER[,6]= egfint1
  ER[,7]= utilidadbrt1
  ER[,8]= utilidadopt1
  ER[,9]= utilidadaimpt1
  ER[,10]= utilidadnetat1
  dimnames(ER)=list(NULL,
c("Ingreso.actividades.ordinarias","Costo.ventas","Gasto.ventas","Gastos.administr
acion","Ingreso.financiero",
"Egreso.financiero","Utilidad.bruta","Utilidad.operativa","Utilidad.antes.impuestos","
Utilidad.neta"))

  return(ER)

}
```

Iccv Índice de Costo de Construcción de Vivienda proyectado en el periodo t+1.

dtf	Tasa de interés proyectada en el periodo t+1 mediante simulación de Montecarlo.
costoven	Costo de ventas en el periodo t.
gastoven	Gastos de ventas en el periodo t.
gastoadmon	Gastos de administración en el periodo t.
disponiblet1	Valor del disponible en el periodo t+1.
iplp.actual	Intereses pagados sobre deuda actual de largo plazo.
iplp.nueva	Intereses pagados sobre deuda nueva de largo plazo.
Ipct	Intereses pagados sobre crédito de tesorería.

Quinta, proyectar el balance general. Se crea la función *estimar.bg* que se puede observar en Código 4-5, la cual recibe como parámetros, los siguientes:

disponible	Valor del disponible en el periodo t.
ingresos	Ingresos operativos en el periodo t.
ingresost1	Ingresos operativos en el periodo t + 1.
cuentasxcobrar	Cuentas por cobrar de deudores en el periodo t.
costoven	Costo de ventas en el periodo t.
costovent1	Costo de ventas en el periodo t + 1.
Inventario	Inventarios en el periodo t.
ppe	Propiedad, planta y equipo en el periodo t.
cxcobrarlp	Cuentas comerciales por cobrar y otras cuentas por cobrar no corrientes en el periodo t.
inversiones	Inversiones en el periodo t.
proveedores	Proveedores en el periodo t.
provisiones	Provisiones en el periodo t.
credito.tesoreria	Crédito de tesorería estimado para el periodo t + 1.
deudalp.act	Deuda actual de largo plazo.
deudalp.nue	Deuda nueva de largo plazo para t + 1.

capital	Capital en el periodo t.
utilidadneta	Utilidad neta del periodo t.
reserva	Valor de la reserva en el periodo t.
gananciasacum	Ganancias acumuladas en el periodo t.
divpagados	Dividendos pagados en el periodo t.

Código 4-5: Función para proyectar el balance general

```
estimar.bg <-function (disponible, ingresos, ingresost1, cuentasxcobrar,
                    costoven, inventario, costovent1, ppe, cxcobrarlp,
                    inversiones, proveedores, provisiones,
                    credito.tesoreria, deudalp.act, deudalp.nue,capital,
                    utilidadneta, reserva, gananciasacum, divpagados, dtf, trm)
{
BG = matrix(,1,18)
    disp.ingresos <- disponible/ingresos*365
    disponiblet1 <- disp.ingresos/365*ingresost1
    cuentas.ingresos <- cuentasxcobrar/ingresos*365
    cuentasxcobrart1 <- cuentas.ingresos/365*ingresost1
    inventario.costoven.cp <- inventariocp/costoven*365
    inventariot1 <-inventario.costoven.cp/365*costovent1
    ppet1 <- ppe
    cxcobrarlp.ingresos <- cxcobrarlp/ingresos
    cxcobrarlpt1 <-  cxcobrarlp.ingresos*ingresost1
    inventario.costoven.lp <- inventariolp/costoven*365
    inventariolpt1 <-inventario.costoven.lp/365*costovent1
    inversionest1 <- inversiones*(1+((1+dtf)*(1+trm)-1))
    proveedores.costoven <- proveedores/costoven*365
    proveedorest1 <- proveedores.costoven/365*costovent1
    impuestost1 <- impuestost1
    provisiones.costoven <- provisiones/costoven*365
    provisionest1 <- provisiones.costoven/365*costovent1
    obfincpt1 <- credito.tesoreria
    obfinlpt1 <- deudalp.act + deudalp.nue
    capitalt1 <- capital
    inc.reserva <- 0.1*utilidadneta
    reservat1 <- inc.reserva+reserva
    gananciasacumt1 <- gananciasacum+utilidadneta-inc.reserva-divpagados
    activos.corrientest1 <- disponiblet1 + cuentasxcobrart1 + inventariot1
    activos.largo.plazot1 <- ppet1 + cxcobrarlpt1 + inversionest1 + inventariolpt1
    pasivos.corrientest1 <- credito.tesoreria + proveedorest1 + impuestost1
   +provisionest1
```

```
    pasivos.largo.plazot1 <- obfinlpt1
    patrimoniot1 <-capitalt1 + reservat1 + gananciasacumt1

    BG[,1]= disponiblet1
    BG[,2]= cuentasxcobrart1
    BG[,3]= inventariot1
    BG[,4]= ppet1
    BG[,5]= cxcobrarlpt1
    BG[,6]= inventariolpt1
    BG[,7]= proveedorest1
    BG[,8]= provisionest1
    BG[,9]= obfincpt1
    BG[,10]= obfinlpt1
    BG[,11]= capitalt1
    BG[,12]= reservat1
    BG[,13]= gananciasacumt1
    BG[,14]= activos.corrientest1 + activos.largo.plazot1
    BG[,15]= pasivos.corrientest1 + pasivos.largo.plazot1
    BG[,16]= patrimoniot1
    BG[,17]= activos.corrientest1 + activos.largo.plazot1 -pasivos.corrientest1 -
pasivos.largo.plazot1 - patrimoniot1
    BG[,18]= inversionest1

    dimnames(BG)=list(NULL,
                        c("Disponible", "Cuentas.cobrar", "Inventarios",
        "Propiedad.planta.equipo", "Cuentas.cobrar.largo.plazo",
        "Inventario.lp", "Proveedores", "Provisiones.corrientes",
        "Obligaciones.financieras.cp", "Obligaciones.financieras.lp", "Capital",
        "Reserva", "Ganancias.acumuladas", "Activos", "Pasivos","Patrimonio",
        "Validación", "Inversionest1"))

    return(BG)
```

Sexta, obtener el flujo de tesorería a partir de los resultados obtenidos en los pasos anteriores. La función correspondiente es *flujo.tesoreria*, que se detalla en el Código 4 - 6. Los parámetros que recibe esta función, son:

utilidadnetat1	Utilidad neta proyectada para el periodo t + 1.
Disponible	Valor del disponible en el periodo t.

disponiblet1	Valor del disponible en el periodo t + 1.
cuentasxcobrar	Cuentas por cobrar de deudores en el periodo t.
cuentasxcobrart1	Cuentas por cobrar de deudores en el periodo t + 1.
otrascuentasxcobrar	Otras cuentas por cobrar en el periodo t.
otrascuentasxcobrart1	Otras cuentas por cobrar en el periodo t + 1.
Inventario	Inventarios en el periodo t.
inventariot1	Inventarios en el periodo t + 1.
otrosactcorr	Otros activos corrientes en el periodo t.
otrosactcorrt1	Otros activos corrientes en el periodo t + 1.
ppe	Propiedad, planta y equipo en el periodo t.
ppet1	Propiedad, planta y equipo en el periodo t + 1.

Código 4-6: Función para proyectar el flujo de tesorería

```
flujo.tesoreria <- function(utilidadnetat1, disponible,disponiblet1,cuentasxcobrar,
                    cuentasxcobrart1, otrascuentasxcobrar, otrascuentasxcobrart1,
                      inventario, inventariot1,otrosactcorr,otrosactcorrt1,
                      ppe,ppet1,cxcobrarlp, cxcobrarlpt1, inversiones, inversionest1,
                      credito.tesoreria, obfincp, proveedores, proveedorest1, impuestos,
                      impuestost1,otrospascorr,otrospascorrt1,obfinlp, obfinlpt1,
                      capital, capitalt1, revalpatrimonio, revalpatrimoniot1, interescp)
{
    FT = matrix(,1,25)
    utilidad <- utilidadnetat1
    disponibleft <- disponiblet1 - disponible
    cuentasxcobrarft <- cuentasxcobrart1-cuentasxcobrar
    otrascuentasxcobrarft <- otrascuentasxcobrart1-otrascuentasxcobrar
    inventarioft <- inventariot1-inventario
    otrosactcorrft <- otrosactcorrt1-otrosactcorr
    activoscorrientes <- disponibleft+cuentasxcobrarft+otrascuentasxcobrarft+
     inventarioft+otrosactcorrft
    ppeft <- ppet1-ppe
    cxcobrarlpft <- cxcobrarlpt1-cxcobrarlp
    inversionesft <- inversionest1-inversiones
    activoslargoplazo <- ppeft+cxcobrarlpft+inversionesft
    obfincpft <- obfincp-credito.tesoreria
    proveedoresft <- proveedorest1-proveedores
    impuestosft <- impuestost1-impuestos
```

```
    otrospascorrft <- otrospascorrt1-otrospascorr
    pasivoscorrientes <- obfincpft +  proveedoresft + impuestosft + otrospascorrft
    obfinlpft <- obfinlpt1-obfinlp
    capitalft <- capitalt1- capital
    patrimonioft <- capitalft
    cajaperiodo <- utilidadnetat1 -  activoscorrientes - activoslargoplazo+
pasivoscorrientes + obfinlpft+patrimonioft
    cajainicial <- inversiones
    caja <- cajaperiodo + cajainicial
    if(caja<0){
      credito.tesoreria = -caja
    }
      else {
      credito.tesoreria = 0
      }
    cajafinal = cajaperiodo + cajainicial+credito.tesoreria
    costo_liquidez = credito.tesoreria*interescp
    FT[,1]= utilidad
    FT[,2]= disponibleft
    FT[,3]= cuentasxcobrarft
    FT[,4]= otrascuentasxcobrarft
    FT[,5]= inventarioft
    FT[,6]= otrosactcorrft
    FT[,7]= activoscorrientes
    FT[,8]= ppeft
    FT[,9]= cxcobrarlpft
    FT[,10]= inversionesft
    FT[,11]= activoslargoplazo
    FT[,12]= obfincpft
    FT[,13]= proveedoresft
    FT[,14]= impuestosft
    FT[,15]= otrospascorrft
    FT[,16]= pasivoscorrientes
    FT[,17]= obfinlpft
    FT[,18]= obfinlpft
    FT[,19]= capitalft
    FT[,20]= patrimonioft
    FT[,21]= cajaperiodo
    FT[,22]= cajainicial
    FT[,23]= credito.tesoreria
    FT[,24]= cajafinal
    FT[,25]= costo_liquidez
```

```
    dimnames(FT)=list(NULL,
                      c("Utilidad.neta", "Disponible", "Cuentasxcobrar",
"Otras.cuentasxcobrar","Inventario", "Otros.activos.corrientes", "Activos.corrientes",
"Propiedad.planta.equipo", "Cuentas.cobrar.lp", "Inversiones", "Activo.largo.plazo",
"Obligaciones.financieras.cp","Proveedores", "Impuestos", "Otros.pasivos.corrientes",
"Pasivos.corrientes", "Obligaciones.financieras.lp", "Pasivos.lp", "Capital","Patrimonio",
"Flujo.caja.periodo", "Flujo.caja.inicial", "Credito.tesoreria", "Flujo.caja",
“Costo.liquidez”))
    return(FT)

}
```

cxcobrarlpt	Cuentas comerciales por cobrar y otras cuentas por cobrar no corrientes en el periodo t + 1.
inversiones	Inversiones en el periodo t.
inversionest1	Inversiones en el periodo t + 1.
obfincp	Obligaciones financieras de corto plazo vigentes en el periodo t.
credito.tesoreria	Crédito de tesorería estimado para el periodo t + 1.
proveedores	Proveedores en el periodo t.
proveedorest1	Proveedores en el periodo t + 1.
Impuestos	Impuestos en el periodo t.
impuestost1	Impuestos en el periodo t + 1.
otrospascorr	Otros pasivos corrientes en el periodo t.
otrospascorrt1	Otros pasivos corrientes en el periodo t + 1.
Obfinlp	Obligaciones financieras de largo plazo en el periodo t.
obfinlpt1	Obligaciones financieras de largo plazo proyectadas en el periodo t + 1.
Capital	Capital en el periodo t.
capitalt1	Capital proyectado en el periodo t + 1.
Revalpatrimonio	Revalorización del patrimonio en el periodo t.

revalpatrimoniot1 Revalorización del patrimonio proyectado en el periodo t + 1.

Interescp Interés estimado para la deuda de corto plazo.

Séptima, partiendo de las funciones anteriores es posible obtener las medidas de valor en riesgo corporativo. En el Código 3 – 7 se ilustra la forma de obtener el EaR.

Código 4-7: Cálculo de las utilidades en riesgo

```
 Estado_resultados= matrix(,10000,10)
j=1
i=1
for(j in 1:iteraciones)  {
  for (i in 1:10)   {
     Estado_resultados[j,] <-estimar.er(matriz_rendimientos[j,6],
matriz_rendimientos[j,1], matriz_rendimientos[j,4], matriz_rendimientos[j,3],
matriz_rendimientos[j,2], base$Ingresost, base$Costo_ventast, base$Gasto_ventast,
                                base$Gasto_admont , Balance ,deuda[j,3] ,0 ,
                                deuda[j,6] )
  }
}
data.ER <- data.frame(Estado_resultados)
EaR_95 = quantile(data.ER$X10,0.05)
EaR_mean = mean(data.ER$X10)
hist(data.ER$X10,400,col="lightblue",border = "darkblue", main="Distribución de
probabilidad de la utilidad neta",xlab = "Utilidad",                    # título del
eje x
    ylab = "Frecuencia", xlim=c(-200000, 300000))
abline(v=EaR_95, col="black",lwd=2)
abline(v=EaR_mean, col="black",lwd=2 )
summary(data.ER$X10)
```

4.2 Prueba del modelo de valor en riesgo corporativo

Una vez implementado el modelo para la medición del valor en riesgo corporativo, se procede a validarlo, a través de la aplicación al sector construcción. Como se describe en la metodología para calcular el valor en riesgo corporativo, es necesario pronosticar los diferentes estados de resultados de la empresa, tales como: estado de resultados, balance general y flujo de caja, para el próximo periodo.

Los datos disponibles para el análisis corresponden a la información de situación financiera y estados de flujos de efectivo para los periodos 2017, 2018, 2019 y 2020 de una empresa del sector construcción en Colombia, dicha información se obtuvo del Sistema de Integrado de Información Societaria de la Superintendencia de Sociedades; a partir de la cual se diseñó el modelo financiero que se describe en el Capítulo 3.

El Capítulo 3 desarrolla los pasos preliminares requeridos para aplicar la metodología de valor en riesgo corporativo, que comprende el ajuste de las distribuciones de probabilidad para cada uno de los factores de riesgo. El resumen de los resultados obtenidos se detalla en la Tabla 3-1:

Tabla 4-1: Distribuciones de probabilidad de los factores de riesgo

Factor de riesgo	Distribución
Índice de precios del consumidor	Logística
Tasa representativa del mercado	Logística
Tasa de interés (DTF)	Normal
Índice de costos de construcción de vivienda	Logística
Tasa Interbancaria (TIB)	Normal Inversa Gaussiana
Producto Interno Bruto (PIB)	Normal Inversa Gaussiana

Fuente: Elaboración propia

Luego, se calculó la matriz de correlaciones entre los rendimientos de los factores de riesgo (**Tabla 4-2).**

Tabla 4-2: Matriz de correlaciones de los factores de riesgo

	IPC	TRM	DTF	ICCV	TIB	PIB
IPC	1	0.134	0.404	0.164	0.346	-0.141
TRM	0.134	1	0.071	-0.141	0.031	-0.159
DTF	0.404	0.071	1	0.202	0.559	-0.130
ICCV	0.164	-0.141	0.202	1	0.217	-0.152
TIB	0.346	0.031	0.559	0.217	1	-0.073
PIB	-0.141	-0.159	-0.130	-0.152	-0.073	1

Fuente: elaboración propia en R

A partir de la matriz de correlaciones, se aplicó la descomposición de Cholesky, obteniendo una matriz de *nxn* donde n corresponde al número de factores de riesgo (Tabla **4-3)**

Tabla 4-3: Matriz de Cholesky serie de rendimientos

	IPC	TRM	DTF	ICCV	TIB	PIB
IPC	1	0	0	0	0	0
TRM	0.134	0.991	0	0	0	0
DTF	0.404	0.017	0.907	0	0	0
ICCV	0.164	-0.164	0.153	0.988	0	0
TIB	0.346	-0.016	0.462	0.088	0.473	0
PIB	-0.141	-0.141	-0.078	-0.142	0.047	0.965

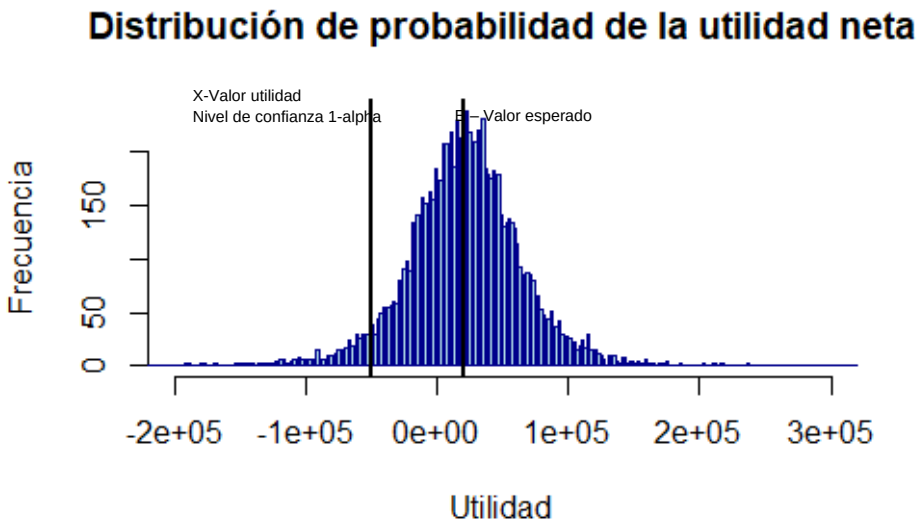
Fuente: elaboración propia en R

El siguiente consistió en generar una matriz aleatorios independientes, de dimensión *mxn*, donde *m* es la cantidad de números aleatorios independientes y *n* es el número de factores de riesgo. Es así, como a partir de la matriz de Cholesky y de la matriz de números aleatorios independientes es posible obtener números aleatorios correlacionados (Medina & Restrepo, 2013).

Según (Medina & Restrepo, 2013) el objetivo de obtener los números aleatorios correlacionados es porque estos reproducen la correlación histórica que hay entre los factores de riesgo y se emplea para alimentar las distribuciones de probabilidad inversas para calcular los precios aleatorios (factores de riesgo). Finalmente, después de generar los precios aleatorios, a partir de ellos se procede a calcular el estado de resultados bajo cada escenario obtenido lo cual es el fundamento para calcular la distribución de probabilidad de la utilidad y a su vez la utilidad en riesgo.

En la Figura 4-1 se observa como el valor esperado de la utilidad para el 2021 es de 20.354 millones COP y con un nivel de confianza del 95% la utilidad puede generar pérdidas de 49.386 millones COP. Finalmente, la pérdida máxima en utilidad, sería de EaR=20.354-(-49.386) = 69.740 millones COP.

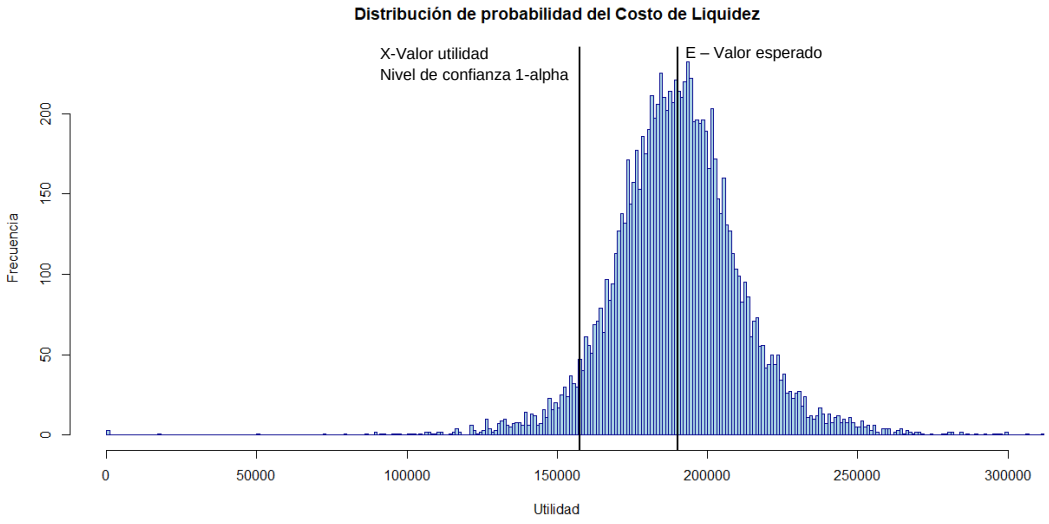
Figura 4-1: Distribución de probabilidad utilidad neta



Fuente: elaboración propia en R.

Además, se calculó la distribución de probabilidad del costo de liquidez para el 2021, se obtuvo que el valor esperado es de 190.108 millones COP y con un nivel de confianza del 95% la utilidad puede generar pérdidas de 157.423 millones COP. Finalmente, la pérdida máxima en costo de liquidez =190.108 -157.423 = 32.685 millones COP.

Figura 4-2: Distribución de probabilidad costo de liquidez



Fuente: elaboración propia en R.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

5.1.1 Objetivo 1. Caracterizar el procedimiento para la medición del valor en riesgo corporativo a partir de la utilidad en riesgo (Earnings at Risk - EaR).

En el capítulo 2 se describen cada uno de los pasos requeridos para efectuar la medición del valor en riesgo corporativo, a partir de los estados financieros de la empresa. Además, se presentan algunos enfoques empleados para medir el valor en riesgo corporativo, que han surgido a partir del enfoque Bottom Up, que es el que se implementó para efectos de este trabajo.

5.1.2 Objetivo 2. Caracterizar las variables del sector de la construcción para la medición del valor en riesgo corporativo.

A través de la metodología de análisis de información, se identificaron las variables macroeconómicas, que para efectos de este trabajo son los factores de riesgo que tienen un efecto en los resultados financieros de la empresa. Para el caso de estudio, se encontró que variables como el Producto Interno Bruto – PIB, Tasa Representativa del Mercado – TRM, Índice de Precios del Consumidor – IPC, Índice de Costos de Construcción de Vivienda – ICCV, entre otras; afectan algunos de las cuentas que componen los diferentes estados financieros en el sector de la construcción. Posteriormente, se realizó el análisis de cada una de las variables con el fin de ajustar las distribuciones de probabilidad que en general se ajustaron a la distribución normal, logística y normal inversa gaussiana.

5.1.3 Objetivo 3. Implementar un algoritmo para la medición del valor en riesgo corporativo a partir de la utilidad en riesgo (Earnings at Risk - EaR).

En este trabajo se implementa el modelo para la medición del valor en riesgo corporativo, a través de las utilidades en riesgo. En esta fase, es fundamental entender a profundidad la metodología a implementar y cada una de las ecuaciones del modelo. En la medida que se logre complementar y ajustar la implementación de este modelo en R y otros lenguajes de programación de licencia gratuita se podrá suministrar herramientas a las empresas para el análisis de los efectos de los cambios en el entorno económico y del entorno en general; que permitan la generación de planes de acción con el fin de prepararse ante una eventual exposición al riesgo y efectuar una adecuada toma de decisiones basadas en riesgos.

5.1.4 Objetivo 4. Validar la implementación para la medición del valor en riesgo corporativo para el sector construcción.

En el capítulo 4 una vez detallada la implementación del modelo, se presentan los resultados de su aplicación al sector de la construcción, para el caso de estudio se analiza el indicador de la utilidad y se cuantifica la pérdida máxima tolerable, es decir, *EaR* con un nivel de confianza del 95%. En este caso en particular el modelo arroja que la utilidad en riesgo es de 69.740 millones COP. Finalmente, a partir de esta metodología es posible analizar diferentes indicadores de la empresa como el flujo de caja en riesgo, el EBITDA en riesgo, entre otros.

5.2 Recomendaciones

Este trabajo presenta una serie de limitaciones que pueden ser el punto de partida para futuros trabajos de investigación. En primer lugar, el trabajo desarrollado se enfocó en el caso particular del sector económico de la construcción, por lo tanto, los estados financieros proforma adoptados, si bien sirven de base para el desarrollo de modelos para otros sectores económicos, es una oportunidad para diseñar una metodología e implementación genérica que tenga posea la flexibilidad para aplicarse a diferentes sectores de la economía.

En segundo lugar, este trabajo se enfocó en el cálculo de las utilidades en riesgo *(EaR),* con lo cual resulta interesante que en futuros trabajos se complemente la implementación analizando otros resultados financieros de la empresa como el EBITDA en riesgo, el Flujo de Caja Libre en riesgo, entre otros.

Bibliografía

Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL. (2021). *Contexto nacional e internacional de los costos de construcción de vivienda.* Bogotá: CAMACOL.

Andren, N., Jankensgård, H., & Oxelheim, L. (2005). Exposure-Based Cash-Flow-at-Risk: An Alternative to VaR for Industrial Companies. (76-86, Ed.) *Journal of Applied Corporate Finance, 17*(3).

Banco de la República de Colombia. (s.f.). *Banco de la República de Colombia*. Recuperado el 01 de 11 de 2021, de https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc

Bravo Mendoza, O., & Sánchez Celis, M. (2012). *Gestión integral del riesgo - Tomo I* (4 ed.). Colombia: Bravo & Sánchez, EU.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (s.f.). *DANE*. Recuperado el 01 de 11 de 2021, de https://www.dane.gov.co/

Florez Rios, L. S., & Moscoso Escobar, J. (2009). Metodología para la medición del valor en riesgo corporativo en las empresas colombianas. *Contaduría Universidad de Antioquia, 55*, 203-221.

García Rendón, J., Díaz, S., Upegui, J. C., & Velásquez, H. (2019). Determinantes del precio de la vivienda nueva en Medellín: Un modelo estructural. *Cuadernos de Economía, 37*(76), 109-136.

Gentili, L., Giacomello, B., Girardi, D., & Grasselli, M. (2018). A Dynamic Model for Cash Flow at Risk.

International Organization for Standardization. (2009). ISO 31010. Risk Management-Risk Assesment. Suiza: ISO.

Jorion, P. (2007). *Value At Risk-The New Benchmark For Managing Financial Risk.* New York: McGraw-Hill.

Lee, A. (1999). *CorporateMetrics Technical Document.* RiskMetrics Group.

Medina Hurtado, S., & Restrepo Morales, J. A. (2012). Estimación de la utilidad en riesgo de una empresa de transmisión de energía eléctrica considerando variables económicas. *Cuadernos de economía, 32*(59), 103-137.

Medina, S., & Restrepo, J. A. (enero-junio de 2013). Estimación de la utilidad en riesgo de una empresa de transmisión de energía considerando variables económicas. *Cuadernos de economía, 32*(59), 103-138.

Mejía Quijano, R. C. (2013). *Identificación de riesgos.* Medellín: Fondo Editorial Universidad Eafit.

Moscoso Escobar, J., & Flórez Ríos, L. S. (2009). Metodología para la medición del valor en riesgo en las empresas colombianas. *Contaduría*, 203-221.

Quiroz Porras, O. (2019). OFERTA DE VIVIENDA NUEVA: Fundamentales macroeconómicos y perspectivas. *Estudios económicos Camacol*, 1-14.

Rojas López, M. D., Roberto Arango, C., & Bastidas, L. (2016). Modelamiento del ciclo de la construcción en Colombia mediante dinámica de sistemas. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 15*(29), 43-62.

Salinas, J. J. (Abril de 2009). Metodologías de medición del riesgo de mercado. *Innovar, 19*(34), 187-199. Obtenido de www.scielo.org.co

SCRIBD. (s.f.). Obtenido de Factorización de Cholesky Con R - Rstudio: https://www.scribd.com/document/522884594/FACTORIZACION-DE-CHOLESKY-CON-R-RSTUDIO

Stein, J., Usher, S., & Youngen, J. (2001). A comparables approach to measuring cashflow-at-risk for non- financial firms. *BANK OF AMERICA - JOURNAL OF APPLIED CORPORATE FINANCE, 13*(4), 8.17.

Velez - Pareja, I. (10 de Febrero de 2006). Velez-Pareja, Ignacio, 5 Data for Forecasting Financial Statements (February 10, 2006). Available at SSRN:

https://ssrn.com/abstract=882870 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.882870. Obtenido de https://ssrn.com/abstract=882870

Villa, F., Velásquez, J. D., & Sánchez, P. (2011). ¿Cómo Implementar un Modelo de Volatilidad usando Lenguaje R? *Lámpsakos, 3*(6).