

**MEDICIÓN Y GESTIÓN DEL RIESGO DE CRÉDITO: PROYECTO VIVIENDA,  
COMPAÑÍA SECTOR CONSTRUCTOR**

**CREDIT RISK MEASUREMENT AND MANAGEMENT: HOUSING PROJECT,  
CONSTRUCTION SECTOR COMPANIES**

**DIANA CAROLINA VELEZ MARTÍNEZ**

**MARÍA ALEJANDRA GARCÍA RUEDA**

**UNIVERSIDAD EAFIT**

**ESCUELA DE FINANZAS, ECONOMÍA Y GOBIERNO**

**MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**

**BOGOTÁ D.C – 2024**

**MEDICIÓN Y GESTIÓN DEL RIESGO DE CRÉDITO: PROYECTO VIVIENDA,  
COMPAÑÍA SECTOR CONSTRUCTOR**

**CREDIT RISK MEASUREMENT AND MANAGEMENT: HOUSING PROJECT,  
CONSTRUCTION SECTOR COMPANIES**

Trabajo de grado para obtener el título de Magister en Administración Financiera

**DIANA CAROLINA VELEZ MARTÍNEZ**

**MARÍA ALEJANDRA GARCÍA RUEDA**

**Asesor: GUSTAVO SÁNCHEZ RIBERO**

**UNIVERSIDAD EAFIT**

**ESCUELA DE FINANZAS, ECONOMÍA Y GOBIERNO**

**MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**

**BOGOTÁ D.C – 2024**

## **AGRADECIMIENTO Y DEDICATORIA**

El más profundo agradecimiento a nuestras familias por el apoyo incondicional en estos años de estudio y acompañarnos en este reto tan importante en nuestra vida académica. Adicionalmente, gracias al tutor, profesor Gustavo, por orientarnos en este camino.

## **RESUMEN**

El estudio pretende establecer una metodología para estimar el riesgo de crédito en los proyectos de construcción de vivienda que ejecutan las compañías del sector constructor en Colombia, considerando los retos que enfrentan en la actualidad. Para ello se realizó una búsqueda de las diferentes metodologías implementadas para la medición del riesgo de crédito, tanto en Colombia como en otros países. En este sentido, se tomó como referencia las que mayor nivel de predicción arrojan, y a su vez que fuesen aplicadas al sector constructor. De esta manera, se propone una metodología que permita conocer si un proyecto de una compañía del sector está en riesgo o no de caer en default y de la posibilidad, a su vez, de identificar cuáles son las variables que debe gestionar para mitigar dicho riesgo.

**Palabras clave:** Riesgo de crédito, construcción, metodologías, indicadores, insolvencia.

## **ABSTRACT**

Considering the difficulties that companies in the construction industry in Colombia are currently facing, the study aims to develop a method for assessing credit risk in housing construction projects. For this purpose, a search was made of the different methodologies implemented for the measurement of credit risk, both in Colombia and in other countries, taking as a reference those that show the highest level of prediction, and at the same time that were applied to the construction sector, in order to propose a methodology that allows knowing whether a project of a company in this sector is at risk or not of default and allows it to identify which variables should be managed to mitigate such risk.

**Key words:** Credit risk, construction, methodologies, indicators, insolvency.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1	INTRODUCCIÓN .....	10
1.2	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	17
1.2.1	<i>Objetivo General.....</i>	17
1.2.2	<i>Objetivos específicos .....</i>	17
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1	METODOLOGÍAS .....	20
2.1.1	<i>Altman Z-score: .....</i>	20
2.1.2	<i>Logit.....</i>	21
2.1.3	<i>Probit.....</i>	22
2.1.4	<i>Monte Carlo.....</i>	22
2.2	VARIABLES.....	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>26</b>
3.1	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES A SENSIBILIZAR.....	28
3.1.1	<i>Variables macroeconómicas.....</i>	28
3.1.2	<i>Variables sectoriales.....</i>	29
3.1.3	<i>Variables de Mercado.....</i>	31
3.2	MODELACIÓN DE ANÁLISIS BAJO UNA ESTRUCTURA DE FLUJO DE CAJA.....	31
3.3	ESTIMACIÓN DE LOS INDICADORES.....	34
3.4	ANÁLISIS Y DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES .....	36
3.5	SIMULACIÓN DE MONTE CARLO.....	37
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
4.1	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	39

4.1.1	<i>Promedio del DSCR</i> .....	39
4.1.2	<i>Valor Presente de los Flujos</i> .....	40
4.2	PROBABILIDAD DE INCUMPLIMIENTO.....	41
4.2.1	<i>Promedio del DSCR</i> .....	41
4.2.2	<i>Valor Presente de los Flujos</i> .....	42
4.3	VALOR PRESENTE DE LOS FLUJOS DE CAJA OPERACIONAL .....	43
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>45</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	45
5.2	RECOMENDACIONES .....	46
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>47</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 PROYECCIÓN PIB TOTAL .....	12
FIGURA 2 NÚMERO DE DESEMBOLSOS PARA ADQUISICIÓN DE VIVIENDA NUEVA Y USADA ACUMULADO DOCE MESES TRIMESTRAL. 13	
FIGURA 3 METODOLOGÍA ESTIMACIÓN RIESGO DE CRÉDITO PROYECTO VIVIENDA .....	26
FIGURA 4 INFLACIÓN VS INCREMENTO SALARIO .....	29
FIGURA 5 PONDERACIÓN ICOCED EN VIS .....	30
FIGURA 6 ESTRUCTURA DEL FLUJO DE CAJA .....	33
FIGURA 7 FLUJO DE CAJA OPERACIONAL DEL PROYECTO TIPO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN .....	34
FIGURA 8 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD .....	37
FIGURA 9 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PROMEDIO DEL DSCR .....	39
FIGURA 10 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD VALOR PRESENTE DE LOS FLUJOS .....	41
FIGURA 11 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PROMEDIO DEL DSCR .....	41
FIGURA 12 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD VALOR PRESENTE DE LOS FLUJOS .....	42
FIGURA 13 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD FCD .....	44

## **ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1 SUPUESTOS Y PARÁMETROS GENERALES DEL PROYECTO.....	27
TABLA 2 INDICADOR DE COBERTURA DE LA DEUDA.....	35
TABLA 3 VARIABLES Y FUNCIONES DE PROBABILIDAD.....	37

## 1 Introducción

### 1.1 Introducción

La medición y análisis del riesgo de crédito cada vez reviste mayor importancia para el sector constructor en las diferentes economías del mundo. El diario Oxford Economics (2021), reveló que, durante el 2020, esta industria alcanzó un asombroso tamaño de mercado de 10,7 billones de USD, y se estimó además que para el 2030, supere los 15,2 billones (págs. 27-30). En Colombia por su parte, el sector constructor reviste de alta importancia al tener una relación directa con el desempeño de la economía, como lo destacó la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol, 2021), al señalar que este sector se caracteriza por ser uno de los líderes de la reactivación económica del país tras la pandemia COVID-19, tiene una alta intensidad de demanda de mano de obra, y adicionalmente revela datos que denotan el impacto e importancia de este sector para la economía:

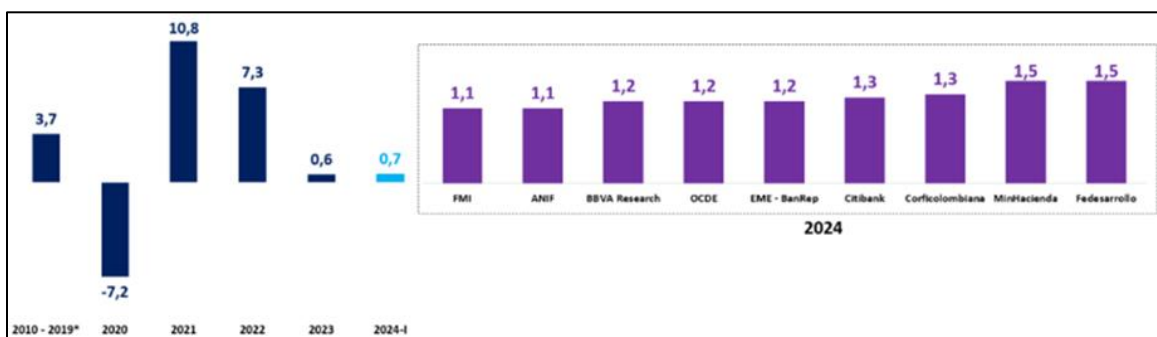
“1 de cada 5 colombianos trabaja de manera directa o indirecta para el sector de la construcción o su cadena de valor; el sector de la construcción, con cada proyecto, con cada vivienda, con cada metro cuadrado que construye, mueve 36 sectores de la economía, eso es más de la mitad del aparato productivo del país y de las regiones y finalmente uno de cada 4 pesos de inversión que se da en el país y sus regiones, está asociado con el sector de la construcción, ya sea desde los hogares o desde la perspectiva empresarial” (pág. 1).

Lo anterior demuestra, el gran papel que desempeña el sector constructor y su relevancia a la hora de analizar su dinámica y cómo esta tiene un efecto positivo o negativo en los resultados del país de acuerdo con su comportamiento. De allí, nace la necesidad de explorar nuevos modelos que estudien más a profundidad su comportamiento y las variables que inciden a la hora de medir

el riesgo de crédito. Para ello, el presente estudio, a partir del análisis de los modelos de medición e identificación de riesgo de crédito que se han desarrollado previamente, busca construir una metodología a través de un modelo mixto, es decir, que no solo contenga un enfoque financiero, sino que a su vez, logre incorporar el entorno macroeconómico y sectorial al que están expuestas las compañías constructoras y sus proyectos de vivienda. En este sentido, a partir de ello, con las simulaciones que permite el modelo de Monte Carlo, analizar cuáles son las variables que mayor nivel de predicción de quiebra representan; y con su identificación se logre gestionar mejor los riesgos de este tipo de proyectos, que tanto impactan la economía Colombiana.

El sector constructor en Colombia viene experimentando desde el 2023 un comportamiento preocupante por la dificultad en la reactivación del sector y pocas dinámicas que permitan cambiar la tendencia de sus resultados negativos en los últimos meses. Camacol (Cámara Colombiana de la Construcción), por su parte en el informe económico publicado el 27 de mayo de 2024, recoge en uno de sus apartados los principales indicadores macroeconómicos y sectoriales, donde muestra que, al cierre del 2023, se registra un crecimiento positivo del PIB con respecto al 2022 del 0,6 por ciento., Sin embargo, este resulta ser el más bajo de los últimos 15 años con excepción del reporte del 2020, tras la pandemia COVID-19. El crecimiento bajo del 2023 viene afectado principalmente por la contracción de los sectores industria (-3,6%), comercio (-2,8%) y construcción (-4,1%), donde tanto el subsector de obras civiles como edificaciones, cerraron el año con cambios negativos (Camacol, 2024).

**Figura 1** Proyección PIB Total



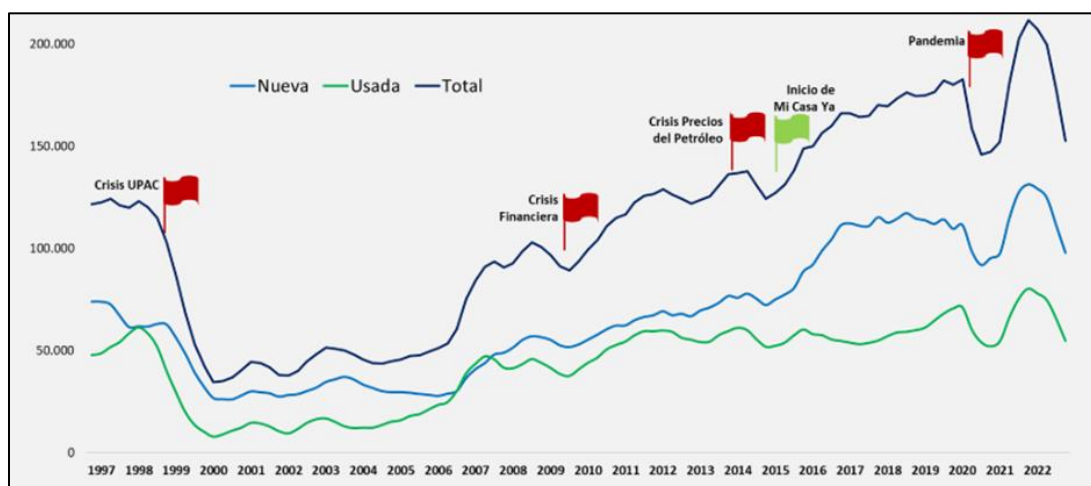
**Nota.** DANE; ANIF: Panorama ANIF, abril 2024; Corficolombiana: Proyecciones económicas 2024, abril 2024; Banco de la República: Encuesta mensual de expectativas de analistas económicos (EME), abril 2024; Fedesarrollo: Prospectiva Económica, marzo 2024; Citibank: Encuesta de expectativas de analistas de mercados financieros; FMI: World Economic Outlook, abril 2024; Ministerio de Hacienda: comunicado de prensa, febrero 2024; BBVA Research: Informe Situación Colombia; OCDE: Economic Outlook, mayo 2024; elaboración Camacol.

Frente a la inflación, la economía colombiana tuvo una alta presión inflacionaria durante el 2022 e inicios del 2023, llegando a marzo del 2023 a máximos históricos en los últimos 23 años, de 13,34 por ciento de acuerdo con cifras oficiales reportadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Tal inflación de la mano con los altos costos de construcción de vivienda, afectaron considerablemente al sector y su dinámica. Solo hasta después de abril del 2023, viene decreciendo y aliviando la estructura de costos de los constructores y la puesta en marcha de sus proyectos. Como contención a la inflación, la tasa de intervención de la política monetaria del país llegó a sus máximos históricos (13,25 por ciento la más alta en los últimos 24 años según cifras reportadas por el Banco de la República), que se traduce en altos costos de financiación para los constructores y los futuros propietarios de vivienda que acceden al sistema financiero para fondar la compra de sus inmuebles.

Esta tendencia desde finales del 2023 viene cediendo, y tanto el constructor como consumidor, esperan una caída de la tasa sostenida en el 2024 que permita aliviar los costos y un mayor acceso a más fuentes de financiación para garantizar el pago a terceros y la continuidad de los proyectos. Precisamente, la sostenibilidad se ha visto comprometida y en muchos casos las

constructoras han decidido abortar los proyectos, o tener fuertes descalces en la caja por las presiones que tiene el sector. Como se mencionó, el alto costo de financiación que viene marcando la economía colombiana tras altos niveles inflacionarios se refleja en el decreciente número de desembolsos para adquisición de vivienda, como se puede observar en la Figura 2 publicada por Camacol. Al tener tasas de intervención del Banco de la República aún a dos dígitos (10.75%, último reporte del Banco de la República del 31 de julio), desincentiva el acceso a créditos para la compra de vivienda, donde si bien hubo una súbita demanda en el 2021, la caída es igual de pronunciada durante el 2022, año donde se hace presente la inflación y las altas tasas de financiación.

**Figura 2** Número de desembolsos para adquisición de vivienda nueva y usada acumulado doce meses trimestral



*Nota.* Informe Económico 116 Camacol (Camacol, Informe Económico 116, 2023).

La importancia de analizar el sector constructor y las variables que inciden en su desarrollo, radican en varios aspectos, incluyendo en primera instancia su impacto significativo en el Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia. En 2021, el PIB nacional creció un 10.8 por ciento, mientras que el sector de la construcción registró un crecimiento del 5.7 por ciento, y el subsector de edificaciones aumentó un 11.6 por ciento. Para 2022, el PIB creció un 7.3%, con un incremento del 6.4% en el sector constructor y del 11.8% en el subsector de edificaciones. Esta tendencia

continuó en 2023, donde se observó una desaceleración del PIB nacional, que decreció junto con el sector de la construcción, el cual experimentó una caída del -4.1 por ciento. Se trata de una correlación directa como lo refiere Camacol (2023) “estas cifras reafirman que el sector constructor y edificaciones son uno de los grandes impulsores en la actividad productiva y desarrollo económico del país”, donde la tendencia de la economía se refleja en los resultados de las constructoras y desarrollo de sus proyectos.

Otro de los aspectos donde se hace notoria la importancia del sector, está asociado a la generación de empleo del país. De acuerdo con los datos revelados por el Departamento Nacional de Estadística (DANE) para diciembre del 2022 y publicados por Camacol, el sector constructor promovió el ascenso del número de ocupados del país, en un 8.8 por ciento comparado con diciembre del año anterior. Esto debido al creciente volumen de ventas que se generó durante el 2021 y 2022 (Camacol, 2024), de la mano de los esfuerzos del Gobierno Nacional por reactivar la economía postpandemia, a través de mayores incentivos en el programa Mi Casa Ya (programa que consiste en el otorgamiento de subsidios para la compra de vivienda), donde de acuerdo con cifras reveladas por Camacol, este ha permitido que 250.000 hogares hoy cuenten con una vivienda digna (Espinosa, 2024).

Finalmente, uno de los indicadores que enfrenta grandes brechas en el país y que ha captado la atención de los gobiernos es el déficit habitacional, donde el sector constructor se convierte en el principal promotor y aliado para disminuirlo. El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) es la entidad encargada de medir este déficit desde 2020, permitiendo cuantificar la necesidad de nuevas viviendas en Colombia. Esta medición se realiza tanto a nivel cuantitativo como cualitativo, proporcionando una visión integral de las carencias habitacionales en el país, de acuerdo con lo que describe el DANE (2021):

“En el déficit cuantitativo se identifican hogares que habitan en viviendas que presentan deficiencias estructurales y que por esta razón no cumplen con los estándares que garanticen su habitabilidad. [Mientras que, a través del] (...) déficit cualitativo, se identifican aquellos hogares que habitan en viviendas con deficiencias que no son de carácter estructural, para las cuales es posible realizar ajustes o algún tipo de intervención para dar solución a ese tipo de problemas (pág. 3)”.

En 2019, el déficit habitacional en Colombia se situaba en el 32.8 por ciento. Desde entonces, ha mostrado una tendencia a la baja, reduciéndose a un 30.4 por ciento para el año 2022, tras los buenos resultados tanto en ventas como en iniciaciones de obra que mostró el país, lo que representa una disminución de 2.4 puntos porcentuales. Aunque este descenso es un indicio positivo, sigue siendo insuficiente, ya que, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), este 30.4 por ciento equivale a más de 5 millones de hogares que aún no tienen acceso a una vivienda digna. En respuesta a esta situación, Guillermo Herrera, presidente actual de la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), ha destacado que, para eliminar el déficit cuantitativo en los próximos diez años, será necesario construir aproximadamente 520,000 viviendas anuales. Este objetivo representa un desafío significativo para el país, considerando que, en el mejor año para el sector constructor en Colombia (2013), se lograron construir 270,000 viviendas, lo que equivale a solo el 52 por ciento de las viviendas requeridas anualmente para enfrentar dicha problemática (Lugo, 2024).

Como se describió anteriormente, el sector constructor reviste alta relevancia para la economía colombiana, ya que es uno de los principales sectores de la economía, de la mano con industria y comercio, que impulsan el desarrollo económico del país. Sin embargo, el entorno macroeconómico en el que se desenvuelve el sector constructor es desafiante, con retos en

diferentes aspectos: macroeconómicos, financieros, comerciales y de liquidez. Es precisamente, allí donde se evidencia una desaceleración de la economía y el consumo de bienes como la finca raíz. Esta dinámica viene materializándose desde el año 2023, poniendo en riesgo la estabilidad económica de muchas compañías del sector como lo expone la revista La República (2023), en donde comenta que 458 constructoras de edificios y obras civiles en Colombia entraron en insolvencia (pág. 1).

Con base en lo anterior, nace la necesidad por parte de las compañías de identificar, medir y mitigar a tiempo los diferentes riesgos a los que están expuestas. De acuerdo con Basilea, entre los riesgos más importantes se encuentran:

- **Riesgo de mercado:** referente a las pérdidas dentro de la compañía causadas por fluctuaciones del mercado. Específicamente, para el sector constructor está relacionado, entre otras con la variación de los precios de los materiales como el acero, el concreto y el cemento, por nombrar algunos insumos. Además, de presiones al alza por incrementos en la tasa de cambio de los países de donde se importan dichos insumos.
- **Riesgo operativo:** posible pérdida resultante de una falta o un fallo de los procesos; en las constructoras. Un ejemplo de este riesgo se relaciona con fallas humanas durante la ejecución de los proyectos.
- **Riesgo de liquidez:** se causa cuando la entidad no puede atender sus obligaciones de pago a corto plazo, debido a la incapacidad de obtener liquidez a través de sus activos. En el sector constructor, por ejemplo, se evidencia este riesgo, cuando el constructor incumple los pagos a proveedores y/o trabajadores.

- **Riesgo de crédito:** es la probabilidad de incumplimiento de las obligaciones en un horizonte de tiempo. En caso de desequilibrio financiero, la compañía podría verse obligada a una cesación de pagos y, en consecuencia, hacer default en los compromisos adquiridos, con clientes, inversionistas, proveedores, entre otros.

La literatura proporciona diversas metodologías para la evaluación de riesgos, razón por la cual, en el presente estudio, se busca realizar un análisis del riesgo de crédito y las metodologías utilizadas para su estimación. A su vez, se pretende identificar y comprender cuáles son las principales variables del sector de la construcción que influyen en la probabilidad de incumplimiento, la cual determina y cuantifica el riesgo de no cumplir con obligaciones futuras. Lo anterior, teniendo en cuenta que es de gran importancia e impacto para la economía y el país, lograr que este tipo de compañías puedan ser sostenibles en el tiempo y que de manera temprana puedan gestionar los riesgos a los cuales se enfrentan.

## **1.2 Objetivos generales y específicos**

### **1.2.1 *Objetivo General***

Desarrollar una metodología que permita la estimación y gestión del riesgo de crédito en proyectos del sector constructor en Colombia.

### **1.2.2 *Objetivos específicos***

- Realizar un análisis sectorial, que permita conocer las variables y los retos que enfrentan las empresas de construcción en Colombia.
- Identificar desde la literatura y estudios previos cuáles son los *drivers* para considerar en la gestión del riesgo de crédito, en especial en las compañías del sector constructor.

- Construir y aplicar la metodología propuesta en un proyecto de vivienda (Proyecto VIS, modelo tipo), para medir la probabilidad de default.
- Establecer recomendaciones para la gestión del riesgo de crédito, que permitan una mejor toma de decisiones y gestión del riesgo al interior de las compañías.
- Identificar elementos relevantes para la decisión de asignación de recursos de crédito por parte de las entidades financieras, proponiendo una mejora en el análisis de crédito de los proyectos de vivienda.

## 2 Marco Teórico

Durante los últimos 90 años se han desarrollado diferentes modelos estadísticos relacionados con la probabilidad de default, y por consiguiente, el riesgo de crédito. Estos modelos parten del comportamiento de ciertos indicadores para determinar si una compañía tiene probabilidad de quiebra. Según Wang, Li, Skitmorre y Chen (2024), en una muestra de 1.888 artículos (desde 1.977 hasta 2022) sobre la insolvencia de empresas del sector de la construcción, se pudo identificar que entre los modelos más utilizados se encuentra Altman Z-score (1968) actividad (pág. 8).

Si bien dicho modelo resulta ser uno de los más usados a la hora de predecir el riesgo de crédito, durante la década de los 80 y 90 se desarrollaron otros que han sido ampliamente estudiados con éxito, los cuales corresponden a los modelos Probit, Logit y redes neuronales. Estos han sido abordados, entre otros, por Ohlson (1980), Gentry, Newbold & Whitford (1985), Basch y Montenegro (1989), Theodossiu (1991), Narváz (1994), Platt, Platt & Gunnar (1994), Mora (1994), Boritz et al. (1995), Episcopos (1996), Almeida & Siqueira (1997), Gallizo & Serrano (1998), Golinski (1998), de acuerdo con lo referido en el estudio asociado a modelos predictivos en el sector de la construcción de Colombia, elaborado por García (2023).

A continuación, se abordarán algunas de las metodologías que se han explorado para la medición del riesgo de crédito, las cuales sirven como base para la definición y puesta en marcha de la metodología objeto de este estudio. Se incluye además, un apartado de las variables que se han usado en diferentes estudios para medir el riesgo de crédito.

## 2.1 Metodologías

### 2.1.1 *Altman Z-score:*

El modelo Altman es una metodología que permite predecir la insolvencia de una compañía a partir del análisis discriminante múltiple ADM, tomando como base cinco categorías de indicadores financieros: rentabilidad, liquidez, apalancamiento, solvencia y ratios de actividad. Según Scherger, Terceño y Vigier, (2018) “La selección de las ratios se realiza con base a la popularidad y su potencial relevancia para el modelo”. Así mismo, Scherger, Terceño y Vigier, (2018) explican que si el resultado de la función es inferior a 1,81, se entiende que hay una alta probabilidad de quiebra. Si se encuentra entre 1,81 y 3 es una empresa con un riesgo medio y si es mayor a 3 el resultado, tiene una baja probabilidad. Vale la pena anotar que este modelo tiene una capacidad de predicción del 96 por ciento para empresas quebradas (pág. 158). Altman por su parte desarrolló posterior a su modelo inicial, dos modelos adicionales que se ajustaran mejor a las realidades de las compañías, uno para empresas que no cotizaran en bolsa y otro para empresas no manufactureras, donde se evidenció el alto nivel de predicción de quiebra un año antes de que esta ocurriera (96%).

Cabe destacar que en el estudio de Wang, Li, Skitmorre y Chen (2024) con relación a las variables financieras más usadas, tras su investigación en las tendencias para la predicción de quiebra en empresas constructoras, se identificó que los indicadores financieros más usados en la predicción de crédito son: la razón corriente y el capital de trabajo/ total de activos (ratios de liquidez), total pasivo/total activo (ratio de endeudamiento), el ROA (Return Over Asset, ratio de rentabilidad) y finalmente la rotación de los Activos (ratio de actividad) (págs. 10-11). Así mismo, se evidencia que, si bien hay otros modelos más sofisticados y con la incorporación de nuevas

variables financieras, dichos modelos toman como base los grupos de variables que contempla la metodología de Altman.

### **2.1.2 Logit**

Por otra parte, entre los modelos usados en otros artículos relacionados con el estudio de riesgo de crédito se encuentra Logit (1980). Se trata de una metodología que se utiliza para pronosticar la probabilidad de un resultado, el cual se basa en una distribución acumulada logística estándar y analiza las probabilidades de éxito, es decir, la razón de probabilidad para que el resultado sea igual a uno o también llamada Ratio de Odds.

Uno de los estudios aplicados a compañías constructoras en Colombia hizo uso de esta metodología. Se trata de García (2023), quien buscaba analizar tres tipos de metodologías de estimación de riesgo de crédito, Altman, Logit y Probit, que permitiera determinar cuál tenía mayor nivel de predicción. En dicho estudio se analizaron 150 empresas colombianas que se declararon en insolvencia durante el periodo 2020-2022, de un total de 1.114 compañías sanas del sector constructor. Allí se analizaron 22 variables financieras y se obtuvieron nueve variables significativas que permitían predecir el riesgo de crédito (págs. 9-51). Las variables identificadas en el estudio fueron: *activos totales*, *pasivo/activo*, *patrimonio*, *utilidad neta*, *utilidad neta/patrimonio*, *logaritmo natural de pasivos y ventas* y *finalmente la tendencia de las ventas y activos*. Una vez fueron testeados los tres modelos, se logró evidenciar que el modelo Logit proporcionaba el mayor nivel de predicción (95,8%) del riesgo de quiebra, con un nivel de confianza del 95por ciento.

### **2.1.3 Probit**

Algunos autores como Scherger, Terceño y Vigier (2018), el modelo Probit (1984) tiene una metodología muy similar con el apartado anterior. La diferencia entre ambos modelos radica en que este (Probit) se analiza bajo una regresión logística y el Logit lo hace bajo una probabilidad condicional (pág. 158). Lo anterior quiere decir, que tomando como base un índice de conveniencia o variable dependiente y analizando las variables explicativas, se puede identificar que hay una mayor probabilidad de que la empresa quiebre cuando éste índice se aproxima a 1.

Entre los estudios aplicados para determinar el riesgo de quiebra, los autores Pinos, Reyes, Clavijo Cevallos y Tonon (2023), aplicaron la metodología Probit, haciendo uso de nueve variables financieras dentro de una muestra de 9.053 empresas existentes en Ecuador en el sector constructor. Allí se identificaron cinco variables significativas para explicar la probabilidad de quiebra, las cuales guardan relación con las identificadas por el autor del modelo, Ohlson, lo que prueba la efectividad de dichas variables financieras. (págs. 9–32.). El modelo Probit, como el modelo Logit son conocidos como métodos de estimación, caracterizados principalmente en el contexto de análisis de datos categóricos y, más específicamente, en la estimación de probabilidades de resultados binarios y los coeficientes que logran describir la relación entre variables explicativas y la probabilidad que el evento ocurra, de acuerdo con lo referido por Vargas y Mostajo (2014).

### **2.1.4 Monte Carlo**

De otro lado, según Zapata (2021), para determinar el riesgo de crédito se pueden aplicar metodologías como Monte Carlo, que si bien no está enfocada únicamente en determinar la probabilidad de default, es una herramienta usada para medir el impacto frente a las fluctuaciones de las variables seleccionadas dentro del modelo (págs. 9-22).

En su análisis del riesgo de crédito en proyectos de infraestructura, Zapata (2021) identifica dos indicadores cruciales para evaluar la capacidad de pago de un proyecto. En primer lugar, la probabilidad de incumplimiento, que examina la probabilidad que el proyecto cumpla o no cumpla con sus obligaciones financieras o con el servicio de la deuda. En segundo lugar, se considera la distancia de incumplimiento (DD), un indicador que busca determinar el margen operativo de la compañía antes de enfrentar un posible incumplimiento financiero. Este estudio particularmente resulta del interés de las metodologías estudiadas y previamente mencionadas, ya que, si bien su enfoque está dado hacia proyectos de infraestructura, los flujos, dinámica y modelación se asemejan a los proyectos de vivienda, permitiendo hacer un análisis a la financiación del proyecto y no un estudio sobre los resultados de la compañía y/o los estados financieros de quien ejecuta el proyecto. El enfoque de esta metodología para estimar el riesgo de crédito se basa en los flujos de efectivo en cada momento del proyecto, donde se entiende como incumplimiento, aquellas situaciones donde el flujo no permite atender el servicio a la deuda, Zapata (2021).

En esta metodología se incorpora un indicador relevante para medir el riesgo de crédito y se conoce como el DSCR (Debt Service Coverage Ratio, por sus siglas en inglés), el cual mide la capacidad del flujo de efectivo para atender el servicio a la deuda en un momento  $t$  (conocido por sus siglas en inglés como CFADS), y se calcula bajo la siguiente fórmula:

$$DSCR = CFADS_t / DS_t$$

La simulación de Monte Carlo al ser una herramienta ampliamente usada para las proyecciones de flujo de caja, al permitir evaluar la probabilidad de diferentes escenarios y entender mejor los riesgos asociados, es la herramienta que en este estudio se utilizará para estimar

el riesgo de crédito. Esto se hace con base en la información que proporcionan los flujos de efectivo del proyecto, para así determinar si el proyecto está en capacidad de atender el servicio a la deuda.

## 2.2 Variables

Las metodologías previamente descritas, en su puesta en marcha han explorado principalmente variables de tipo financiero, sin embargo, hay estudios que evalúan la inclusión de variables no financieras. Según Wang, Li y Chen (2024), entre las más usadas en los documentos académicos se encuentran: características de la compañía (edad de la compañía, ubicación geográfica y número de empleados, entre otros.) características del proyecto, donde se ha analizado su valor, su duración y complejidad. Igualmente, frente al marco económico, se incluyen variables como tasa de interés, PIB e Índice de Precios al Consumidor, y de estar la compañía listada en bolsa, indicadores como EPS (Earning Per Share) e Índice de Cotización Bursátil (en inglés, Index of stock Price) (pág. 22).

Por lo anterior, autores como Ganga (2015) incluyen en su análisis, no solo las variables financieras anteriormente mencionadas, sino variables macroeconómicas como el tipo de tasa de interés, la volatilidad del mercado bursátil, la tasa de desempleo, la inflación, la prima de riesgo país, entre otras. En el estudio el autor simula la predicción de quiebra uno, dos y tres años antes de que esta ocurra y puede concluir que las variables financieras impactan el resultado, pero también la coyuntura del país y la situación de las compañías frente al sector bancario (págs. 1-24).

El análisis realizado en los trabajos científicos de Acosta-González et al. (2019), Ninh et al. (2018), Zelenkov et al. (2017), Zvarikova et al. (2017), Mitman (2016) revelan que las actividades de la empresa y la probabilidad de su quiebra no dependen únicamente de factores internos, sino también de los factores externos, principalmente macroeconómicos. Estas variables fueron

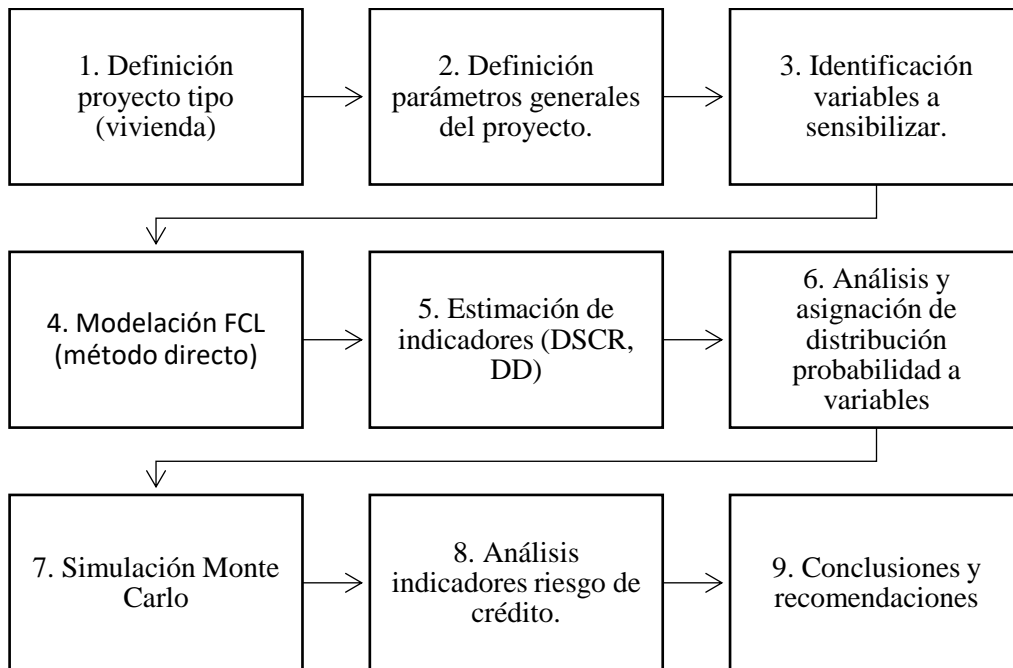
estudiadas por Giriuniene, Giriunas y Brucaite (2019), quienes enfocados en el sector constructor de Lituania, concluyeron que los modelos de predicción de quiebras basados en variables macroeconómicas y del sector, son eficaces para identificar el número de quiebras empresariales en un país. Igualmente, que la inclusión de dichas variables junto con el modelo tradicional financiero, puede mejorar el nivel de predicción de quiebras, pasando de un nivel de predicción 85.5 por ciento (modelo financiero) a un 93.3 por ciento cuando las nuevas variables se incluyen. Cabe resaltar que las variables que lograron mejorar el porcentaje de predicción fueron, índice de costos de construcción, nivel de desempleo y variación de los precios inmobiliarios (pág. 3).

Finalmente, no hay que desconocer la importancia de las variables cualitativas. Si bien, no son fáciles de medir y determinar su impacto, pueden ayudar a predecir el riesgo de crédito en una compañía. Así lo evidencian Aranguiz y Gallegos (2018) donde integran, además de las ya mencionadas variables financieras, las variables cualitativas para crear el scoring de una compañía, y de esta manera, determinar el riesgo de crédito de sus clientes. En consecuencia, para identificar las mejores variables se realizó una encuesta con expertos también conocido como el método Delphi. Entre las variables seleccionadas se evidenciaron: problemas legales, referencias comerciales y bancarias, entre otras. Este estudio tuvo una efectividad de nueve sobre los once casos analizados (págs. 181-207).

### 3 Metodología

La metodología definida presenta como base, la estimación de flujos de caja de un proyecto de vivienda, donde a partir de dichos flujos, al medir el ratio DSCR, se busca identificar la probabilidad de default del proyecto. Se incorporan además, los posibles escenarios de las variables seleccionadas y su impacto en el desarrollo del proyecto, a través de las simulaciones de Monte Carlo. Teniendo en cuenta que la estimación de flujos de caja, evaluada por Zapata (2021), se realiza en función de las proyecciones del proyecto de vivienda y tiene en cuenta la particularidad del negocio. No está el análisis únicamente enfocado en el constructor y sus estados financieros, sino en el comportamiento del proyecto. Vale la pena destacar que se toma la decisión de hacer uso de esta herramienta en el presente estudio, al considerarse práctica y útil para implementar y evaluar el riesgo de crédito en este tipo de negocios.

**Figura 3** Metodología estimación riesgo de crédito proyecto vivienda



En primera instancia, se definió el tipo de proyecto de vivienda a evaluar. Se trata de un proyecto de vivienda VIS (Vivienda de Interés Social), el cual cuenta con las siguientes características generales:

- Proyecto ubicado en la ciudad de Bogotá.
- Total de unidades de vivienda 428.
- Ritmo de venta mensual, 20 unidades mes.
- Proyecto que consta de dos etapas de vivienda, cada una de 214 unidades.
- Duración obra, 28 meses en total, 19 meses por etapa.
- Área de vivienda entre 35m<sup>2</sup> y 45 m<sup>2</sup>. (Esto basado en la oferta actual de proyectos de VIS en Bogotá).
- Entregas Etapa 1, año 2026 y Etapa 2, año 2027.

Frente a la estructuración del proyecto y sus principales supuestos, estos fueron definidos así:

**Tabla 1** Supuestos y parámetros generales del proyecto

<b><u>Concepto</u></b>	<b><u>Características</u></b>
<b>Venta</b>	Venta en SMLV: 150 (VIS)
<b>Ingreso</b>	Cuota Inicial: 25% / Crédito: 70% / Subsidios: 5%.
<b>Lote</b>	14% /ventas. El lote requiere obras adicionales para su habilitación y uso.
<b>Costos directos</b>	55%/ventas deflactadas, dato base para la modelación.

<b>Costos indirectos</b>	Se tomaron como referencia los rubros principales, definidos así: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Honorarios generales 2.5% /ventas</li> <li>• Fees Fiducia 0.3% /ventas</li> <li>• Honorarios Constructor: 10% /ventas</li> <li>• Gastos legales: 1.1% /ventas</li> <li>• Gastos de ventas: 2% /ventas</li> <li>• Impuestos y seguros: 4%/ ventas</li> <li>• Otros gastos: 0.5% /ventas</li> </ul>
<b>Devolución del IVA</b>	Rubro que corresponde a la recuperación del IVA, asociado al costo de materiales, el cual no puede exceder el 4% de la venta, exención que aplica solo para vivienda VIS.
<b>Imprevistos</b>	Estimación para el modelo del 1% de la venta.

Los supuestos referidos, fueron basados en primera instancia, desde la experiencia y conocimiento del sector y estructuración de proyectos de vivienda de los autores y tutor. Adicionalmente, el trabajo desarrollado por Arcila (2020), fue usada también como guía en la definición de estos.

### 3.1 Identificación de variables a sensibilizar

Luego de estructurar el modelo con las características previamente mencionadas, se procedió a hacer una revisión de las diferentes variables endógenas y exógenas que podrían contribuir al aumento del riesgo de default dentro del proyecto de la siguiente forma:

#### 3.1.1 Variables macroeconómicas

##### 3.1.1.1 Inflación

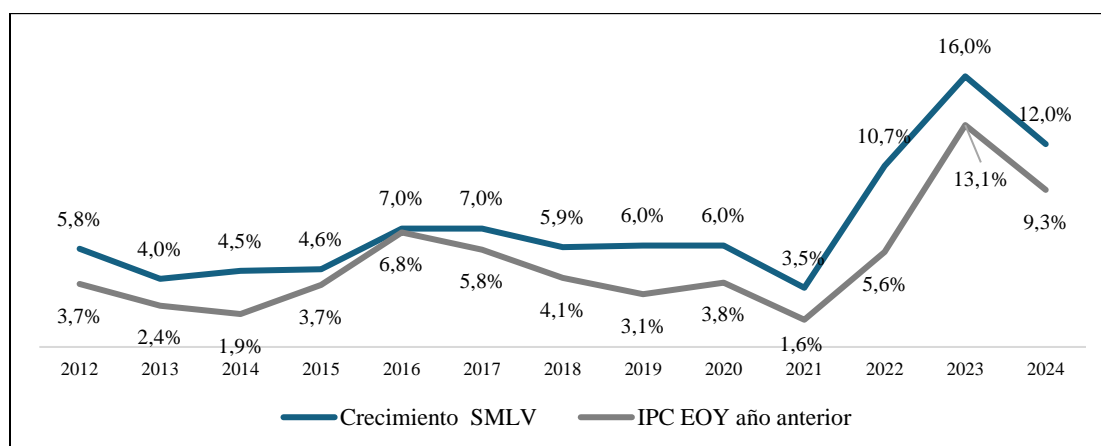
Se define como la medida para determinar la fluctuación de los precios de los bienes y servicios en la canasta familiar. En consecuencia, es usada como referente para ajustar los contratos

de honorarios, arriendos, seguros, entre otros costes directos e indirectos relacionados con los proyectos de construcción. Además, el análisis de histórico de inflación permite entender su comportamiento y las proyecciones realizadas por expertos, lo cual es fundamental para su integración dentro del modelaje financiero del proyecto.

### 3.1.1.2 Salario Mínimo

El valor del salario mínimo determina en el sector constructor el precio que se pacta con el comprador de vivienda VIS y en consecuencia establece el nivel de ingresos del proyecto durante las dos etapas de venta. En este contexto se pudo identificar que los últimos diez años el salario mínimo ha mantenido un factor promedio de 2 por ciento, por encima de la inflación, como se evidencia en el gráfico. En consecuencia, para obtener mejores resultados, la sensibilización de esta variable se hará a través del IPC.

Figura 4 Inflación vs incremento salario



Nota. Elaboración propia a partir de Latin Focus Junio 2024, proyecciones económicas. Revista Portafolio, Incremento Histórico Salario Mínimo.

### 3.1.2 Variables sectoriales

#### 3.1.2.1 Costo directo/ Ingreso

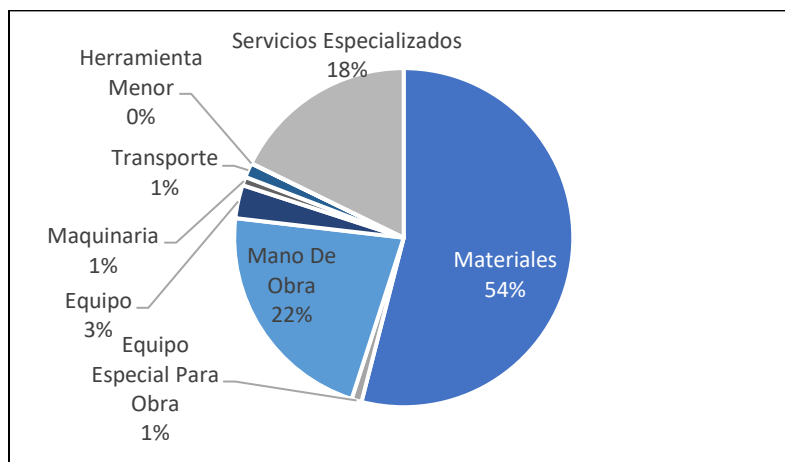
Según Arcila (2020), en una construcción la relación del costo directo con las ventas es del 51 por ciento al final del proyecto, determinando así el éxito o el fracaso del mismo. En

consecuencia, se hace necesario analizar los resultados del modelo ante situaciones de estrés, en las que el costo se eleve e incremente su ponderación, en un rango observado desde la experiencia y conocimiento del sector.

### 3.1.2.2 ICOCED

El Indicador de Costos de construcción de Edificaciones, que reemplaza el Indicador de Costo de la Construcción de Vivienda, fue creado por el DANE para identificar la fluctuación de precios del sector de la construcción. Así mismo, se tomó como base la estructura de los costos directos identificada por el DANE de la siguiente forma:

**Figura 5** Ponderación ICOCED en VIS



**Nota.** Elaboración propia a partir de información del DANE, junio de 2024.

Al tomar como referente la anterior estructura y al no existir proyecciones del comportamiento del ICOCED se procede a hacer una sensibilización de sus componentes a través del IPC para los contratos y el precio de los commodities sobre los materiales más representativos.

### **3.1.3 Variables de Mercado**

#### **3.1.3.1 Precios del concreto, el cemento y el acero**

Entre los componentes en el ICOCED, se identificaron a los materiales como el 54 por ciento de costo directo, siendo los más importantes el acero, el concreto y el cemento con una participación del 49 por ciento. En consecuencia, un cambio en los precios de estos commodities puede significar un alza en costos y una desestabilización del proyecto, por lo cual se identifica una variable para tener en cuenta en el proceso de sensibilización del modelo.

### **3.2 Modelación de análisis bajo una estructura de flujo de caja**

Entre los múltiples métodos para la evaluación de un proyecto, el más comúnmente utilizado es el de Flujo de Caja Descontado (FDC), en el cual se obtiene un valor presente a partir del cálculo del flujo de caja libre, por método indirecto, descontado a una tasa que incorpore el riesgo. Si bien la estructura del método indirecto suele funcionar en todo tipo de proyectos, para un sector tan particular como el constructor, esta metodología no permite capturar la dinámica de este. En la cual, sucede:

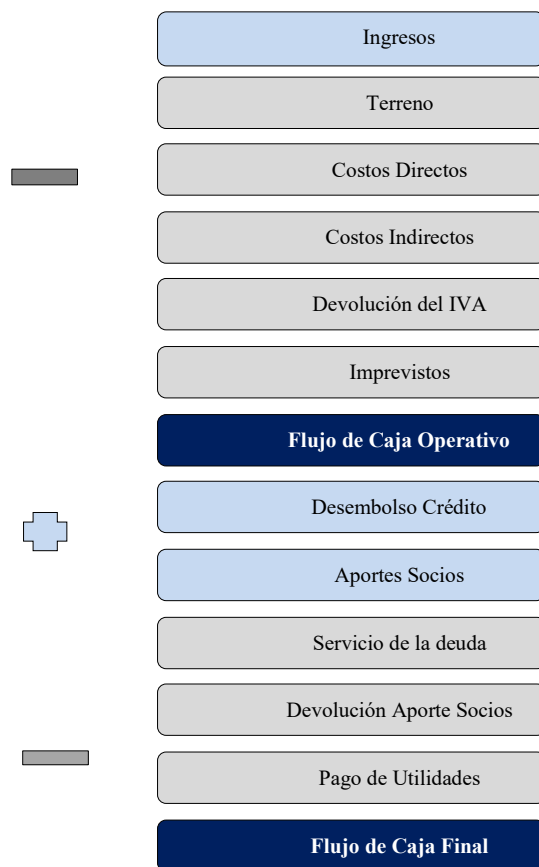
- Las ventas tienen dos momentos en particular. Una primera fase de Cuotas Iniciales (30% aproximadamente de acuerdo con ratios del mercado de vivienda), las cuales se recaudan a lo largo del proyecto desde el momento 0, hasta la entrega del inmueble. Y un 70 por ciento que se recauda al final del proyecto, cuando se materializa la entrega del inmueble posterior a la escrituración y transferencia de dominio al futuro propietario.
- El valor del lote se negocia generalmente como un porcentaje de las ventas, y debido a su participación en la estructura del proyecto, se busca que la forma de pago sea

contra la escrituración de las unidades inmobiliarias. De esta manera, la presión en la caja del proyecto no es alta, al concentrarse el ingreso en esta misma fase.

- En el P&G del proyecto, los costos financieros son considerados como parte de este y tienen una relevancia a denotar, dado que este es 100 por ciento financiado, principalmente por el crédito constructor, es decir, por entidades financieras.
- La rentabilidad del proyecto se mide generalmente en dos rubros. Por un lado, los beneficios del constructor, que se encuentran implícitos en los costos indirectos en la estructura propuesta. Y de otra parte, en el pago de utilidades finales, como resultado después de cubrir todos los costos correspondientes.
- La estructura de costos debe ser de tal manera que asegure la viabilidad técnica del proyecto, pero también su viabilidad financiera, y un nivel de riesgo de crédito definido.
- Los desembolsos del crédito del proyecto se estiman en función del avance de obra y a medida que el FCO demanda recursos. A su vez se amortiza con los flujos disponibles de los ingresos percibidos al final de cada etapa de construcción, por lo que un proyecto puede amortizar capital entre dos periodos de desembolso.

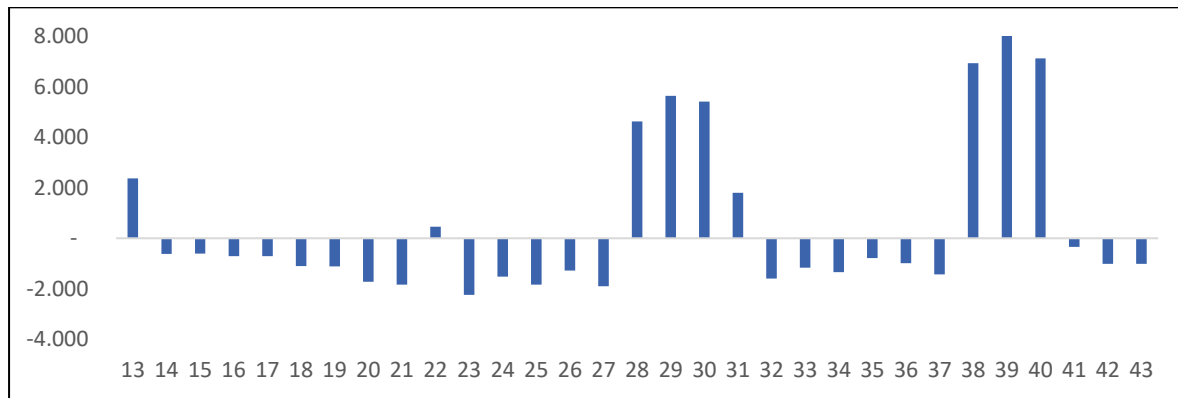
Por todo lo anterior, no es factible hacer un análisis del riesgo de crédito desde la óptica tradicional, dado que los flujos presentan un comportamiento atípico durante el desarrollo proyecto y requieren de un entendimiento a profundidad del contexto en el que se desenvuelve el negocio. En este sentido, se hace necesario realizar la medición del flujo de caja por método directo para el cálculo del Flujo de Caja Operativo, con el cual se analizará la probabilidad de incumplimiento del proyecto, como se observa en la figura 6.

**Figura 6** Estructura del Flujo de Caja



Con base en el modelo anterior y bajo los supuestos comentados en el apartado anterior, se obtuvo el Flujo de Caja Operativo, durante los primeros meses del proyecto. Se destaca que del 1 al 12 se producen únicamente gastos relacionados con la preventa del proyecto por lo cual los flujos son negativos. A partir del mes 13 donde comienza la fase de la construcción, figura 7, se pueden observar tres momentos en los que el flujo es positivo: al recibir las cuotas iniciales de los compradores durante el mes 13, y en las dos fases de escrituración de las viviendas.

**Figura 7** Flujo de Caja Operacional del proyecto tipo durante la construcción



Ante la fluctuación de los flujos se puede inferir que esta clase de negocios tiene un alto riesgo, dado que depende de que se den los desembolsos por parte de los compradores y así poder obtener liquidez y pagar el crédito constructor con el que se financió la obra. Sin embargo, sigue siendo un escenario atractivo para los inversionistas, dado que al realizar la valoración del proyecto por FCD sobre el FCO se obtuvo una TIR del 11.2% EA, la cual se encuentra en línea con lo que se ha podido observar con otros proyectos del sector, entre el 11 y 12 por ciento, y por encima de lo que se encuentra rentando un TES al mismo plazo, que es de 6,75% EA. Así mismo, se obtuvo un valor actual de los flujos de 2.161 millones, lo cual es más que suficiente cubrir la deuda, traído a valor presente 790 millones, y generar retorno.

Por lo anterior, si este se analiza desde el punto de vista del inversionista de la constructora, se puede observar que el proyecto retorna el 100 por ciento del Capital Call, además de una TIR del 46% E.A. Lo anterior obedece a que la mayor parte del proyecto es financiado a través de terceros y el capital puesto por los inversionistas es muy bajo.

### 3.3 Estimación de los indicadores

Como se comentó en el apartado anterior, los flujos en un proyecto constructivo tienen situaciones particulares del sector, como por ejemplo que el proyecto es financiado en su totalidad,

una pequeña parte por socios y lo demás a través de un crédito constructor con el sector bancario. Esto porque el proyecto recibe del Patrimonio Autónomo (SPV) el 30 por ciento del valor de las preventas únicamente cuando se logra el punto de equilibrio de ventas y el 70 por ciento restante hasta el final, con la escrituración de las viviendas. En consecuencia, el FCO es negativo en la mayoría de los meses e incumple los estándares de evaluación impuestos por la mayoría de los bancos, donde los flujos mensuales del proyecto serían insuficientes para atender una cuota fija o amortización fija. Por ello la entidad bancaria necesita identificar si la constructora, detrás del proyecto, posee un músculo financiero robusto para pagar, dejando de lado a la mayoría de las compañías del sector que cuentan con un tamaño PYME.

Por lo anterior y como se comentó en el marco teórico, para este tipo de proyectos se pueden emplear otras metodologías para medir el riesgo de crédito, como lo es la Probabilidad de Incumplimiento. Según Zapata (2021), dicha probabilidad se puede medir a través de la Capacidad del Flujo de Caja vs el Servicio a la Deuda (DSCR) y se puede dar el incumplimiento de dos maneras: estricto o técnico.

**Tabla 2** *Indicador de cobertura de la deuda*

<b>Ratios</b>	<b>Rango de Evaluación</b>	<b>Tipo</b>
<b>DSCR</b>	DSCR > 1	Estricto
<b>DSCR</b>	DSCR > 1,25	Técnico

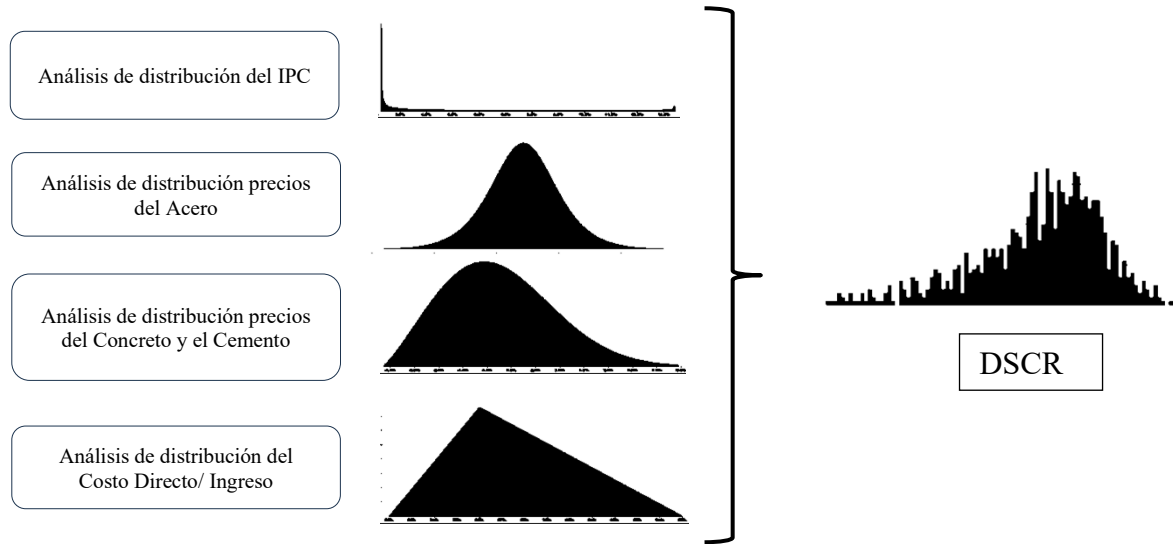
El indicador de DSCR<sub>t</sub> puede ser medido en diferentes momentos (t) para determinar su comportamiento con el tiempo durante la vida del proyecto. Sin embargo, dado a los pocos periodos positivos del flujo y para adaptar el indicador a los ciclos del proyecto, se analiza el comportamiento desde dos ópticas:

- **Promedio del DSCR:** para ello se debe calcular el FCO operacional y el SD mensual del proyecto. Para ello se promediará el indicador que cumpla la condición de FCO positivo, y así eliminar los momentos en los que se encuentra en etapa de construcción y aun no se han realizado las ventas efectivas de los inmuebles.
- **Valor presente de los flujos:** Para poder recoger la ciclicidad del proyecto dentro del indicador, y de esta manera, determinar el comportamiento del DSCR en un momento específico en el tiempo, se emplea el método del FCD. Aquí se descuenta el FCO mensual a la tasa WACC y se hace el mismo ejercicio con el SD, usando como tasa de descuento la de financiación. No obstante, dado que el proyecto realiza desembolsos a medida que se da el avance de la obra y a su vez amortiza si hay disponibilidad de flujos la tasa de descuento corresponde a la TIR del crédito.

### 3.4 Análisis y distribución de probabilidades

Para entender el comportamiento del indicador descrito en el apartado anterior de manera dinámica, es necesario someter el modelo ante situaciones de estrés que capturen fluctuaciones de las variables más significativas, y así integrar su variabilidad dentro del proyecto. Por consiguiente, se debe analizar la data histórica de cada una de esas variables y asignarles una distribución de probabilidad como se observa en la siguiente figura.

**Figura 8** Análisis de distribuciones de probabilidad



La data disponible de las variables comentadas en el cuadro anterior se encuentra disponible a partir del 2011. Sin embargo, para capturar la varianza de los datos en un periodo actual, con situaciones hito como lo fue el COVID-19, se usó un rango de tiempo comprendido entre enero de 2018 y junio de 2024 arrojando los siguientes supuestos, por cada una de las variables escogidas como se observa en la Tabla 3.

**Tabla 3** Variables y funciones de probabilidad

Variable	Función de probabilidad	Media	Desv. Estándar
IPC	Beta	5,90%	9,70%
Precios del Acero	Logística	0,50%	2,30%
Precios del Concreto y Cemento	Weibull	0,50%	0,60%
Costo directo/ Ingreso	Triangular	56,0%	61,0%

### 3.5 Simulación de Monte Carlo

Como se ha explicado a lo largo del documento, el propósito en los anteriores apartados es determinar la probabilidad de default en un proyecto tipo del sector constructor en vivienda VIS, por lo cual se ha realizado la construcción del flujo de caja y se escogieron las variables a

sensibilizar al interior del modelo. Según Zapata (2021), la mejor forma de obtener la volatilidad del CFADS y así calcular el indicador de Probabilidad de Incumplimiento es la simulación por medio de Monte Carlo, por lo cual se les ha asignado una distribución de probabilidad a cada una de las variables, como se comentó en la Tabla 3.

Con lo anterior, se determinó como variables de salida los indicadores de promedio de DSCR y el DSCR con el valor presente del FCO y el DS. De esta manera, se realizaron 2.000 iteraciones usando Crystall Ball, y se analizó la sensibilidad del modelo a las variables asignadas.

## 4 Resultados

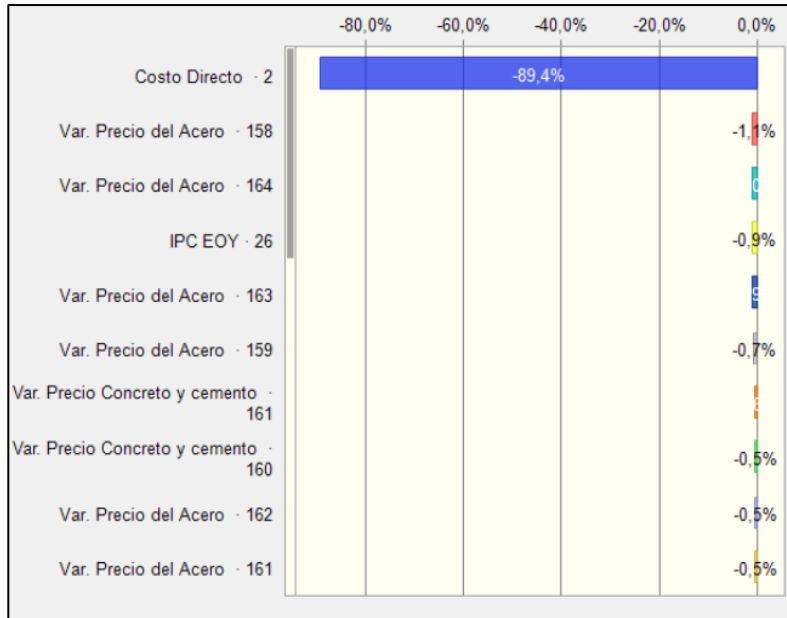
Con base en lo comentado a lo largo del estudio y luego de realizar la respectiva simulación de las variables explicadas en el anterior apartado, se procede a realizar un análisis de los resultados arrojados por el estudio. En un primer lugar se busca entender el impacto que tienen las variables dentro de los ratios para medir el riesgo de default bajo las dos metodologías explicadas previamente (DSCR y Valor presente de los flujos), para luego, calcular la probabilidad de incumplimiento.

### 4.1 Análisis de sensibilidad

Entre las múltiples herramientas que proporciona Crystall Ball, una de las más robustas es el análisis de sensibilidad de la varianza, la cual permite medir el impacto en la varianza del indicador a analizar ante los cambios en las variables Input, como lo son el IPC o el Costo Directo.

#### 4.1.1 Promedio del DSCR

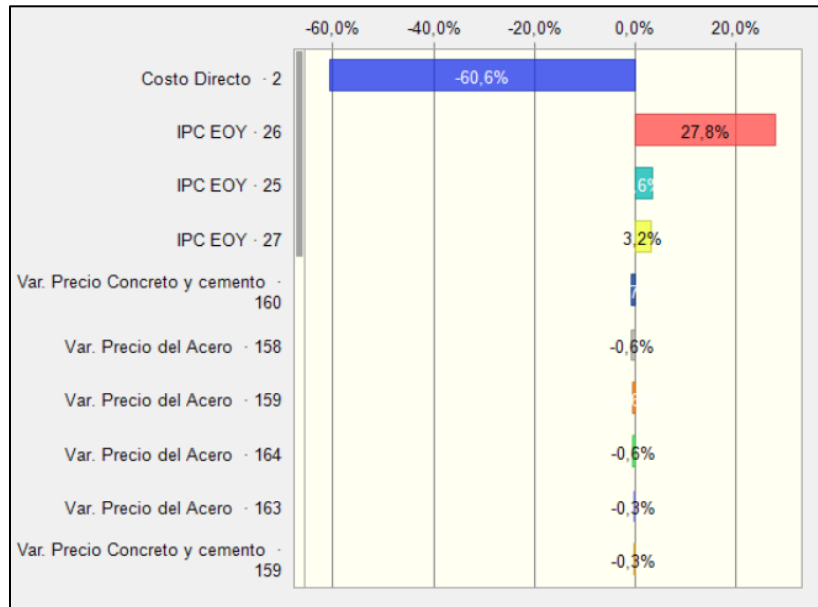
Con respecto al Promedio de DSCR, se observa en el gráfico de sensibilidad (Figura 9) que la variable con mayor impacto sobre la varianza el indicador es el costo directo con un -89,4 por ciento, lo cual guarda relación con la estructura del modelo, dado que este tiene un porcentaje importante sobre los ingresos, 55 por ciento en el escenario base. Por otra parte, el IPC usado en el 2026 genera un impacto dentro de la varianza, siendo del -1.1%, que si bien no es tan relevante como el costo directo, es el segundo en importancia dado que es en el año 2026 donde se dan la etapa 1 y 2 de construcción en simultáneo.



#### 4.1.2 Valor Presente de los Flujos

Con relación a el Valor Presente de los Flujos, se puede identificar nuevamente, en la Figura 9, que la variable con mayor impacto sobre la varianza el indicador es el costo directo con un -60,6 por ciento, que aunque un poco menor que en el apartado anterior, sigue siendo relevante. Por otra parte, la variable que aporta mayor impacto positivo en la varianza es el IPC usado en 2026 con un 27,8 por ciento. Lo anterior se explica porque la metodología del indicador recoge la totalidad de los flujos de la deuda, los cuales se descuentan con la tasa de financiación o TIR de los flujos. Dado que el año 2026 es el año donde más intereses se generan y la tasa está indexada al IPC, ante su incremento, la tasa de descuento aumenta, y por consiguiente, hay un menor valor de SD, incrementando así el ratio de DSCR.

**Figura 10** Análisis de sensibilidad Valor Presente de los Flujos



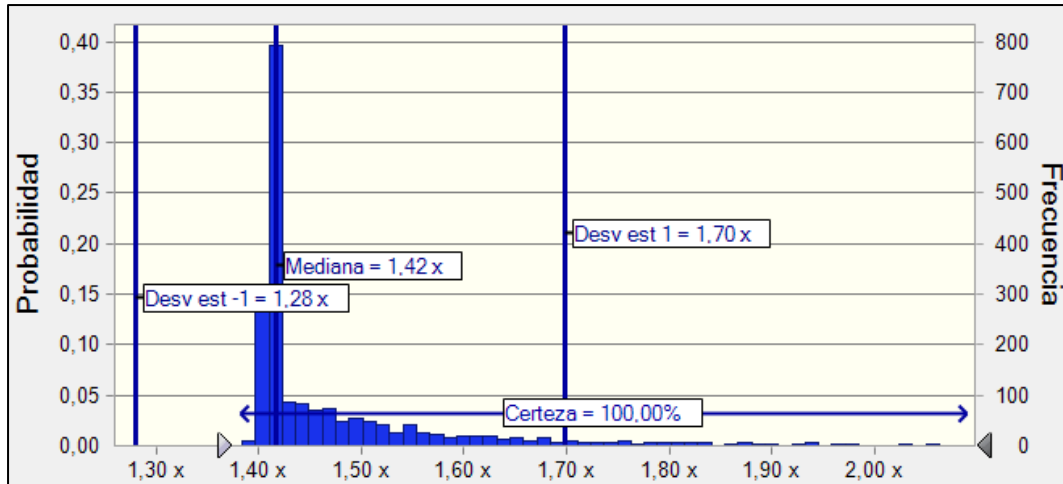
## 4.2 Probabilidad de incumplimiento

Este indicador, como fue definido en un anterior apartado, permite entender el riesgo de default que tiene un proyecto, en este caso, en un modelo tipo del sector constructor para vivienda VIS. En este contexto, para dimensionarlo se hace necesario tener en cuenta los estándares del DSCR descritos en la Tabla 2, dado que si los flujos son insuficientes para cubrir el SD se entendería que el proyecto se encuentra en default y marcaría el punto en el que se materializa el riesgo.

### 4.2.1 Promedio del DSCR

En cuanto el resultado dado por el método de Promedio de DSCR, se puede notar en la figura 11, que el ratio durante la sensibilización alcanza un valor máximo de 1,76 x y un mínimo de 1,26x tomando como base 1 desviación estándar. Esto puede explicarse con el coeficiente de variación que muestra que se puede desviar de la media en 0,25x.

**Figura 11** Distribución de probabilidad Promedio del DSCR

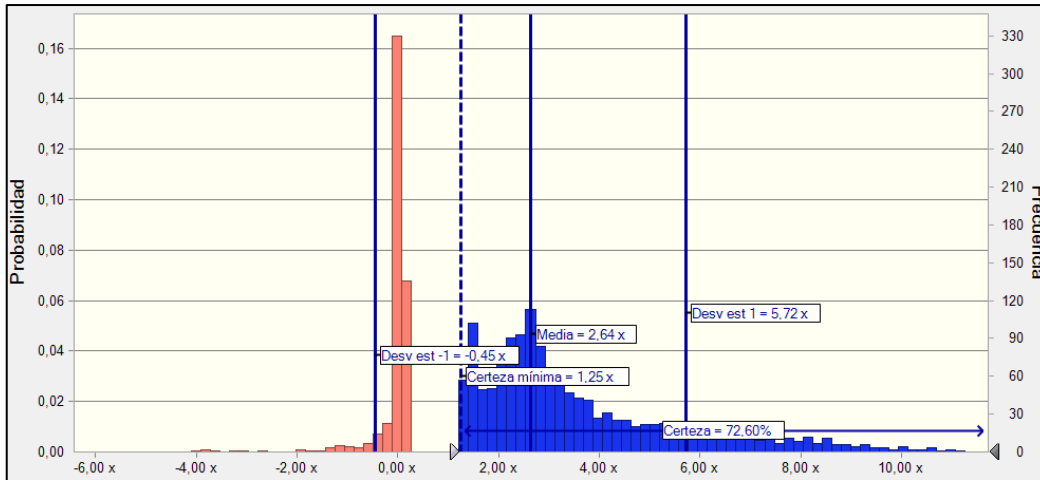


Por lo anterior, ante esta metodología el valor esperado es de 1,42x. Por otra parte, el proyecto no llegaría a incumplir el indicador puesto que ante cualquier escenario se encontraría por encima del indicador estricto, mayor a 1, y del indicador técnico, mayor a 1,2. De esta manera se daría como resultado una probabilidad de incumplimiento de 0%, lo cual guarda relación con el método empleado en el cálculo, dado que este solo toma en cuenta el promedio únicamente cuando el indicador es positivo, y por consiguiente de los FCO positivos, dejando de lado los meses en los cuales el FCO no supe las necesidades del proyecto y hay un mayor riesgo.

#### 4.2.2 Valor Presente de los Flujos

Al analizar los datos estadísticos relacionados con la sensibilización del indicador, se puede observar en la figura 12, que durante la simulación de Monte Carlo este alcanza un máximo de 5,42x y un mínimo de 0,28x, asumiendo 1 desviación estándar debido a que su coeficiente de variación es de 2,57x.

**Figura 12** Distribución de probabilidad Valor Presente de los Flujos

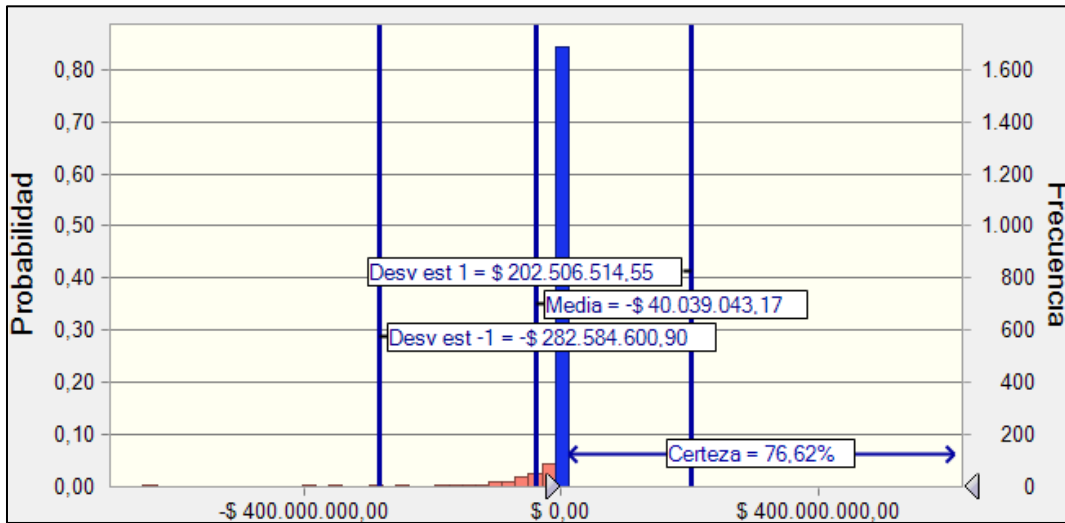


De acuerdo con lo establecido previamente, ante el cálculo del DSCR por Valor Presente de los Flujos el proyecto el valor esperado es de 2,64x. La probabilidad de estar por encima de los rangos de evaluación es de 72,60 por ciento, lo que significa que con un nivel de confianza del 95 por ciento la probabilidad de incumplimiento ante un indicador estricto de 27.40% y del indicar técnico de 27,39%, toda vez que este método, a diferencia del anterior, recoge el comportamiento del FCO durante toda la vida del proyecto, y por consiguiente, el riesgo asociado.

### 4.3 Valor presente de los flujos de caja operacional

Por último, pero no menos importante, resulta relevante entender la variación que puede tener la valoración por FCD al someterlo a la simulación de Montecarlo, dado que este determina la viabilidad del proyecto, y permite entender si la generación de la caja es suficiente para cumplir con los grupos de interés del proyecto.

Figura 13 Distribución de probabilidad FCD



Como se puede observar el valor esperado del FDC se encuentra en \$40.039 mm COP y la probabilidad de que el flujo esté por encima de cero es de 77.52 por ciento. Con respecto al riesgo de impago, se puede inferir que la probabilidad de que el flujo esté por encima del valor del crédito constructor es del 76.62 por ciento. De esta manera, se puede concluir que, con una confianza del 95 por ciento, la probabilidad de que los flujos sean insuficientes para cumplir a la entidad bancaria que otorgó el financiamiento es de 23.38 por ciento, lo cual está alineado con lo comentado en el análisis de los indicadores de riesgo.

## 5 Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

- El sector constructor al contar con dinámicas particulares en su forma de recaudo y financiación, hacen que se requieran modelos y análisis que vayan más allá de lo usual o tradicional a la hora de estimar el riesgo de crédito, razón por la cual este trabajo exploró, basado en dicha especificidad, una metodología en la estimación el riesgo de crédito, a través del ratio DSCR (por sus siglas en inglés) y simulaciones de Monte Carlo.
- Tras el análisis y simulaciones se puede evidenciar que debido al peso que, dentro de la estructura del proyecto el costo directo representa, se convierte en una variable sensible que, si no se gestiona y estima de manera correcta, puede repercutir negativamente en el proyecto, impactando el ratio de FCL/SD, y por ende, incrementando la probabilidad de default.
- La metodología propuesta incorpora elementos fundamentales del sector que pueden no considerarse en las metodologías tradicionales de riesgo de crédito, lo cual permite realizar un aporte tanto para el constructor como financiador, ante la evaluación y la gestión del riesgo de crédito.
- A través de la estructuración de estos modelos, se da un acercamiento al sector y su particularidad, lo cual permite generar una base para explorar incluso nuevas líneas de financiación a los constructores y que sirvan a su vez, como soporte para la banca, para conocer más sobre el sector y agilizar y brindar mayor acompañamiento

en la fase de financiación al constructor, teniendo en cuenta su alta incidencia en los resultados de la economía del país.

- Sobre esta base y tras un análisis de los flujos de manera permanente, se pueden generar alertas y activar palancas que le permitan al constructor monitorear su riesgo y evitar caer en default por una gestión inadecuada de su inversión y financiación.

## 5.2 Recomendaciones

- Otra variable que resultó significativa en el modelo y que se sugiere monitorear e integrar a las proyecciones de manera permanente, es el IPC, ya que su incidencia tanto en la estimación del costo directo como ingreso (al ser la base sobre la cual se calcula el incremento del SMLV en Colombia), permite que el constructor logre capturar los efectos que pueda tener en el proyecto y su resultado. Si bien en el presente estudio se exploró dicho indicador macroeconómico, para futuros estudios, podrían incorporarse nuevos indicadores para analizar su incidencia en este tipo de proyectos, que permitan generar análisis más robustos.
- El modelo presentado tiene limitaciones que son relevantes denotar y que deben ser consideradas para futuros análisis. Aquí se debe tener en cuenta que la modelación y proyección contiene un nivel de subjetividad de quien lo estructura, define y de su conocimiento en la industria. Adicionalmente, el análisis se concentró en proyectos de vivienda tipo VIS (vivienda de interés social), no obstante, si el estudio se realizara sobre proyectos NoVIS los ratios, supuestos y proyecciones pueden cambiar.

## 6 Referencias

Acosta, J. (15 de 12 de 2022). Portafolio.

Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/evolucion-del-salario-minimo-en-colombia-en-22-anos-575683>

Arcila, A. (2020). Análisis de los modelos de factibilidad financieros de proyectos de vivienda de interés social con estrategias certificadas en sostenibilidad. Tesis Maestría, Universidad de los Andes. Bogotá: Repositorio Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstreams/89c85633-15cf-4005-8d19-660f23afac94/download>.

Bank, F. R. (07 de 2024). FRED Economic Data.

Obtenido de <https://fred.stlouisfed.org/series/WPU10170674>

Bank, F. R. (07 de 2024). FRED Economic Data.

Obtenido de <https://fred.stlouisfed.org/series/PCU32733273>

Camacol. (05 de 2023). Camacol.

Obtenido de <https://camacol.co/actualidad/noticias/PIB-edificaciones#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20Dane,%2C%20con%2011%2C8%25>.

Camacol. (2023). Informe Económico 116. Camacol Informa.

Camacol Valle. (28 de 09 de 2021). Camacol Valle. Obtenido de <https://revistandc.camacolvalle.org.co/sectorconstructor/#:~:text=1%20de%20cada%205%20colombianos,o%20su%20cadena%20de%20valor>.

DANE. (2021). Boletín Técnico Deficit Habitacional Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV). Bogotá: DANE.

DANE. (2024). Índice de costos de la construcción de edificaciones. Bogotá: DANE.

Economics, Oxford. (2021). Future of Construction. London: Oxford Economics Ltd.

Focus Economics. (2024). Latin America Economic Data & Forecasts. Focus Economics.

Ganga, H. (2015). Influencia de las variables macroeconómicas sobre la supervivencia de las empresas constructoras e inmobiliarias españolas. España: Las Palmas de Gran Canaria.

García, F. A. (abril de 2023). Estudio de modelos predictivos de insolvencia en el sector de la construcción en Colombia en los periodos pre pandemia y pos pandemia del COVID-19. Medellín: Universidad EAFIT.

Gintare, G. G. (2019). A Comparison on Leading Methodologies for Bankruptcy Prediction: The Case of the Construction Sector in Lithuania. *Economies*,7(3), 1-20.

Leal, A. A. (2018). Análisis de riesgo crediticio, propuesta del modelo Credit Scoring. *Revista de la Facultad de Ciencias Económica: Investigación y Reflexión*. rev.fac.cienc.econ, XXVI (1),.

Lugo, R. (19 de 02 de 2024). El déficit habitacional se cerraría con construcción de cerca de 520.000 casas anuales. Obtenido de La República: <https://www.larepublica.co/economia/el-deficit-habitacional-se-cerraria-con-construccion-de-cerca-de-520-000-casas-anuales-3803291#:~:text=El%20d%C3%A9ficit%20de%2030%2C4,nueva%20para%20resolver%20sus%20privaciones.>

Orellana Osorio, I. F. (2023). Probabilidad de quiebra empresarial en el sector de construcción del Ecuador: Periodo 2011 – 2020. *Económicas CUC*, 44(2), 9–32.

Scherger, V., Terceño, A., & Vigier, H. (2018). Revisión crítica de los modelos de predicción de fracaso empresarial. *Administración y Organizaciones* • Vol. 21 No. 40, 153-180.

Vargas, N. (22 de 02 de 2023). La República. Obtenido de <https://www.larepublica.co/empresas/hay-mas-de-450-procesos-de-insolvencia-de-empresas-del-sector-de-la-construccion-3551889>

Wang, J., Li, M., Skitmore, M., & Chen, J. (2024). Predicting Construction Company Insolvent Failure: A Scientometric Analysis and Qualitative Review of Research Trends. *Sustainability*, 16, 2290.

Zaparta, C. (2021). Estimación del riesgo de crédito en proyectos de infraestructura mediante modelos estructurales. *Contaduría y Administración* 66 (1), 1-24.

Camacol. (2024, 07). Sector construcción creó 136.500 nuevos puestos de trabajo durante 2022, un aumento de 8,8%. Recuperé sur Camacol: <https://camacol.co/actualidad/noticias/empleo-construccion#:~:text=Sector%20construcci%C3%B3n%20cre%C3%B3%20136.500%20nuevos,de%208%2C8%25%20%2D%20Camacol.>

Espinosa, A. (2024, 07). La importancia de Mi Casa Ya. Recuperé sur Portafolio: <https://www.portafolio.co/opinion/andres-espinoza-fenwarth/la-importancia-de-mi-casa-ya-584678>