

**EFFECTOS DE LA MOROSIDAD EN CRÉDITOS HIPOTECARIOS SOBRE LOS
PRECIOS DE VIVIENDA NUEVA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ DURANTE EL
PERIODO DE 2015-2020**

LAURA DANIELA ÁLVAREZ DÍAZ

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de Economista

Tutor:

Luis Fernando García Arenas



UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA

PROGRAMA DE ECONOMÍA

BOGOTÁ D.C.

2021

Resumen

El propósito de este estudio es determinar los efectos que tiene la morosidad y los factores asociados a la misma sobre los precios de la vivienda nueva para la ciudad de Bogotá en el periodo 2015-2020. Para esto, se hace una revisión literaria a profundidad tanto del mercado inmobiliario, como de la morosidad en créditos hipotecarios y el índice de precios de vivienda nueva, para luego proceder con una breve revisión del comportamiento de cada una de las variables durante el tiempo de estudio; finalmente por medio de un modelo econométrico de rezagos distribuidos finitos (RDF) se analiza la relación que tienen las variables durante la serie de tiempo para establecer los efectos de estas sobre el precio de la vivienda para la capital colombiana.

La investigación es de tipo explicativo y se recurre a un diseño no experimental, tomando datos ya estructurados por entidades como el DANE o el Banco de la República y es netamente de tipo inductivo para la observación y análisis de datos. Finalmente, los resultados permiten entender la relación que tienen las variables de estudio y se identifica que estos efectos corresponden al comportamiento de la actividad económica del país, aunque el efecto de unas variables será mucho más significativo que otras en el largo plazo.

Palabras clave: Morosidad de cartera hipotecaria, índice de precios de vivienda nueva, mercado inmobiliario, créditos hipotecarios, modelo de rezagos distribuidos finitos.

Línea de investigación: Economía del sector público

Clasificación JEL: G21, E44, R31

Abstract

The purpose of this study is to determine the effects of late payment and all the factors associated with it on the prices of new housing in Bogota-Colombia over the period 2015-2020. For this, an in-depth literary review is made of both the real estate market, as well as the late payment in mortgage loans and the new housing price index, then proceed with a brief review of the behavior of each of the variables during the study time; finally, by means of an econometric model of finite distributed lags analyzes the relationship that the variables have during the time series to establish the effects of these on the price of housing for the Colombian capital.

The research is of an explanatory type and uses a non-experimental design, taking data already structured by entities such as the DANE or the Banco de la República and is of an inductive type for the observation and analysis of data. Finally, the results allow understanding the relationship between the study variables, and it is identified that these effects correspond to the behavior of the country's economic activity, although the effect of some variables will be much more significant than others in the long term.

Keywords: Mortgage portfolio late payment, new home price index, real estate market, late payment loans, finite distributed lag model.

Research line: Public sector economics

JEL classification: G21, E44, R31

Tabla de contenido

Introducción	7
1. Pregunta problema	9
2. Justificación	9
3. Objetivos.....	10
3.1. Objetivo general	10
3.2. Objetivos específicos.....	10
4. Estado del arte	10
5. Marco teórico.....	15
5.1. Mercado inmobiliario	15
5.2. Mercado inmobiliario en Colombia	16
5.3. Crédito hipotecario	17
5.4. Morosidad en crédito hipotecario.....	18
5.5. Cálculo de índices de precios de la vivienda.....	19
6. Morosidad y factores asociados.....	19
6.1. Índice de morosidad en créditos hipotecarios	20
6.1.1. Desempleo.....	22
6.1.2. Inflación	23
6.1.3. Producto Interno Bruto	24
6.1.4. Tasa de intervención	26
6.1.5. Reservas internacionales	28
6.1.6. Tasa representativa del mercado - TRM.....	30
6.2. Índice de precios de vivienda nueva en Bogotá	31
7. Variables	34

7.1.	Variable endógena.....	34
7.2.	Variables exógenas.....	35
8.	Metodología.....	35
9.	Resultados.....	38
10.	Conclusiones.....	41
11.	Recomendaciones.....	42
12.	Referencias.....	43
13.	Anexos.....	47
13.1.	Anexo A: Test para determinar cantidad de rezagos en cada variable.....	47
13.1.1.	Criterio FPE para el índice de morosidad en cartera hipotecaria.....	47
13.1.2.	Criterio FPE para la tasa de desempleo.....	48
13.1.3.	Criterio FPE para la tasa de inflación.....	48
13.1.4.	Criterio FPE para el PIB.....	48
13.1.5.	Criterio FPE para la tasa de intervención.....	49
13.1.6.	Criterio FPE para las reservas internacionales.....	49
13.1.7.	Criterio FPE para la TRM.....	49
13.2.	Anexo B: Test de Phillips-Perron para determinar estacionariedad.....	50
13.2.1.	Test de Phillips-Perron para IPVN.....	50
13.2.2.	Test de Phillips-Perron para IMCH.....	50
13.2.3.	Test de Phillips-Perron para TD.....	50
13.2.4.	Test de Phillips-Perron para INFL.....	50
13.2.5.	Test de Phillips-Perron para PIB.....	50
13.2.6.	Test de Phillips-Perron para TI.....	51
13.2.7.	Test de Phillips-Perron para RI.....	51
13.2.8.	Test de Phillips-Perron para TRM.....	51

Listado de figuras

Figura 1. Comportamiento del índice de morosidad en cartera de vivienda	21
Figura 2. Comportamiento de la tasa de desempleo	22
Figura 3. Comportamiento de la tasa de inflación	23
Figura 4. Comportamiento del PIB per cápita	25
Figura 5. Comportamiento de la variación porcentual del PIB-per capita	26
Figura 6. Comportamiento de la tasa de intervención	28
Figura 7. Comportamiento de las reservas internacionales	30
Figura 8. Comportamiento de la tasa representativa del mercado	31
Figura 9. Comportamiento del índice de vivienda nueva	33

Listado de tablas

Tabla 1. Descripción de variables	34
Tabla 2. Resultados modelo RDF – Variables con 1 rezago	39
Tabla 3. Resultados modelo RDF – Variables con 8 rezagos	39
Tabla 4. Resultados modelo RDF – Variables con 9 rezagos	40

Introducción

El sector inmobiliario hace parte de uno de los mercados más significativos a nivel mundial, ya que incluye todas las transacciones que están relacionadas con los bienes inmuebles y las propiedades. Estas actividades transaccionales de compra y venta de propiedades hacen finalmente parte del proceso de formación de una economía sostenible para los países, ya que son transacciones que se realizan de forma diaria y constante.

Este sector representa una parte muy amplia e importante del mercado colombiano, siendo significativa su participación no solamente en su aporte a la producción interna del país, sino también en la generación de miles de empleos y grandes contribuciones al valor agregado de la economía. Adicional a este fuerte aporte a la economía, el mercado inmobiliario está arraigado a la vida cotidiana de las familias, añadiendo valor también a la calidad de vida de los hogares.

Sin embargo, al ser un sector tan amplio y con tanta influencia, está ligado a diversos riesgos que pueden intervenir no solamente en el comportamiento del mercado, sino también en el bolsillo y presupuesto de las personas. Un ejemplo de estos riesgos a los que se expone el mercado inmobiliario es el riesgo crediticio; en donde muchas familias acceden a créditos hipotecarios para poder comprar sus viviendas propias y evitar muchas veces el pago de arrendamientos a terceros, sin embargo, existen varios motivos que pueden motivar a los hogares a dar prioridad a gastos diferentes al pago de la cuota hipotecaria, por lo que sus créditos entrarán en mora; y si esta decisión de impago es debido a un choque económico fuerte que está impacta a una cantidad significativa de personas, las entidades bancarias involucradas se verán altamente afectadas y existe la posibilidad de desencadenar una crisis en el mercado financiero.

El mercado inmobiliario en Bogotá, está altamente influenciado por la gran actividad económica que se presenta al ser esta la capital colombiana, por lo que es prudente evaluar la

significancia de este riesgo de morosidad sobre la actividad inmobiliaria de la ciudad. De acuerdo con esto, se establecen los efectos que tiene esta morosidad y los factores asociados a la misma sobre el índice de precios de vivienda nueva en la ciudad de Bogotá para el periodo 2015-2020.

La investigación contempla aspectos como la revisión del comportamiento de cada uno de los factores que se determinaron como influyentes de acuerdo a investigaciones realizadas en el campo del mercado hipotecario y la morosidad en créditos como lo son: el índice de morosidad en la cartera hipotecaria, el desempleo, la inflación, el producto interno bruto, la tasa de intervención propuesta por el Banco de la República y la tasa representativa del mercado, pasando por una breve descripción del comportamiento de cada una de las variables y luego por medio de un modelo econométrico de retardos distribuidos finitos (RDF) se encuentra la relación de las variables sobre el índice de precios de vivienda nueva y se procede a realizar el respectivo análisis de los resultados, junto con las conclusiones y las recomendaciones para futuras investigaciones.

1. Pregunta problema

¿Cuáles son los efectos que tiene la morosidad en los créditos hipotecarios sobre los precios de la vivienda nueva en la ciudad de Bogotá durante los años 2015-2020?

2. Justificación

El objetivo de muchas familias es poder comprar una vivienda propia, sin embargo, los ingresos de un hogar promedio de clase media en muchos casos no son suficientes para pagar la totalidad de la misma y por esto las familias tienen que recurrir a la solicitud de créditos hipotecarios con diferentes entidades financieras. El peor de los escenarios es que los hogares luego de obtener el crédito, dejen de pagar sus cuotas hipotecarias y entren en mora, porque deben dar prioridad a otros gastos como salud, educación o alimentación.

Por otro lado, el mercado inmobiliario es muy fluctuante y tiende a verse afectado por los choques de la economía, lo puede incluirse dentro de un posible escenario negativo en el que, debido a los cambios inesperados en la situación económica del país, las familias decidan anteponer otros gastos relevantes del hogar y dejar de lado por un tiempo el pago de las cuotas hipotecarias.

El objetivo de la investigación es determinar si estos préstamos que se otorgaron, y que entraron en mora debido al impago de las cuotas, afectan de alguna manera el precio de las nuevas viviendas en el mercado. Con esto, se aportará una nueva mirada al campo de investigación del mercado inmobiliario que permitirá correlacionar dos factores que son poco estudiados en conjunto y de ser posible se abrirán nuevos horizontes para investigaciones futuras que deseen continuar esta línea.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Identificar cuáles son los efectos que trae la morosidad hipotecaria en el comportamiento del precio de la vivienda nueva en la ciudad de Bogotá-Colombia durante los años 2015 a 2020.

3.2. Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de la morosidad en créditos hipotecarios y caracterizar los factores asociados a la misma
- Analizar el comportamiento del índice de precios de vivienda nueva en la ciudad de Bogotá
- Determinar la relación existente entre cada una de las variables de estudio sobre el índice de precios de vivienda nueva.
- Estimar el efecto a largo plazo generado por la relación entre las variables analizadas.

4. Estado del arte

Es importante indagar sobre las investigaciones que se han llevado a cabo dentro del campo del sector inmobiliario; en este caso, enfocado en el crédito hipotecario y las causas que pueden originar el vencimiento de cartera e igualmente, es fundamental conocer la literatura previa sobre el análisis del comportamiento que ha tenido el índice de precios de vivienda nueva durante los últimos años.

A lo largo de la historia, el mercado inmobiliario ha sufrido de fuertes fluctuaciones que han golpeado la economía de muchos países, el artículo “*Crisis inmobiliaria y desahucios hipotecarios en España: una perspectiva geográfica*”, escrito por Méndez y Plaza (2016) evidencia la crisis que tuvo el mercado hipotecario español durante la crisis del 2007 y las

consecuencias que dejó este fenómeno sobre el mercado de los créditos hipotecarios. El artículo expone en primer lugar “las herencias derivadas de la trayectoria inmobiliaria española y las consecuencias principales de su crisis, prestando especial atención a los procesos de desahucio” (Méndez y Plaza , 2016), refiriéndose por desahucio al proceso en el que la persona propietaria de su vivienda deja de pagar las cuotas de su hipoteca y es necesario embargar el inmueble.

La investigación se realizó desde una perspectiva geográfica, es decir que muestra por medio de análisis descriptivos y mapas cómo a lo largo del territorio español las familias se vieron afectadas por el no cumplir con el pago de sus cuotas y por lo tanto se perjudicaron con el desahucio de sus viviendas. El informe finaliza con una interpretación de los mapas expuestos; sin embargo, no expone nuevas propuestas y deja el camino abierto a nuevas investigaciones que puedan hacerse luego de este análisis.

Respecto al comportamiento del sector a nivel Latinoamérica, Mosso y López presentan el artículo “*Causas económicas de morosidad en la cartera hipotecaria titulizada en México*” en donde realiza un análisis “para determinar cuáles factores de riesgo macroeconómico afectan a la morosidad de la cartera hipotecaria titulizada” (Mosso y López , 2020, p. 1) por medio de modelos econométricos que arrojan como resultado que existe una relación, aunque es a largo plazo, entre la morosidad de la cartera hipotecaria y el índice de precios de vivienda.

De igual forma a nivel nacional, una de las investigaciones que resalta en el campo en cuestión es la realizada por Ronchaquira y Duarte (2019) *Determinantes macroeconómicos de la morosidad en crédito hipotecario de vivienda en Colombia para el periodo 2006 – 2017*, la misma profundiza en los riesgos que hay dentro de un posible impago en los créditos hipotecarios e identifica las variables macroeconómicas que repercuten sobre el comportamiento de este mercado. La investigación incluye un modelo autorregresivo que indica:

En relación a la tasa de morosidad de la vivienda no VIS, las variables de análisis se encuentran co-integradas, los estimadores de largo plazo indican que el incremento del PIB tiende a reducir los niveles de morosidad, lo que significa que, ante mejoras en el ingreso, tienden a ser más prudentes con los pagos en aras de la adquisición de la propiedad y la vivienda. (Ronchaquirá y Duarte, 2019, p. 49)

Ahora bien, dado que la investigación está orientada en la ciudad de Bogotá es relevante conocer a profundidad los estudios ya realizados en la ciudad. En este caso, en cuanto al comportamiento y al índice de precios de la vivienda para la capital colombiana, el artículo presentado por Camelo y Campo (2015) brinda una mirada a los antecedentes de política de vivienda y el sector de la construcción en la capital colombiana; tomando en cuenta variables principales como lo son la producción, los precios, los créditos hipotecarios y el área construida. Esto con el fin de poder determinar cuál es la política de vivienda que ha primado a lo largo de la historia del país y el cómo esta puede afectar el mercado de vivienda actual.

En este documento se concluye finalmente que el mercado de la vivienda en general no responde al comportamiento de un mercado tradicional, por lo que se recomienda tener en presentes ciertos lineamientos al momento de tomar decisiones de política, en especial de política para la demanda, señalando que “las políticas de demanda basadas en subsidios a la vivienda y acceso al crédito hipotecario deben ser parte de un paquete de medidas contracíclicas, más que una política de largo plazo.” (Camelo y Campo, 2015, p. 16). Es decir, que las decisiones que se tomen en cuanto al control del mercado inmobiliario deben estar orientadas a minimizar los impactos del ciclo presente y no a fortalecer la política a largo plazo.

Se considera también importante identificar y hacer seguimiento a los indicadores que posiblemente puedan ocasionar una crisis en el mercado financiero; por lo que, en esta oportunidad, la investigación se concentrará en el riesgo de crédito. En primer lugar, “el riesgo

de crédito se define como la probabilidad de impago de los créditos que otorga” (Jiménez et al, s.f., p. 2), es decir, que un indicador de riesgo crediticio es el nivel de morosidad existente en cartera para las entidades. Por esta razón es fundamental establecer cuáles son los indicadores que se asocian a la morosidad en créditos hipotecarios y de esta forma hacer una vigilancia estratégica a cada uno de estos indicadores.

Para poder estudiar a profundidad estas variables, se hace revisión en primer lugar al estudio realizado por Mosso y López (2020), el cual brinda un análisis en el que se determina cuáles son las variables macroeconómicas de riesgo que afectan la morosidad en la cartera hipotecaria en México; entre ellas están la apertura económica y las condiciones del mercado internacional, las cuales pueden afectar también el comportamiento de la economía nacional. En la investigación se aplica un modelo autorregresivo de resagos distribuidos (ARDL), el cual “permite modelar la relación entre variables, independientemente de si estas son de orden I (0), I (1) o una combinación de ambas” (Mosso y López, 2020).

Las variables que se tomaron en cuenta en la investigación de Mosso y López fueron: el índice de precios de vivienda, la tasa de rendimiento de los CETES (CDT en Colombia), el índice de precios al consumidor, la tasa de desocupación nacional, el indicador global de la actividad económica, el precio promedio de exportación de petróleo, el índice de precios y cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores, las reservas internacionales, la balanza comercial y de mercancías y el rendimiento promedio del *T-bill*¹ estadounidense a un mes.

El resultado es que estas variables macroeconómicas del mercado internacional, efectivamente están correlacionadas e influyen significativamente en el índice de morosidad en la cartera hipotecaria mexicana, determinando que existe una relación a largo plazo entre la

¹ T-Bill (Treasury bill): Son las letras del Tesoro Estadounidenses.

morosidad y las variables antes mencionadas. Con lo anterior, se agrega a la presente investigación algunas variables relevantes que estén relacionadas con la apertura económica del país, ya que el movimiento y comportamiento del mercado internacional también puede influir sobre el riesgo de crédito hipotecario.

Por otro lado, desde la investigación presentada por Jiménez et al, (s.f.) se busca analizar el efecto que tiene el comportamiento de las variables macroeconómicas sobre el índice de morosidad para la cartera hipotecaria, para esto, se expone un modelo de regresión con estructura ARCH en el que se establece la correlación entre diferentes variables con respecto al índice de morosidad en cartera hipotecaria. Donde finalmente los resultados arrojan que las variables: “tasa de intervención, la inflación, la brecha de desempleo y el índice de precios de vivienda nueva tienen un efecto negativo sobre el índice de cartera vencida y el PIB tiene un efecto positivo” (Jiménez et al. s.f.).

Algo similar se observa desde la investigación presentada por Ronchaquira y Duarte (2019), en la cual se busca determinar cuáles son los determinantes macroeconómicos de la morosidad en crédito hipotecario, pero en esta oportunidad se presenta el caso para Colombia en el periodo 2006 – 2017. Durante el desarrollo de la investigación se implementa un modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL), que arroja como resultado la correlación existente entre la tasa de morosidad de crédito hipotecario y las variables de desempleo, tasa de interés hipotecaria, índice de precios de vivienda nueva y el PIB Nacional. Dando como resultado que “el ajuste lineal del modelo es del 98.8%, supera todas las pruebas relacionadas con los modelos ARDL, por lo que se garantiza la consistencia de los estimadores” (Ronchaquira y Duarte, 2019).

Al revisar a profundidad el estado de estas temáticas, no hay evidencia concreta de una investigación específica que relacione las dos variables de estudio (morosidad en cartera hipotecaria e índice de precios de la vivienda), por lo que el objetivo principal de la investigación es abrir nuevos campos de estudio que aporten al desarrollo de nuevas iniciativas y así abarcar a profundidad este campo del sector económico.

5. Marco teórico

El sector inmobiliario es un mercado muy estudiado por diferentes disciplinas, esto debido a que este se ve fuertemente influenciado por las políticas y los movimientos que se realicen en la economía los cuales involucran la cotidianidad de las personas alrededor del mundo. Se considera importante poder profundizar en las variables que componen este mercado para aportar al desarrollo tanto de la investigación como de nuevas soluciones y políticas.

5.1. Mercado inmobiliario

La vivienda aparte de ser un factor de suma importancia para el bienestar social es una de las mayores inversiones que una familia hará a lo largo del tiempo, sin embargo, también depende del nivel de ingresos de cada hogar determinar si es posible o no adquirir un inmueble propio. Según Fuentes et al. (2020) la vivienda puede identificarse como un satisfactor de necesidades y no como una necesidad, en la medida en que estimula y permite la satisfacción de otras necesidades.

Ahora bien, el mercado inmobiliario según el Instituto Internacional de Investigación en Valuación (s.f.) es en el que “se desarrollan todas aquellas transacciones económicas, que tienen por objeto inmediato la propiedad o el disfrute de un bien inmueble”; se establece como todas las

relaciones comerciales que se tienen desde el sector de la construcción, por lo que es un sector que no solamente genera miles de empleos cada año, sino que también fomenta el crecimiento de la economía del país con el valor que aporta al mercado.

Teniendo en cuenta esto, es importante poder estudiar a lo largo del tiempo el comportamiento del mercado inmobiliario incluyendo los precios de oferta y demanda de la vivienda, con el objetivo de constantemente hacer una revisión sobre la dinámica del mercado y con esto fortalecer la toma de decisiones sin impactar negativamente sobre el bienestar social.

5.2. Mercado inmobiliario en Colombia

En Colombia, según estudio realizado por BBVA Research “en 2020, los costos de construir vivienda nueva aumentaron más que la inflación y que los precios de venta” (2021, p. 32), esto debido al impacto que sufrió la economía durante este año afectando significativamente el sector; también se expone que los nuevos créditos de vivienda se vieron reducidos y los que se dieron se concentraron especialmente en viviendas nuevas.

Sin embargo se afirma que: “el sector inmobiliario tiene buenas perspectivas de crecimiento y liderará el proceso de recuperación económica del país. Estará impulsado por las viviendas nuevas de precio medio y bajo” (p. web). Esto nos indica que, aunque la economía sufrió una fuerte recesión durante el año 2020 que afectó la demanda y oferta de vivienda, ha presentado crecimiento y se tienen buenas expectativas para los siguientes años.

El mercado inmobiliario en Colombia, se ve afectado constantemente debido a los choques presentados en el comportamiento de la economía, tanto nacional como global. Un ejemplo de esto es la crisis mundial generada por el Covid-19, en donde el mercado inmobiliario no fue ajeno a su impacto. Según el (Meneses et al. 2020) desde el informe especial de análisis

de la cartera y del mercado de vivienda en Colombia para el segundo semestre de 2020, se indica que:

“Con respecto a la demanda, a octubre de 2020 el indicador de confianza del consumidor calculado por Fedesarrollo y su componente de intención de compra de vivienda, han venido registrando una recuperación, luego de la fuerte caída observada en abril como consecuencia de los impactos económicos derivados de la pandemia.” (p. 4).

Sin embargo, la economía con el paso de los meses se ha ido recuperando y según el informe presentado por el Banco de la República para el primer semestre de 2021 se espera que “a medida que continúe creciendo la demanda de vivienda y la oferta se mantenga estable, los precios en el agregado nacional podrían registrar una corrección al alza” (Cabrera et al., 2021, p. 2)

5.3. Crédito hipotecario

Los créditos hipotecarios son préstamos emitidos por instituciones financieras y adquiridos por personas naturales y empresas, pueden ser solicitados por diferentes motivos, como lo son: compra, ampliación o construcción de viviendas y también compra de oficinas o locales comerciales.

Según Rivas (2018) “la hipoteca es un derecho de garantía, que se constituye para asegurar el cumplimiento de una obligación (normalmente de pago de un crédito o préstamo), que confiere a su titular un derecho de realización de valor de un bien (generalmente inmueble)” (p. 14), es decir, que la hipoteca es identificada como un contrato.

Algunas de las principales características de los créditos hipotecarios son: 1) Son préstamos otorgados exclusivamente para la compra de bienes inmuebles, 2) Las garantías del pago del inmueble se fijan con la misma propiedad, es decir, que en caso de no cumplir con los

pagos se embargará la propiedad, 3) Los préstamos de vivienda se establecen a mediano y largo plazo, y por lo general el plazo es de 5 a 30 años con cuotas mensuales.

Por otro lado, están también los créditos hipotecarios expresados en UVR (Unidades de Valor Real) los cuales, a lo largo del periodo de préstamo, aumentan su valor de acuerdo con los cambios ocurridos en la inflación, a diferencia de los créditos hipotecarios expresados en pesos que contarán con la misma amortización durante el periodo del contrato (es decir, en este tipo de crédito se sabe desde el inicio del préstamo el saldo que se deberá pagar, sin fluctuaciones por inflación). Para el desarrollo de la investigación se tendrán en cuenta únicamente los créditos hipotecarios expresados en pesos.

5.4. Morosidad en crédito hipotecario

La morosidad “es la ausencia de una retribución pecuniaria en una fecha pactada” (Frkovich et al., 2016, p. 8), es decir, que la morosidad corresponde a la instancia a la que se llega cuando las cuotas de la hipoteca no son pagadas por el responsable de la misma.

Se considera poder estudiar los indicadores que pueden estar asociados a la morosidad, en este caso para fines de la investigación, indicadores asociados a la morosidad en créditos hipotecarios, ya que estos pueden ser señales de alerta temprana sobre una posible crisis financiera.

Es por esto, que con fines de hacer un seguimiento correcto a esta variable, se implementa el índice de morosidad de cartera hipotecaria, el cual tiene en cuenta la relación entre el total de la cartera vencida y el saldo total de la carterahipotecaria de vivienda. De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) la cartera vencida

“corresponde a la sumatoria del capital prestado inicialmente y el número de créditos hipotecarios que presentan una mora mayor o igual a cinco cuotas”. (DANE, s.f.)

5.5. Índice de precios de la vivienda

Castaño et al. (2015) en el reporte de estabilidad financiera presentado por el Banco de la República, exponen los diferentes métodos utilizados por Colombia para el cálculo del índice precios de la vivienda; se muestran métodos como el método de medias y medianas con estratificación, el índice de Fisher, el método de precios hedónicos, el método de ventas repetidas y finalmente el método de tasación. Este documento será importante para identificar las diferentes formas en las que se calcula el indicador y con esto poder profundizar sobre el comportamiento que tiene el precio de las viviendas nuevas durante el periodo de estudio 2015-2020.

Igualmente, como base fundamental se tendrá en cuenta el índice de precios de la vivienda nueva (IPVNBR), que es la serie histórica de datos que brinda el Banco de la República que mide la evolución mensual de los precios de la vivienda nueva para la ciudad de Bogotá y la cuál brindará un gran horizonte a la investigación para el análisis de la evolución del indicador.

6. Morosidad y factores asociados

Luego de la revisión literaria, se llega a la conclusión de que los indicadores asociados a la morosidad en créditos hipotecarios que se tendrán en cuenta para el curso de la investigación incluirán variables macroeconómicas que estén relacionadas con el comportamiento de la economía no solamente a nivel nacional, sino también variables. Las variables a considerar son: la brecha de desempleo, la inflación, el Producto Interno Bruto (PIB), la tasa de intervención, las

reservas internacionales y la Tasa Representativa del Mercado (TRM), encontrando la correlación existente de las mismas con el índice de precios de vivienda nueva para la ciudad de Bogotá.

6.1. Índice de morosidad en créditos hipotecarios

La morosidad como se mencionaba anteriormente es considerada como el riesgo de crédito, en donde el prestatario (quien adquiere el crédito y con este, la obligación de pagarlo dentro de un plazo establecido) por alguna circunstancia decide no pagar una o más cuotas de dicho préstamo hipotecario; este impago de las cuotas hipotecarias genera un gran riesgo para las entidades financieras.

Para hacer un seguimiento a la tasa de impagos y que las entidades financieras puedan conocer el comportamiento de este factor, se implementa el índice de morosidad. Para calcular el índice de morosidad en créditos hipotecarios se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de morosidad} = \frac{\text{Saldo de la cartera vencida}}{\text{Saldo de la cartera total}}$$

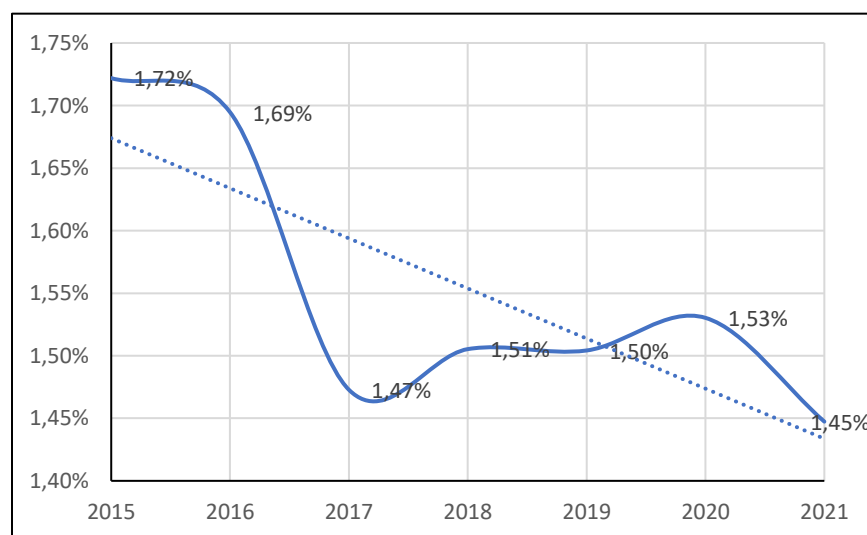
El DANE es quién se encarga en Colombia de llevar las cifras de la Cartera Hipotecaria de Vivienda (CHV), a partir de este documento se calcula el índice de morosidad para los años 2015 a 2020, dando como resultado el gráfico 1. Desde el comportamiento de la variable en el gráfico, se identifica principalmente que la línea de tendencia central es negativa, indicando a grandes rasgos que el índice de morosidad de la cartera hipotecaria desde el año 2015 hasta el segundo trimestre del 2021 va descendiendo, esto muestra una tendencia bajista que puede

traducirse como una poca probabilidad de riesgo de impago para las entidades financieras durante los años observados.

Por otro lado, desde la gráfica se evidencia un fuerte cambio en la variación porcentual del índice, bajando 22 puntos porcentuales del año 2016 al año 2017, al revisar este suceso en detalle desde la base de datos de CHV del DANE, para el año 2016 que el saldo total de la cartera fue de 64.430.152 millones de pesos y el saldo de la cartera a una o más cuotas vencidas es de 1.091.847 millones de pesos; y por otro lado, para el año 2017 el saldo de cartera fue de 70.933.699 millones de pesos mientras que el saldo de cartera vencida fue de 1.044.714 millones de pesos, siendo evidente el aumento significativo en el saldo de cartera en 6.503.547 millones de pesos mientras que el total del saldo de cartera vencida disminuyó en 47.133 millones de pesos.

Figura 1

Comportamiento del índice de morosidad en cartera de vivienda



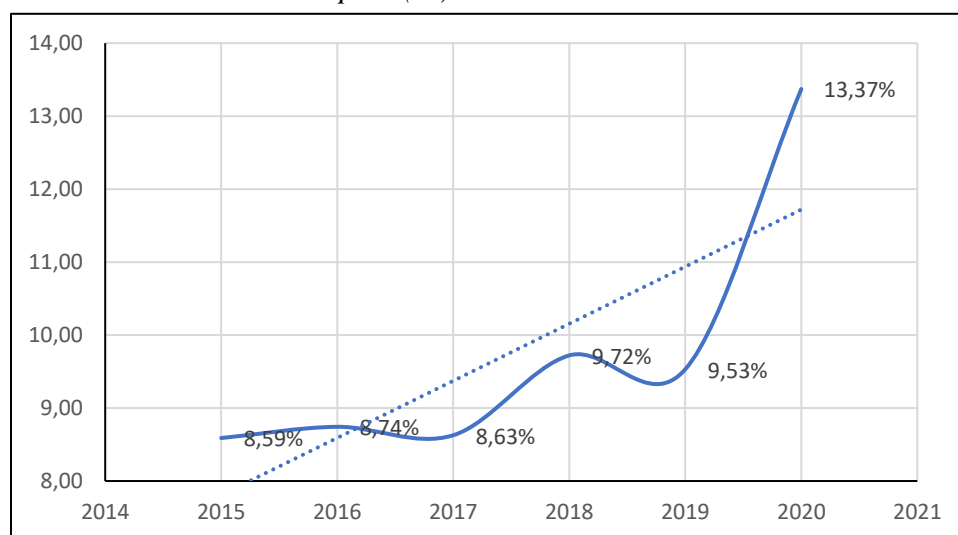
Nota: El gráfico muestra el índice de morosidad en cartera de vivienda en porcentajes desde el año 2015 al año 2021. Fuente: Elaboración propia con datos tomados de DANE (2021)

6.1.1. Desempleo

En cuanto a la tasa de desempleo, desde el la figura 2 podemos ver que la tendencia de la variable es alcista, lo que significa que el desempleo en el país ha ido en aumento durante los últimos años. Durante los años 2015 a 2019 la tasa de desempleo en el país si bien se mantuvo con tendencia en alza, no sufre de choques significativos, sin embargo, para el año 2020 la economía sufre un gran golpe que genera como consecuencia un cambio por encima de 4 puntos porcentuales a la tasa de desempleo, donde se pasó de 9,53% en 2019 a 13,37% en 2020. Este cambio abrupto se puede relacionar con el gran choque que tuvo la economía a nivel mundial con el impacto de la pandemia por el COVID-19, que causó fuertes recesiones e impactos sobre el mercado laboral no solamente colombiano, sino también a nivel mundial.

Figura 2

Comportamiento de la tasa de desempleo (%)



Nota: El gráfico muestra la tasa de desempleo a nivel nacional, en porcentajes desde el año 2015 al año 2020. Elaboración propia. Fuente: GEIH Mercado laboral – DANE

Al poner en contraste la tasa de desempleo junto con el índice de morosidad calculado, se puede ver que son variables con un comportamiento diferente, ya que no sufren los mismos choques y no cuentan con las mismas tendencias en el tiempo, sin embargo, más adelante se

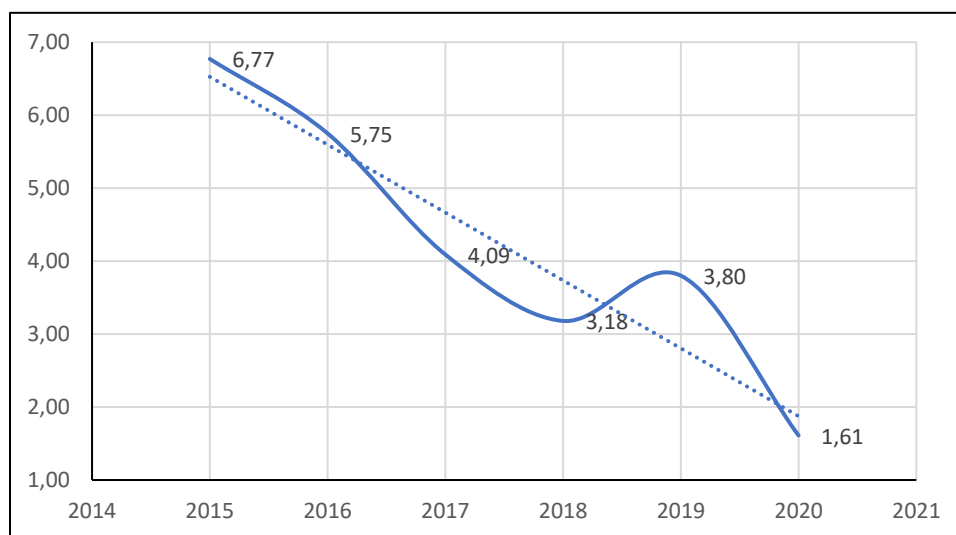
desarrollará el modelo que permitirá comprender de manera más detallada la correlación de las dos variables.

6.1.2. Inflación

“En Colombia, la meta de inflación es fijada por la Junta Directiva del Banco de la República (JDBR)” (Banco de la República de Colombia). Esta meta inflacionaria que se fija, indica el Banco de la República que hace referencia a la inflación de precios al consumidor al final de cada año, y se mide como la variación de los doce meses del Índice de Precios al Consumidor (IPC); este índice es calculado por el DANE.

Figura 3

Comportamiento de la tasa de inflación



Nota: El gráfico muestra la tasa de inflación a nivel nacional, en porcentajes desde el año 2015 al año 2020. Elaboración propia. Fuente: Inflación total y meta – Banco de la República de Colombia

La tasa de inflación, al igual que la tasa de morosidad, registra una tendencia bajista durante el periodo de estudio 2015-2020. La figura 3 muestra una fuerte caída del porcentaje para el año 2020, donde disminuyó la tasa inflacionaria 2,19 pp por debajo del registro del año anterior con 3,80% en 2019. Según el diario de La República (2021) “la inflación de 1,61% del

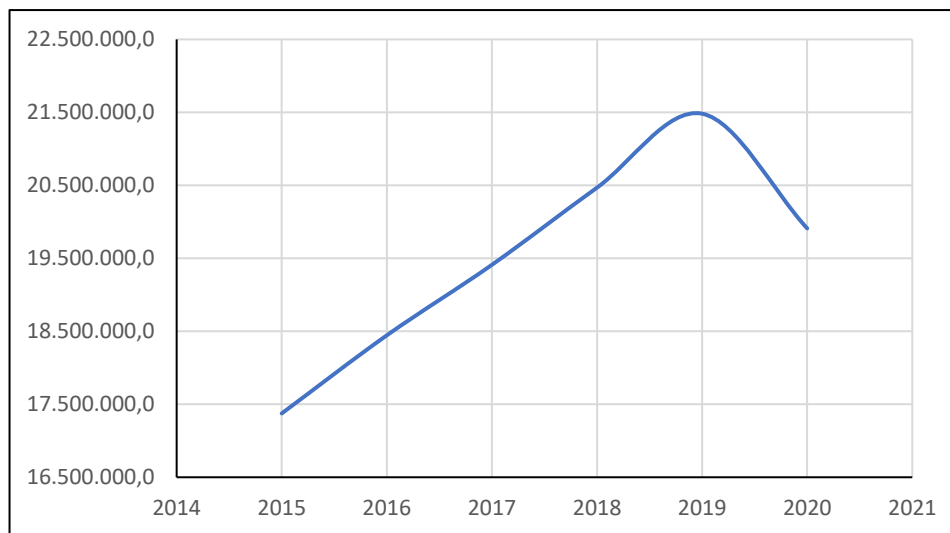
año 2020 es la más baja de la historia estadística que informa el DANE”, sin embargo, este resultado y esta trayectoria en inflación no es negativa para el país, el resultado para el 2020 se ha mantenido dentro del rango meta proyectado.

Pero esto no es nuevo, desde el 2018, la inflación en el país se ha encontrado dentro del rango meta esperado para final de cada año. Es muy importante que los precios se mantengan estables, con esto el indicador de inflación se consideraría menos riesgoso e influyente en la decisión de impagos de las hipotecas para las familias, y la estabilidad en los precios potenciaría el crecimiento de la economía del país.

6.1.3. *Producto Interno Bruto*

El Producto Interno Bruto (PIB) es definido por el DANE como “el valor total de los bienes y servicios finales producidos por el país durante un trimestre definido”, es decir, los bienes y servicios que el consumidor final compra. Este indicador ayuda a medir el desempeño y la riqueza de la economía de un país a lo largo de los años. (Banco de la República de Colombia , s.f.)

En la figura 4 se observa el comportamiento del PIB per capita durante los años 2015-2020, donde se evidencia una constante tendencia al alza hasta el año 2019, ya que para el año 2020, la producción nacional se vio afectada debido a la desaceleración económica ocurrida este año. “Esta se trata de la mayor caída del PIB desde que se tienen series de crecimiento” (La República, 2021).

Figura 4*Comportamiento del PIB per cápita*

Nota: El gráfico muestra el PIB per-capita en miles de millones de pesos. Elaboración propia. Fuente: Producto Interno Bruto (PIB) – Banco de la República de Colombia.

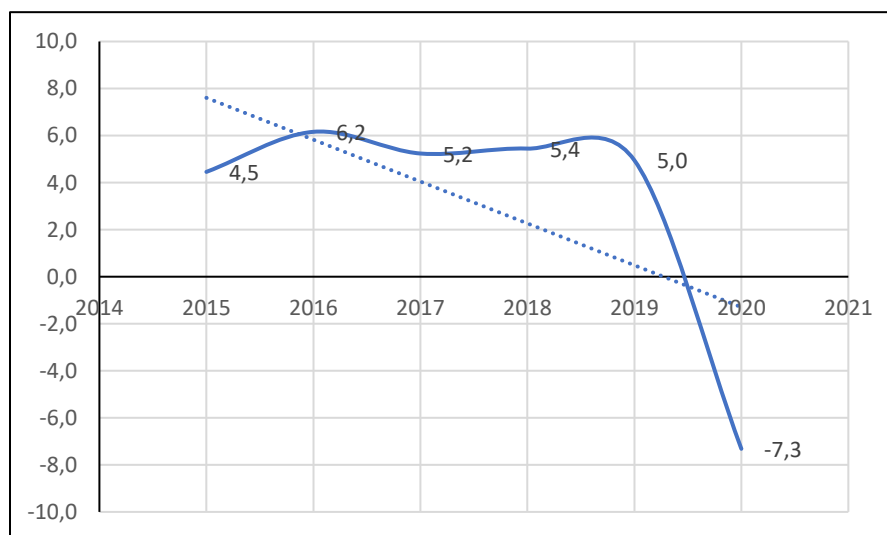
Por otro lado, en la figura 5 se evidencia la variación porcentual de este indicador, donde se puede ver mucho más en detalle la caída que tuvo el indicador para el periodo mencionado. Sin embargo, esta desaceleración económica ya se veía venir por muchos expertos, ya que para el año 2020 el consumo de los hogares se vio reducido fuertemente, esto puede atribuirse a las fuertes restricciones implementadas durante el primer año de la pandemia por el COVID-19. Esta reducción en el consumo de los hogares es considerada también como una caída histórica “También es la contracción más importante en materia de disminución del gasto del consumo final de los hogares, -5,8% contra un -3,2% que se vio a finales de los noventa” (La República, 2021).

Los principales sectores que se vieron afectados y contribuyeron en esta contracción del comercio fueron: “transporte, alojamiento y servicios de comida (-15,1%) , construcción (27,7%) y explotación de minas y canteras (-15,7%), que sumadas aportaron -5,8 puntos porcentuales

dentro del resultado general.” (La República, 2021). Siendo sectores importantes para la actividad comercial del país y que durante el año 2020 no tuvieron los mejores resultados.

Figura 5

Comportamiento de la variación porcentual del PIB-per capita



Nota: El gráfico muestra la variación porcentual del PIB per-capita. Elaboración propia. Fuente: Producto Interno Bruto (PIB) – Banco de la República de Colombia.

Finalmente, al comparar el comportamiento del PIB per cápita junto con el comportamiento del índice de morosidad, se puede ver que las tendencias son diferentes, mientras el PIB va aumentando con el paso de los años, el índice de morosidad está disminuyendo. Esto puede relacionarse con el crecimiento de la economía nacional per-cápita, al aumentar la riqueza del país en terminos del PIB, existe menos riesgo a un impago de los créditos por parte de las familias.

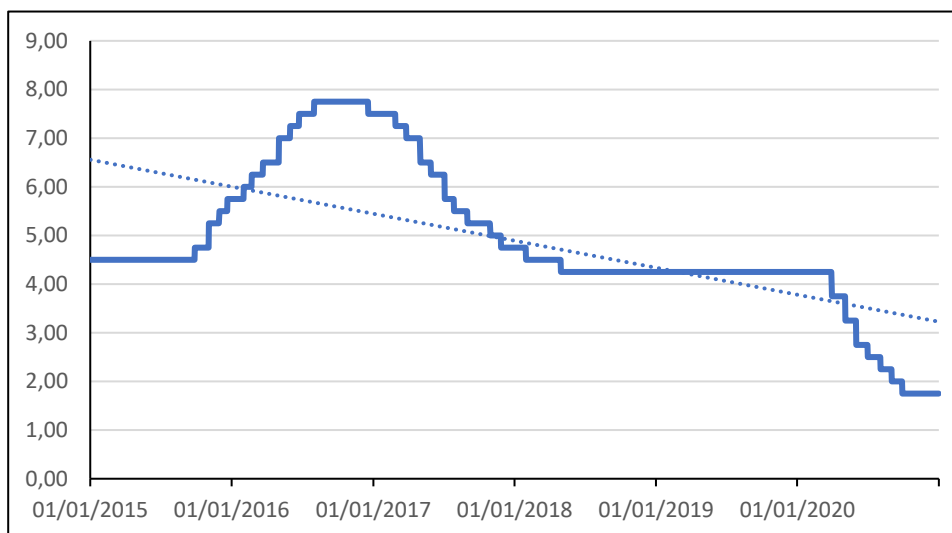
6.1.4. Tasa de intervención

De acuerdo con el Banco de la República, la tasa de intervención es “la principal herramienta que tiene la Junta Directiva para conducir la política monetaria del país”, este es el principal mecanismo de política monetaria que se implementa y que ayuda a tener control del dinero circulante en la economía.

Desde la figura 6 se evidencia el comportamiento de la tasa de intervención propuesta por el Banco de la República desde el año 2015 hasta el año 2020, mostrando con el paso del tiempo una tendencia a la baja, especialmente durante el año 2017 a 2018, en donde se inicia el 01-01-2017 con una tasa de intervención de 7,5% y termina para el 31 de diciembre de 2017 con una reducción en 2,75 pp dejando la misma en 4,75%.

Por otro lado, también se identifica un comportamiento constante, este se da desde mayo de 2018 hasta marzo de 2020, en donde la política aplicada en la tasa de intervención se mantuvo en 4,25% durante esos meses. Esto pueden ser señales de un buen comportamiento de la economía, en donde si bien la tasa no es la menor registrada, durante este tiempo no se identificaron choques importantes en los que fuera necesario implementar políticas que motivaran al Banco de la República a aumentar o disminuir la tasa, sin embargo, sería importante identificar si esta decisión fue acertada y fomentó el crecimiento económico del país.

Finalmente, luego de un comportamiento constante durante más de un año, en abril de 2020 se toma la decisión de disminuir la tasa de un 4,25% a un 3,75%, la misma en el transcurso del año fue disminuyendo paulatinamente y cierra el 31 de diciembre 2020 en un 1,75%. Esta decisión de reducir la tasa de interés luego de un largo periodo de que se mantuviera constante se puede asociar con la reactivación económica que tenía que hacer el país debido a las fuertes restricciones en las transacciones y en el comercio en general para este año.

Figura 6*Comportamiento de la tasa de intervención*

Nota: El gráfico muestra el comportamiento de la tasa de intervención desde el año 2015 al 2020. Elaboración propia. Fuente: Tasas de interés de política monetaria – Banco de la República de Colombia.

En cuanto a la relación de la tasa de intervención con el índice de morosidad, se puede ver a grandes rasgos que las dos variables a lo largo del tiempo de estudio van disminuyendo, sin embargo, no presentan el mismo comportamiento, el índice de morosidad tiene mucha más volatilidad, por lo que se puede concluir a grandes rasgos que la correlación entre las dos variables es significativa en un bajo porcentaje.

6.1.5. Reservas internacionales

Las reservas internacionales son una herramienta que implementa el Banco de la República con el propósito de defender el peso del mercado cambiario, evitando que la moneda nacional pierda mucho valor comparado con las monedas extranjeras. Para esto, el Banco de la República implementa unos límites en los que se permite que la moneda fluctúe y para mantener el mercado bajo control, se implementa la oferta y demanda de las reservas. “Cuando el valor de la moneda extranjera excede dichos límites, el Banco decide vender reservas internacionales para

que la moneda extranjera tenga más oferta, no sea tan escasa y pierda valor en comparación con la moneda local” (Red Cultural del Banco de la República, s.f.)

Según la definición dada por el Banco de la República, las reservas internacionales son “los activos externos bajo el control de las autoridades monetarias, expresados principalmente en divisas (moneda extranjera y depósitos y valores en moneda extranjera), el oro monetario, los Derechos Especiales de Giro (DEG), la posición de reserva del FMI y otros activos”.

El comportamiento de las reservas internacionales será calculado con las reservas netas, que corresponden al total de reservas líquidas con las que cuenta el banco para hacer el control del tipo de cambio en el país, ya que las reservas netas incluyen todos los demás activos y no solamente el dinero líquido que se requiere para este análisis.

Desde el la figura 7 se identifica para los primeros 4 años de análisis un comportamiento constante para las reservas internacionales del BanRep sin variaciones drásticas, dentro de este mismo periodo se presenta el menor registro de reservas entre el 2015 a 2020 con un saldo de 46.674,6 millones de dolares para diciembre del 2016.

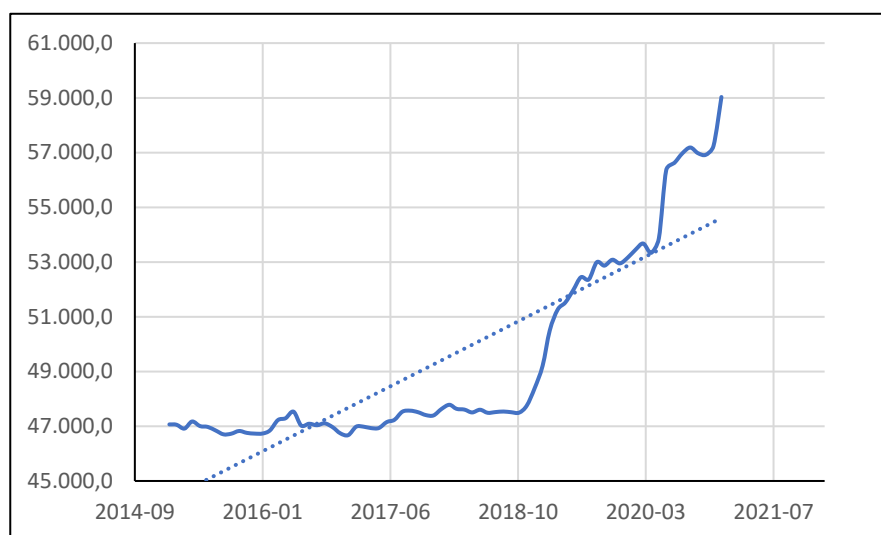
Para el año 2018, el saldo de las reservas va incrementando de forma constante hasta el 2020 donde llega al máximo saldo registrado en el periodo de estudio con un total de 59.030,8 millones de dolares para diciembre del 2020. Este aumento durante los últimos años puede traducirse en un mayor acceso al mercado internacional, ya que:

“Entre más reservas internacionales tenga un país, más respaldo existe para defender el valor de la moneda local. En estos casos, la moneda local se fortalece y no es tan vulnerable frente a variables que afecten su valor; es decir, no se devalúa” (Red Cultural del Banco de la República, s.f.).

Este fenómeno presentado durante los años 2018 a 2020 puede deberse a un aumento en las transacciones que se realizaron en el exterior, ya sea un aumento en las exportaciones, un aumento en la inversión extranjera en el país, entre otros diferentes fenómenos a los que se puede atribuir este hecho.

Figura 7

Comportamiento de las reservas internacionales



Nota: El gráfico muestra el comportamiento de las reservas internacionales desde el año 2015 al 2020. Elaboración propia. Fuente: Reservas internacionales del Banco de la República – Banco de la República de Colombia.

6.1.6. Tasa representativa del mercado - TRM

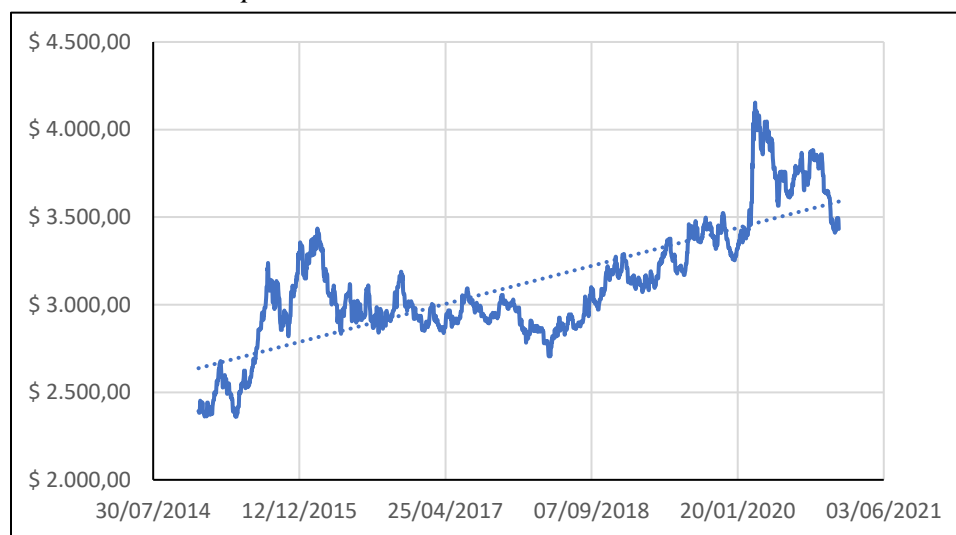
De acuerdo con el Banco de la República, “La tasa de cambio representativa del mercado (TRM) es la cantidad de pesos colombianos por un dólar de los Estados Unidos” (Banco de la República, s.f.). La misma es calculada en base a las transacciones de compra y venta de divisas con periodicidad diaria.

Desde la figura 8 se evidencia el comportamiento de la TMR durante el periodo de estudio (2015-2020), en donde registra una tendencia al alza con el paso de los años, y en donde también se puede ver una volatilidad muy alta con cambios drásticos constantes. La tasa reporta

el menor valor el 09 de septiembre de 2015 con un costo de \$ 2.360,58 COP por cada \$ 1 USD y el mayor valor al que llegó durante este periodo fue \$ 4.153,91 por cada \$ 1 USD presentado el 20 de marzo de 2020.

Figura 8

Comportamiento de la tasa representativa del mercado



Nota: El gráfico muestra el comportamiento de la TRM desde el año 2015 al 2020. Elaboración propia. Fuente: Tasa Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar) – Banco de la República de Colombia.

Al comparar el comportamiento de la TRM junto con el del índice de morosidad, se muestra que la tendencia de cada uno es diferente, ya que mientras uno disminuye con el paso del tiempo, el otro va en aumento. Finalmente, se concluye que las variables cuentan con una correlación negativa, es decir, que los dos indicadores se comportarán de forma opuesta.

6.2. Índice de precios de vivienda nueva en Bogotá

El mercado de la vivienda ha sufrido diferentes cambios durante los últimos años, este sector cuenta con una gran participación dentro del PIB Nacional, lo que hace que el indicador sea relevante para el desarrollo y crecimiento de la economía del país. El mercado inmobiliario está fuertemente ligado a la vida cotidiana de las familias, cualquier choque inesperado en este

sector afectará ya sea de manera positiva o negativa el bolsillo de los hogares, no solamente de las familias que deciden vivir bajo arriendo, sino también de las familias que aspiran comprar su propia vivienda.

En muchas oportunidades el comportamiento del mercado influye en que no sea posible para las familias adquirir una vivienda propia. Debido a esto, se considera importante plantear un seguimiento al comportamiento del mercado de la vivienda, para así conocer el estado de este mercado y con esto aportar para la elaboración de nuevas políticas que fomenten cada vez más el crecimiento del sector.

Para plantear una vigilancia estratégica sobre este índice y conocer su comportamiento, se hace seguimiento al Índice de Precios de Vivienda Nueva (IPVN). Según el DANE, el IPVN “Es un indicador que permite conocer la evolución de los precios de venta de la vivienda nueva en proceso de construcción y/o hasta la última unidad vendida”, por lo que es muy utilizado en este tipo de seguimientos estratégicos.

El Banco de la República señala que la metodología que se utiliza para calcular el IPVN “consiste en un índice de precios superlativo de Fisher con base fija (diciembre de 2006), para el cual se utilizan los precios y áreas de todos los inmuebles nuevos disponibles para la venta en un determinado período”. (Banco de la República de Colombia, s.f.), este cálculo es realizado por el BanRep con información tomada de La Galería Inmobiliaria².

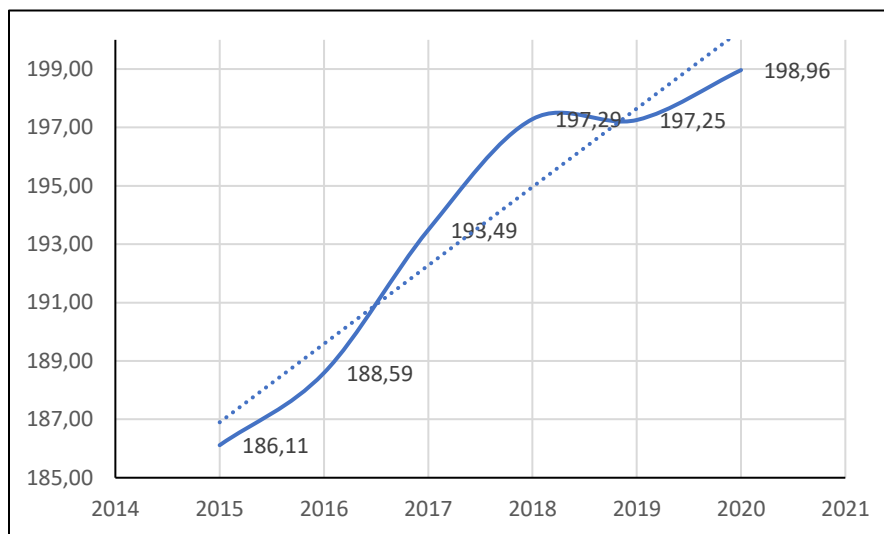
Con esta información, se comprenden mejor las bases conceptuales del sector, por lo que es posible entrar a profundizar sobre el comportamiento del mismo. Al hacer el análisis sobre el comportamiento del IPVN durante el periodo 2015 a 2020 desde el gráfico 9, se evidencia que cuenta con una tendencia al alza, es decir que durante este periodo de tiempo ha ido en un

² La Galería Inmobiliaria es una compañía que brinda servicios de almacenamiento, procesamiento y análisis de datos del sector inmobiliario.

aumento constante; aunque es cierto que ha sufrido de algunas variaciones, no hay un choque fuerte que de indicios a una señal de alerta.

Figura 9

Comportamiento del índice de vivienda nueva



Nota: El gráfico muestra el cálculo del índice de vivienda nueva para la ciudad de Bogotá. Elaboración propia.
Fuente: Índice de precios de la vivienda nueva (IPVN) – Banco de la República de Colombia.

El choque más significativo que tuvo el índice durante el periodo de análisis fue en el año 2017, donde se pasó de contar con un índice de 188,59 en 2016 a 193,49 en 2017, cerca de 5 puntos por encima. El aumento constante del IPVN no es un indicador de alerta a simple vista, pero si será siempre necesario hacer vigilancia a los demás indicadores que se pueden ver afectados por este constante aumento, ya que si sube sobre los estándares esperados podrá afectar significativamente el comportamiento del consumidor. Igualmente, también es fundamental revisar cuales son los factores que influyen sobre esta alza en el IPVN, y con esto poder estudiar los fenómenos que están marcando las tendencias del índice.

7. Variables

Para poder identificar la correlación y los efectos que tiene el índice de morosidad y sus determinantes sobre el precio de la vivienda nueva, es necesario poder identificar las variables anteriormente descritas; para esto, se asignará una sigla específica a cada una de las variables lo que permitirá la identificación de la misma en el análisis descriptivo:

Tabla 1

Descripción de variables

Variable	Descripción
IMCH	Índice de morosidad en cartera hipotecaria
DES	Desempleo
INFL	Inflación
PIB	Producto interno bruto
TIBR	Tasa de Intervención del Banco de la República
RIBR	Reservas Internacionales del Banco de la República
TRM	Tasa representativa del mercado
IPVN	Índice de precios de vivienda nueva

Nota. Fuente: elaboración propia

7.1. Variable endógena

Una variable endógena es aquella que queda determinada por las variables del modelo, es decir que es una variable dependiente que está correlacionada con las demás variables del modelo. Es por esto que para efectos de este análisis, se tendrá en cuenta como variable endógena la variable de precios de vivienda nueva para la ciudad de Bogotá (IPVN), ya que esta variable es la que será explicada por el índice de morosidad y sus determinantes.

7.2. Variables exógenas

Las variables exógenas, son aquellas variables de las cuales su valor no queda determinado dentro del modelo, es decir, que son variables independientes y que los valores de las variables endógenas se toman como datos de las relaciones que se establezcan en el modelo. Por lo que para el análisis de la correlación de las variables, se tomarán como exógenas las variables: Índice de Morosidad de Cartera Hipotecaria (IMCH), Desempleo (DES), Inflación (INFL), Producto Interno Bruto (PIB), Tasa de Intervención del Banco de la República (TIBR), Reservas Internacionales del Banco de la República (RIBR) y la Tasa Representativa del Mercado (TRM).

8. Metodología

En cuanto a la metodología, la investigación es de tipo explicativo, en donde se busca establecer la relación que tiene la morosidad hipotecaria sobre los precios de la vivienda nueva buscando identificar cuales son los efectos a largo plazo; los datos son observados por medio de la correlación entre las variables anteriormente detalladas.

Se recurrirá a un diseño no experimental, ya que los datos estadísticos están previamente estructurados por entidades como el DANE o el Banco de la República, por lo que no se tendrá control o manipulación de dichas variables. Igualmente, es importante resaltar que es una investigación netamente de observación de datos, por lo que se clasifica de tipo inductivo enfocada en la observación y el análisis de variables.

En el procesamiento de los datos de estudio, se encuentran las variables como no estacionarias, por lo que para corregir este error en la tendencia y lograr un resultado mucho más aproximado a la realidad y mucho más significativo, se implementa el método de las primeras

diferencias o diferenciación, que se encarga de transformar la variable y eliminar las tendencias en las series de tiempo. El método se define como:

$$\nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (1)$$

Por otro lado, para establecer la correlación de las variables en el tiempo se utilizará el modelo de rezagos distribuidos finitos (RDF), el cual es un modelo dinámico utilizado sobre series de tiempo donde según explica del Barrio Castro (s.f.) “se ve que una variación de X en un periodo afectaría al valor de Y en aquel mismo periodo y hasta s periodos más” (p. 9). El modelo de retardos distribuidos finitos tiene la forma:

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=0}^s \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

E igualmente, para poder tener un análisis mucho más limpio e uniforme de la serie de datos, luego de implementar el método de diferenciación, se halla la variación porcentual de cada una de las variables. Esto con el objetivo de identificar las mismas unidades de medida y no realizar un análisis sobre unidades diferentes para cada dato.

La cual también se puede escribir como:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \beta_s X_{t-s} + \varepsilon_t \quad (3)$$

En donde:

- β_0 = Multiplicador a corto plazo (o de impacto)
- β_1 = Cambio de Y en un periodo posterior al cambio en la variable explicativa en un periodo dado.
- β_2 = Cambio de Y en un periodo posterior al cambio en la variable explicativa en un periodo dado.

Por lo tanto, la ecuación determinada para el desarrollo del modelo tendría la forma:

$$\begin{aligned}
 Y_t = \alpha + \sum_{i=0}^p \beta_i IMCH_{t-i} + \sum_{i=0}^q \theta_i TD_{t-q} + \sum_{i=0}^r \mu_i INFL_{t-r} + \sum_{i=0}^s \delta_i PIB_{t-s} \\
 + \sum_{i=0}^u \rho_i TI_{t-u} + \sum_{i=0}^v \gamma_i RI_{t-v} + \sum_{i=0}^w \tau_i TRM_{t-w} + \varepsilon_t
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Por otro lado, es importante determinar cual es la cantidad de rezagos óptima para cada una de las variables, por lo que se denomina la estructura del retardo como el conjunto $\{\delta\} = \{\delta_0, \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n\}$, y de acuerdo con Tajaruda (2015), después de n periodos se obtiene el multiplicador de retardos distribuidos de largo plazo o efecto total, que es aquel que representa el cambio acumulado en la variable endógena cuando sufre un aumento la variable explicativa en el momento t , donde la suma de todos los coeficientes de retardo es:

$$\sum_{i=0}^n \beta_i = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n
 \tag{5}$$

De acuerdo con esto, para el desarrollo del modelo la selección de la cantidad de rezagos óptimos que se debe utilizar en cada una de las variables de estudio, se utiliza en el software RStudio la función VARselect que arroja como resultado recomendaciones para la selección de la cantidad de rezagos teniendo en cuenta diferentes criterios, como lo son: el Criterio de información de Akaike (AIC), el Criterio de información de Hannan y Quinn (HQ), el criterio información bayesiana de Schwarz (SC) y el error de predicción final de Akaike (FPE).

Por otro lado, para comprobar la existencia o no de raíces unitarias en la serie de tiempo se utilizará el Test de Phillips-Perron que incluye la prueba Dickey-Fuller en donde la hipótesis nula de esta prueba indica la existencia de una raíz unitaria.

9. Resultados

Se determina desde la ecuación (3) que los rezagos para la ecuación están dados por (p, q, r, s, u, v, w) respectivamente, por lo que luego de obtener los resultados de cada criterio anteriormente descrito (ver anexo A), para seleccionar el nivel óptimo de rezagos se elegirá el menor valor obtenido que se considera el mejor ajuste a los datos, en este caso se seleccionó el criterio FPE que se considera como un estadístico conveniente para pruebas pequeñas menores a 100 datos. Y finalmente, luego de ejecutar el criterio, se identifica que los rezagos óptimos para cada variable son los siguientes: (1, 9, 9, 8, 1, 1, 9).

Por otro lado, después de ejecutar la prueba Dickey-Fuller, se rechaza la hipótesis nula en todas las variables indicando que no hay existencia de raíces unitarias que puedan interferir negativamente sobre el modelo (ver anexo B).

En el desarrollo del modelo, se observa que las estimaciones para las variables varían en el tiempo con respecto al nivel de impacto que generan. Por ejemplo, aunque el rezago óptimo para las variables IMCH, RI y TI sea uno, se explica claramente el comportamiento a largo plazo del efecto que tienen las variables sobre el índice de precios de vivienda nueva en Bogotá. Desde la tabla 2 se evidencia que la relación de los precios de vivienda junto con el índice de morosidad es positiva, por lo que si la morosidad en créditos hipotecarios aumenta, el precio de la vivienda nueva también aumentará. Sin embargo, en el largo plazo puede que esta relación sea inversa como se puede detallar desde el rezago (IMCH.1), en donde si el IPVN aumenta, el IMCH disminuirá en 1,30%.

Este mismo comportamiento se evidencia en las RI, ya que un aumento en la variación porcentual de las reservas internacionales irá relacionado con un aumento en el IPVN, pero en el largo plazo el efecto llega a ser contrario.

Por último, podemos ver que para la TI el comportamiento es diferente, ya que se evidencia una relación indirecta entre las variables indicando que una disminución en la tasa de intervención propuesta por el BanRep, irá relacionada con un aumento en el índice de precio para las viviendas nuevas.

Tabla 2

Resultados modelo RDF – Variables con 1 rezago

Variable 1 rezago	Estimado
Intercepto	0,693
IMCH.t	1,3018
IMCH.1	-1,2578
RI.t	0,0711
RI.1	-9,8270
TI.t	-2,1634
TI.1	3,6795

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

Por otro lado, como variable con 8 rezagos óptimos se encuentra el PIB, en donde se identifica una relación directa con la variable dependiente. Por lo que un aumento en PIB estará ligado a un aumento en el IPVN para Bogotá en un 3,95%, teniendo en cuenta que la relación a largo plazo no es constante y se presentarán diferentes efectos con el paso del tiempo como se observa en la tabla 3.

Tabla 3

Resultados modelo RDF – Variables con 8 rezagos

Variable 8 rezagos	Estimado
Intercepto	3,9513
PIB.t	0,8494
PIB.1	6,4780
PIB.2	-6,1064
PIB.3	-10,0018

PIB.4	-6,6761
PIB.5	2,5644
PIB.6	5,9305
PIB.7	4,3524
PIB.8	4,406

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

En cuanto a las variables que se identificaron como óptimas con 9 rezagos están la TD, INFL y TRM, sin embargo, según el modelo desarrollado la TRM no cuenta con ninguna relación ni a corto ni a largo plazo con el IPVN y es debido a esto que la TRM no se relaciona desde la tabla 4. Por otro lado, aunque los rezagos óptimos eran 9, para la INFL solamente se encontraron relación en 2 rezagos, donde se identificó que la relación con el IPVN es directa lo que indica que a mayor sea la INFL, mayor será el IPVN.

Aunque estas variables mencionadas anteriormente no cuentan con una relación fuerte sobre el IPVN, la TD si arrojó los resultados esperados, indicando que la relación entre ambas variables es directa. Por lo que es correcto decir que si disminuye la tasa de desempleo en - 0,04%, a este comportamiento también irá ligado una disminución en el IPVN del 5,95% para la ciudad de Bogotá. E igualmente si la TD aumenta, el precio de la vivienda aumentará con el tiempo.

Tabla 4

Resultados modelo RDF – Variables con 9 rezagos

Variables 9 rezagos	Estimado
Intercepto	-5,9534
TD.t	-0,0459
TD.1	-1,0237
TD.2	0,0535
TD.3	-0,0302
TD.4	0,0778
TD.5	0,026
TD.6	-0,5483

TD.7	0,0367
TD.8	-0,074
TD.9	0,0118
INFL.t	0,2522
INFL.1	-2,4266

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

Durante el desarrollo del modelo, se identifica que ninguno de las relaciones estudiadas tiene un resultado significativo, por lo que aunque las relaciones sean correctas, al momento de revisar las relaciones, habrá un rango de error mucho mayor a que si las variables fueran altamente significativas.

10. Conclusiones

De acuerdo con todo el desarrollo anterior, se concluye que el índice de morosidad de la cartera hipotecaria y sus factores asociados si generan efectos sobre el índice de precios de la vivienda en la ciudad de Bogotá y las relaciones entre las variables es muy acertada con la realidad que se percibe desde el comportamiento de la actividad económica del país. Un ejemplo de esto sería el efecto del la morosidad sobre el IPVN, en donde el efecto directo entre las variables se relaciona correctamente con el riesgo que asumen las entidades cuando se tienen altas tasas de morosidad, ya que los bancos siempre buscarán disminuir los efectos de una fuerte morosidad en la cartera debido a que esto impacta directamente sobre los costos que se deben asumir, por lo que el IPVN tendría un aumento en esta instancia en la que se decide dar un aumento en el precio de las viviendas para contrarrestar el impacto generado por un aumento en los impagos de las hipotecas.

En general, los efectos que genera la morosidad y todas las demás variables estudiadas sobre el IPVN son positivos, es decir que no se genera ningún contraste negativo en el que se

deba tomar acción sobre alguna de las variables como señal de alerta de una posible crisis financiera que afecte el presupuesto de las familias y la economía general del país, sin embargo, si es importante establecer una vigilancia estratégica ante cualquier posible cambio que pueda ocurrir en las mismas, para poder determinar nuevas políticas de control que rijan y mantengan la economía del país y el mercado inmobiliario estable, sin afectar la calidad de vida de los hogares.

Si bien los resultados arrojados no son estadísticamente significativos, los efectos identificados durante el desarrollo del modelo no son contradictorios a lo que se evidencia en el comportamiento económico colombiano actual, por lo que el modelo aunque cuente con un margen de error, este margen es aceptable y aporta valor al campo de investigación del mercado inmobiliario y los diferentes factores que lo integran.

11. Recomendaciones

Con base en los resultados identificados, para poder hallar resultados con una significancia amplia se recomienda implementar series de tiempo con más de 30 o 50 observaciones, de esta forma, el nivel de rezagos óptimo que se seleccione no eliminará una cantidad significativa de resultados dejando la muestra final con un total de observaciones muy disminuido, reduciendo también la posibilidad de aumentar el grado de confianza de los resultados.

La investigación determinó las relaciones entre los factores asociados a la morosidad sobre el IPVN para la ciudad de Bogotá, sin embargo, se brinda la oportunidad de explorar muchas más variables desde otros campos o desde otras ciudades del país, con el fin de llevar un control mucho más amplio del comportamiento inmobiliario en diferentes sectores y ubicaciones.

Por último, se considera importante para futuras investigaciones incluir al análisis la relación entre los créditos hipotecarios expresados en UVR, esto con el fin principal de realizar un estudio y un acercamiento a la comparativa sobre el efecto que tiene la morosidad tanto en créditos expresados en pesos como en los que están expresados en UVR, abarcando el mercado crediticio de forma más profunda y detallada.

12. Referencias

Amaya, L. (2018). *Criterio de Akaike para la selección de modelos con transformaciones*.

Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomás .

Banco de la República de Colombia . (s.f.). *Índice de precios de la vivienda nueva (IPVNBR)*.

Obtenido de BanRep: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-vivienda-nueva-ipvnbr>

Banco de la República de Colombia. (s.f.). *Inflación total y meta*. Obtenido de

<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inflacion-total-y-meta>

Banco de la República. (s.f.). *Reservas internacionales del Banco de la República*. Obtenido de

Banco de la República: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/reservas-internacionales-del-banco-republica>

Banco de la República. (s.f.). *Tasa Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar)*.

Obtenido de Banco de la República: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>

Banco de la República. (s.f.). *Tasas de interés de política monetaria*. Obtenido de Banco de la

República: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tasas-interes-politica-monetaria>

- BBVA Research. (2021). *Situación inmobiliaria Colombia 2021*. Obtenido de <https://www.bbvaresearch.com/publicaciones/colombia-situacion-inmobiliaria-colombia-2021/>
- Cabrera , W., Meneses , M. F., & Sánchez, C. E. (2021). *Análisis de la cartera y del mercado de vivienda en Colombia*. Bogotá: Banco de la República. Obtenido de https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/10037/IE_Vivienda_2021_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Camelo, M., & Campo , J. (2015). *Análisis de la política de vivienda en Bogotá: un enfoque desde la oferta y la demanda*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/fype/v8n1/2248-6046-fype-8-01-105.pdf>
- del Barrio Castro, T., Clar López, M., & Suriñach Caralt, J. (s.f.). *Modelos de regresión dinámicos y multiecuacionales*. Obtenido de http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/71665/1/Econometr%C3%ADa_M%C3%B3dulo%205_Modelos%20de%20regresi%C3%B3n%20din%C3%A1micos%20y%20multiecuacionales.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (s.f.). *Cartera Hipotecaria de Vivienda (CHV)*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/cartera-hipotecaria-de-vivienda>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (s.f.). *Glosario Cartera Hipotecaria de Vivienda*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/cartera-hipotecaria-de-vivienda/glosario-cartera-hipotecaria-de-vivienda>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (s.f.). *Mercado Laboral*.

Obtenido de Empleo y desempleo: [https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo#:~:text=Para%20el%20mes%20de%20julio,2020%20\(56%2C5%25\)](https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo#:~:text=Para%20el%20mes%20de%20julio,2020%20(56%2C5%25).).

Frkovich, I., Jara, V. E., Rodriguez, L. A., & Dentone, L. A. (2016). *Correlación entre el ciclo económico y la morosidad*. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/618289/FRKOVICH_CI%20-%20Cybertesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto Internacional de Investigación en Valuación, S.C. (s.f.). *Phoenix Instituto de Valuación*.

Obtenido de <https://www.institutodevaluacion.com/que-es-el-mercado-inmobiliario-2/>

Jimenez, M., Baena, L., Velásques, H., & Álvaro, H. (s.f.). *Determinantes del índice de cartera vencida hipotecaria en Colombia: 2006-2014*. Medellín. Obtenido de https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7747/LeidyJohana_BaenaCardona_Marcela_JimenezMejia_2015.pdf?sequence=2

La República. (16 de Febrero de 2021). *La caída de 6,8% del Producto Interno Bruto de 2020 fue la peor de la historia del país*. Obtenido de La República:

<https://www.larepublica.co/economia/la-caida-de-68-del-producto-interno-bruto-de-2020-fue-la-peor-de-la-historia-del-pais-3125632>

La República. (05 de Enero de 2021). La inflación de 1,61% del año 2020 es la más baja de la historia estadística que informa el Dane. *La República*. Obtenido de

<https://www.larepublica.co/economia/la-inflacion-de-161-de-2020-es-la-mas-baja-de-la-historia-estadistica-del-dane->

Ronchaquira, K., & Duarte, J. (2019). *Determinantes macroeconómicos de la morosidad en crédito hipotecario de vivienda en Colombia para el periodo 2006-2017*. Bogotá.

Obtenido de

<https://repositorio.unicolmayor.edu.co/bitstream/handle/unicolmayor/167/9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tajaruda, B. (2015). *Modelización dinámica en modelos de regresión*. Valladolid: Universidad de Valladolid.

13. Anexos

13.1. Anexo A: Test para determinar cantidad de rezagos en cada variable

13.1.1. Criterio FPE para el índice de morosidad en cartera hipotecaria

AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)		
10	10	10	1		
\$criteria					
	1	2	3	4	5
AIC(n)	2.382611	2.406918	2.533665	2.685721	2.862223
HQ(n)	2.337008	2.338513	2.442459	2.571713	2.725413
SC(n)	2.454956	2.515435	2.678354	2.866582	3.079257
FPE(n)	10.877537	11.258000	13.046662	15.759752	19.987141
	6	7	8	9	10
AIC(n)	2.726889	2.732499	2.461947	1.1843122	-Inf
HQ(n)	2.567278	2.550086	2.256733	0.9562965	-Inf
SC(n)	2.980095	3.021877	2.787498	1.5460352	-Inf
FPE(n)	19.264024	22.732144	22.832120	11.1412319	NaN

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.1.2. Criterio FPE para la tasa de desempleo

AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)
10	10	10	9
\$criterias			
	1	2	3
AIC(n)	5.390647	5.544298	5.699377
HQ(n)	5.345044	5.475893	5.608171
SC(n)	5.462992	5.652815	5.844066
FPE(n)	220.243939	259.422817	309.279252
	4	5	6
AIC(n)	5.881138	6.039129	6.039129
HQ(n)	5.767130	5.902320	5.902320
SC(n)	6.061999	6.256163	6.256163
FPE(n)	384.858626	479.141407	479.141407
	7	8	9
AIC(n)	6.159734	6.186753	6.291107
HQ(n)	6.000123	6.004340	6.085893
SC(n)	6.412940	6.476131	6.616658
FPE(n)	596.503050	719.124081	1050.822750
	10		
AIC(n)			3.786569
HQ(n)			-Inf
SC(n)			-Inf
FPE(n)			150.341514

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.1.3. Criterio FPE para la tasa de inflación

AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)
10	10	10	9
\$criterias			
	1	2	3
AIC(n)	3.778417	3.849909	3.812460
HQ(n)	3.732814	3.781504	3.721254
SC(n)	3.850762	3.958426	3.957150
FPE(n)	43.925978	47.658939	46.867652
	4	5	6
AIC(n)	3.857631	3.989562	4.165283
HQ(n)	3.743624	3.852752	4.005672
SC(n)	4.038493	4.206596	4.418489
FPE(n)	50.874902	61.708904	81.177094
	7	8	9
AIC(n)	4.317668	4.357631	-2.6405337
HQ(n)	4.135256	4.152417	-2.8685493
SC(n)	4.607047	4.683182	-2.2788107
FPE(n)	110.935580	151.995804	0.2431217
	10		
AIC(n)			-Inf
HQ(n)			-Inf
SC(n)			-Inf
FPE(n)			NaN

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.1.4. Criterio FPE para el PIB

AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)
10	10	10	8
\$criterias			
	1	2	3
AIC(n)	0.02203017	0.04611546	-0.2861064
HQ(n)	-0.02357296	-0.02228924	-0.3773126
SC(n)	0.09437476	0.15463235	-0.1414172
FPE(n)	1.02646266	1.06213040	0.7778364
	4	5	6
AIC(n)	-0.11519017	-0.1299740	-0.1299740
HQ(n)	-0.22919801	-0.2667834	-0.2667834
SC(n)	0.06567132	0.0870598	0.0870598
FPE(n)	0.95747868	1.0028965	1.0028965
	7	8	9
AIC(n)	-1.1874243	-1.0129649	-3.31020677
HQ(n)	-1.3470353	-1.1953774	-3.51542087
SC(n)	-0.9342182	-0.7235865	-2.98465609
FPE(n)	0.3843990	0.5370395	0.07107744
	10		
AIC(n)			-3.1285833
HQ(n)			-3.3565989
SC(n)			-2.7668603
FPE(n)			0.1492336

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.1.5. Criterio FPE para la tasa de intervención

AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)		
10	10	10	1		
\$criterias					
	1	2	3	4	5
AIC(n)	-0.2319245	-0.05277006	0.05000008	0.116959407	0.2797901
HQ(n)	-0.2775276	-0.12117476	-0.04120619	0.002951573	0.1429807
SC(n)	-0.1595799	0.05574683	0.19468927	0.297820894	0.4968239
FPE(n)	0.7962548	0.96212700	1.08857271	1.207675878	1.5108259
	6	7	8	9	10
AIC(n)	0.4608559	-0.4242965	-0.31392760	-0.7237805	-Inf
HQ(n)	0.3012449	-0.6067090	-0.51914170	-0.9517961	-Inf
SC(n)	0.7140620	-0.1349181	0.01162308	-0.3620575	-Inf
FPE(n)	1.9981185	0.9675238	1.42232642	1.6529477	NaN

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.1.6. Criterio FPE para las reservas internacionales

AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)		
10	10	10	1		
\$criterias					
	1	2	3	4	5
AIC(n)	3.067721	3.246533	3.140951	3.322686	3.471793
HQ(n)	3.022118	3.178128	3.049744	3.208678	3.334984
SC(n)	3.140065	3.355050	3.285640	3.503547	3.688827
FPE(n)	21.580914	26.067626	23.946399	29.797494	36.769161
	6	7	8	9	10
AIC(n)	3.540966	3.721022	3.901951	3.941634	-Inf
HQ(n)	3.381355	3.538610	3.696737	3.713618	-Inf
SC(n)	3.794172	4.010400	4.227502	4.303357	-Inf
FPE(n)	43.480650	61.087258	96.367868	175.558909	NaN

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.1.7. Criterio FPE para la TRM

AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)		
10	10	10	9		
\$criterias					
	1	2	3	4	5
AIC(n)	2.649560	2.742876	2.880640	2.606651	2.692324
HQ(n)	2.603957	2.674472	2.789434	2.492643	2.555514
SC(n)	2.721905	2.851393	3.025329	2.787512	2.909357
FPE(n)	14.205775	15.753106	18.458180	14.561617	16.864149
	6	7	8	9	10
AIC(n)	2.785430	2.020336	2.169121	0.8143216	-Inf
HQ(n)	2.625819	1.837924	1.963907	0.5863060	-Inf
SC(n)	3.038636	2.309714	2.494672	1.1760446	-Inf
FPE(n)	20.425418	11.151983	17.036232	7.6957040	NaN

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.2. Anexo B: Test de Phillips-Perron para determinar estacionariedad

13.2.1. Test de Phillips-Perron para IPVN

```
Phillips-Perron Unit Root Test

data: IPVN
Dickey-Fuller z(alpha) = -18.888, Truncation lag parameter = 2, p-value = 0.03765
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.2.2. Test de Phillips-Perron para IMCH

```
Phillips-Perron Unit Root Test

data: IMCH
Dickey-Fuller z(alpha) = -20.61, Truncation lag parameter = 2, p-value = 0.0209
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.2.3. Test de Phillips-Perron para TD

```
Phillips-Perron Unit Root Test

data: TD
Dickey-Fuller z(alpha) = -20.902, Truncation lag parameter = 2, p-value = 0.01922
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.2.4. Test de Phillips-Perron para INFL

```
Phillips-Perron Unit Root Test

data: INFL
Dickey-Fuller z(alpha) = -18.664, Truncation lag parameter = 2, p-value = 0.04046
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.2.5. Test de Phillips-Perron para PIB

```
Phillips-Perron Unit Root Test

data: PIB
Dickey-Fuller z(alpha) = -49.97, Truncation lag parameter = 2, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.2.6. Test de Phillips-Perron para TI

```
Phillips-Perron Unit Root Test  
data: TI  
Dickey-Fuller z(alpha) = -20.245, Truncation lag parameter = 2, p-value = 0.02301  
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.2.7. Test de Phillips-Perron para RI

```
Phillips-Perron Unit Root Test  
data: RI  
Dickey-Fuller z(alpha) = -25.063, Truncation lag parameter = 2, p-value = 0.01  
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio

13.2.8. Test de Phillips-Perron para TRM

```
Phillips-Perron Unit Root Test  
data: TRM  
Dickey-Fuller z(alpha) = -23.285, Truncation lag parameter = 2, p-value = 0.01  
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: Elaboración propia con cálculos en RStudio