Modelo macroeconómico del mercado inmobiliario de vivienda para Bogotá

Documento de Trabajo

Octubre 2018

Modelo macroeconómico del mercado inmobiliario de vivienda para Bogotá[1]

Resumen

En este estudio se presenta un modelo autorregresivo de vectores sin restricciones – VAR, en donde se muestran las conexiones existentes entre mercado inmobiliario de vivienda y algunas variables macroeconómicas, el análisis de esta dinámica se explica empíricamente mediante el modelo de equilibrio propuesto por DiPasquale y Wheaton denominado "los cuatro cuadrantes". La aplicación del VAR a los datos de vivienda en Bogotá muestra que existen relaciones de equilibrio a corto plazo entre el Índice de Precios de Vivienda Nueva, las tasas de interés (hipotecarías y DTF), variables de la actividad económica (PIB per cápita, Número de hogares, tasa de ocupación) variables del sector construcción (área y unidades de vivienda) y el Índice de Costos de Construcción de Vivienda. Estas relaciones se muestran detalladamente en la parte final del documento mediante gráficas de impulso - respuesta.

1 INTRODUCCIÓN

La esencia de un modelo macroeconómico esta fundamentado en el comportamiento de los agentes económicos (microeconomía) y por ende en la interacción entre mismos, por lo tanto su objetivo está enfocado en explicar la dinámica existente entre algunas variables asociadas a los grandes agregados económicos y el comportamiento de los agentes; en este caso el enfoque se centra en el sector inmobiliario de vivienda, partiendo del supuesto que existe una gran cantidad de consumidores y productores que integran el mercado inmobiliario, los consumidores son iguales, toman decisiones de consumo, están en el mercado laboral, participan en el mercado financiero, por su parte, los productores tienen la misma tecnología, producen un solo bien, contratan mano de obra, los costos de producir una unidad del bien son los mismos y participan en el mercado de capitales.

El modelamiento del comportamiento del mercado inmobiliario es útil para comprender su relación entre sí y las variables macro, por tal razón el objetivo en este estudio es analizar los precios de las viviendas en Bogotá D.C., mediante un modelo de oferta y demanda de vivienda en forma reducida[2], en donde se incluyen variables macroeconómicas que permitan a explicar el impacto a largo plazo y la dinámica a corto plazo que tienen estas variables en los precios de la vivienda. Para tal fin se utilizará un modelo del tipo vector autoregresivo (VAR), el cual es utilizado cuando se quieren caracterizar las interacciones simultáneas entre un grupo de variables, que a su vez esta formado por un sistema de ecuaciones de forma reducida sin restringir[3] (Novales 2014).

[1] Este documento fue realizado por Jorge Arturo Hernández López, profesional especializado de Observatorio Técnico Catastral. Las cifras contenidas en este documento no son oficiales y las opiniones descritas de ninguna manera representan la posición de la entidad, por lo que son responsabilidad de su autor. Este documento es de trabajo.

[2] Esto quiere decir que los valores históricos de las variables del modelo no aparecen como variables explicativas en ninguna de las ecuaciones.

[3] Significa que aparece en cada una de las ecuaciones el mismo grupo de variables explicativas.

Este documento se desarrolla de la siguiente manera: la sección 2 revisa la literatura existente sobre modelos de precios de viviendas y variables macroeconómicas, y describe cuál es el principal aporte de cada investigación. La sección III presenta la metodología, la sección IV describe los datos, la estimación, pruebas al modelo y análisis de resultados. La sección V presenta las conclusiones.

2 ANTECEDENTES.

El mercado inmobiliario de vivienda está conformado por dos sub-mercados, el del arriendo de inmuebles para vivienda y el de compra y venta de inmuebles de vivienda, los cuales mantienen una relación directa explicada en cuatro cuadrantes según el modelo de DiPasquale y Wheaton (1992, 1996), en donde muestran la conexión entre los dos mercados y la relación de comportamiento entre compradores y vendedores mediante un modelo de equilibrio, de esta forma, *la oferta* estaría explicada por los precios, los costos de construcción y el área y las unidades nuevas construida para vivienda, *la demanda* explicada por los precios, las tasas de interés, PIB percapita, número de hogares y la tasa de ocupación.

El mercado de vivienda se puede abordar desde diversas ópticas, que van desde las condiciones mismas de la construcción del inmueble, su ubicación (respecto al empleo y servicios), entorno urbano y para el caso de este trabajo, los determinantes macroeconómicos que inciden directa o indirectamente en su producción, adquisición y precios; por ejemplo *"un alza en el stock de dinero en la economía puede llevar a aumentos en la demanda de vivienda ; por el contrario, una disminución de esta variable llevaría a una reducción de la demanda en el mercado de vivienda, como consecuencia de las mayores tasas de interés que se derivan de los excesos de demanda de crédito (Harris, 1989)".*

Varios autores han analizado la influencia que tienen los factores macroeconómicos en el sector inmobiliario, utilizando principalmente modelos autorregresivos de vectores (VAR) y/o modelos de correlación de errores (ECM), sin embargo, la falta de información, dificultan la forma como debe ser abordado el tema para analizar el impacto a largo plazo y la dinámica de corto plazo de las variables macroeconómicas sobre los precios de la vivienda.

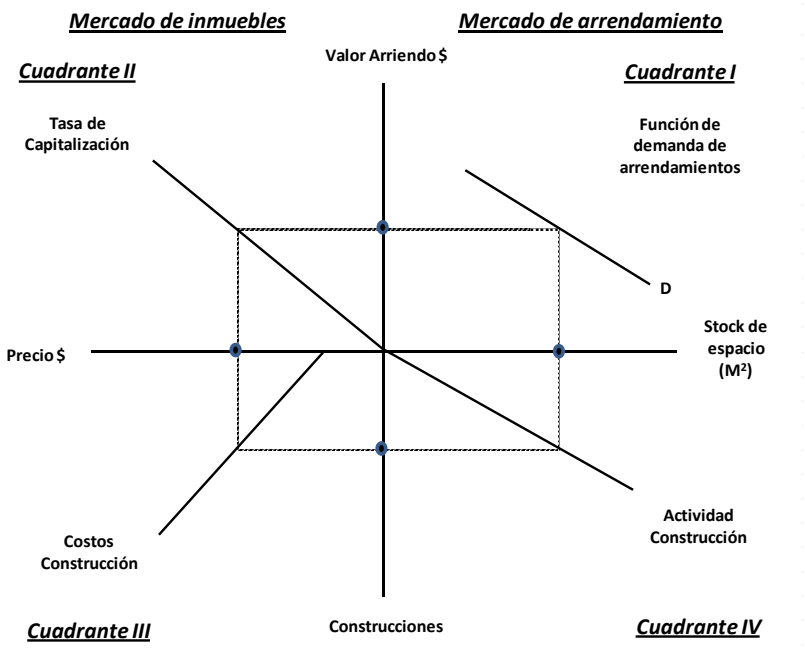
Es así como: Adan y Fuss (2010) examinan el impacto a largo plazo y la dinámica a corto plazo de las variables macroeconómicas en los precios internacionales de la vivienda, mediante un análisis de cointegración; Silva y Vio (2015) analizan los precios de viviendas en Chile utilizando un modelo de forma reducida para la oferta y la demanda de viviendas, el cual incluye variables macroeconómicas que explican su comportamiento. A nivel nacional, Steiner y Salazar (2012), analizan el comportamiento de los precios de la vivienda en Colombia utilizando un modelo VAR estructural de oferta y demanda de vivienda; Caicedo y Morales (2010) presentan un modelo SVAR, donde se identifican los choques de demanda y oferta en el mercado hipotecario y se hace un análisis de comportamiento del precio real de la vivienda en Colombia.

3 METODOLOGÍA

El precio de una vivienda principalmente es determinado por el número de hogares que desean comprar una vivienda vs el número de viviendas disponibles para la venta en el mercado inmobiliario; un aumento en la demanda para la compra de vivienda aumentará los precios, mientras que una mayor oferta de vivienda los reducirá.

La demanda de vivienda tiene una de dos finalidades, o es ocupada por su propietario o es arrendada, el valor del arriendo de una vivienda se define en el mercado de arriendo y no en el mercado de compra y venta de inmuebles, a su vez la demanda de viviendas para arrendar depende del valor del arriendo y de otros factores económicos como la construcción, el número de hogares y los ingresos.

Diagrama 1
Modelo de los cuatro cuadrantes

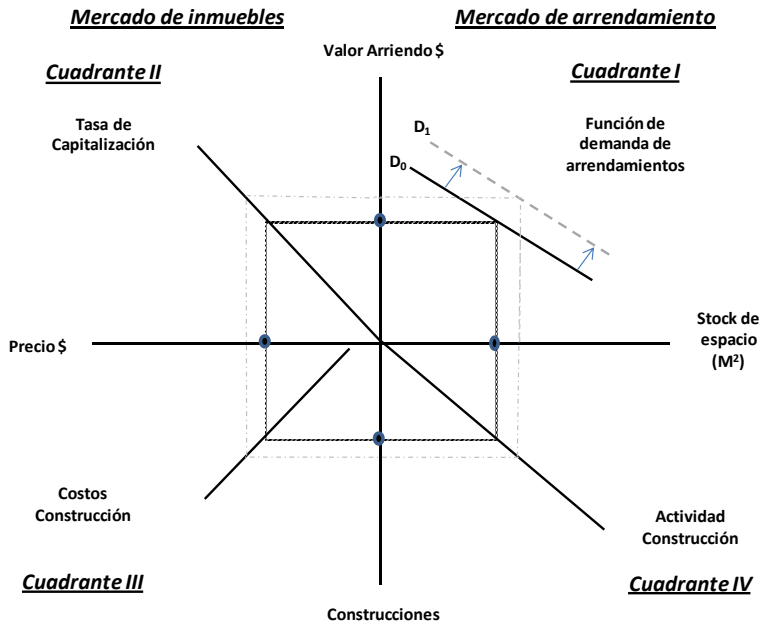


La relación que existe entre el mercado de arriendos y la compra y venta de inmuebles de vivienda, esta determinada en dos sentidos, el primero está enfocado en que los valores de los arriendos de las viviendas en el mercado inmobiliario son la base para determinar la demanda real de viviendas; al comprar una vivienda el propietario lo que realmente esta comprando es un ingreso actual o futuro, por tanto, cuando ocurre un cambio en el valor de los arriendos de las viviendas en el mercado inmobiliario, esto afectará inmediatamente la demanda de activos en el mercado de capitales. El segundo, se presenta a través del sector de la construcción, al aumentar la construcción de vivienda, aumenta la oferta de estos activos, no solo los precios de

las viviendas bajan en el mercado de compra y venta, sino que también los arriendos bajan en el mercado de arriendos de inmuebles de vivienda. Estas relaciones se pueden ver más claramente en el diagrama 1, donde se explica el modelo de equilibrio de los cuatro cuadrantes propuesto por DiPasquale y Wheaton (1992, 1996).

Los cuadrantes I y IV (ubicados a la derecha), representan el mercado de arrendamiento, mientras que los cuadrantes II y III (ubicados a la izquierda) representan el mercado de compra y venta de inmuebles de vivienda. El cuadrante I está conformado por los ejes del valor del arriendo y la cantidad de viviendas disponibles para arrendar, la demanda de vivienda (D) se traza en este cuadrante, en equilibrio, la demanda de viviendas para arrendar es igual al número de vivienda disponible para arrendar. El cuadrante II, representa la primera parte del mercado de compra y venta de inmuebles de vivienda, los ejes están dados por el valor del arriendo y el precio de la vivienda, la semirrecta que sale del origen del cuadrante corresponde a la tasa de capitalización (asociada principalmente a las tasas de interés, crecimiento de la renta esperada y los riesgos de ingresos por arrendamientos), en este cuadrante, se puede tomar el valor del arriendo de una vivienda y determinar el precios de la vivienda mediante la tasa de capitalización. El cuadrante III, corresponde a la construcción de viviendas nuevas, la cual es determinada mediante la curva de costos de construcción cuando estos son iguales precio de la vivienda. Finalmente, en el IV cuadrante las nuevas viviendas construidas, se convierten en el stock de vivienda a largo plazo, un cambio en el stock de viviendas en un determinado periodo es igual a las nuevas viviendas construidas menos las perdidas por deterioro (tasa de depreciación).

Diagrama 2
Incidencia de un cambio en la demanda de vivienda en el mercado inmobiliario



Para el caso donde las viviendas son ocupadas por sus propietarios, el modelo de equilibrio de los cuatro cuadrantes aún se mantiene porque estos hogares pagarán en algunos casos una cuota para el pago de la vivienda o dejarían de recibir un pago de arrendamiento o una retribución por la inversión realizada.

Según DiPasquale y Wheaton (1992, 1996), en general el mercado inmobiliario estaría explicado por demanda y la oferta de vivienda y las funciones propias que se generan este mercado, por ejemplo, un aumento en el número de hogares desplazaría la función de demanda de vivienda para arrendamiento hacia la derecha (cuadrante I), si se mantiene constante el número de viviendas para arrendar el valor del arriendo debe aumentar generando tasas mas altas de capitalización que conducen a mayores precios de las vivienda (cuadrante II) que a su vez generan construcción de vivienda nueva (cuadrante III) llevando a un mayor stock de vivienda (cuadrante IV) alcanzando así a un nuevo punto de equilibrio, en el diagrama 2 estos cambios se ilustran según la línea punteada en gris.

Resumiendo, una variación positiva en algunas de las variables de la curva de demanda de viviendas, asumiendo que el stock de viviendas no varía en el corto plazo, genera un aumento en el canon de arrendamiento o renta y a su vez un incremento en el precio de la vivienda. Un incremento en la tasa de interés de créditos hipotecarios genera un cambio en la curva de demanda, cuando la tasa aumenta, disminuye tanto la demanda como los precios de las viviendas. La oferta de vivienda se ve afectada por los costos en la construcción de vivienda, cuando se presenta una aumento de la mano de obra, el alquiler de maquinaria o los materiales de construcción, se reduce la construcción de viviendas, por lo tanto disminuye el stock de viviendas disponibles, lo que hace que los arriendos se incrementen y su vez los precios de las viviendas.

La dinámica en el corto plazo y el impacto en el largo plazo de las variables de oferta y demanda de vivienda en el precio de las viviendas se analizan mediante modelos de coitegración. La construcción del modelo a largo plazo, se construye igualando las funciones de oferta y demanda de viviendas. La función de demanda toma la siguiente forma:

$$D_t = \beta_0 - \beta_1 P_t + \beta_2 Y_t - \beta_3 R_t + \varepsilon_t$$

En donde, la Demanda de vivienda (D_t), está relacionada negativamente con los precios de la vivienda (P_t) y las tasas de interés (R_t) y relacionada positivamente con los ingresos disponibles (Y_t) y otros factores adicionales que pueden determinar la demanda como los impuestos y valorizaciones (ε_t).

La función de oferta toma la forma:

$$S_t = \gamma_0 - \gamma_1 P_t - \gamma_2 CC_t + \gamma_3 CO_t + \mu_t$$

Donde S_t es la oferta de vivienda que disminuye cuando los precios de las viviendas (P_t) bajan al igual que los costos de construcción (CC_t) y aumenta cuando se incrementa la construcción de viviendas (CO_t).

Igualando las funciones de oferta y demanda de vivienda se tiene:

$$P_t = \delta_0 + \delta_1 Y_t - \delta_2 R_t + \delta CC_t - \delta CO_t + \sigma_t$$

En equilibrio, los precios de viviendas dependen positivamente del ingreso disponible y de los costos de construcción y negativamente de la tasa de interés de largo plazo y la construcción de vivienda. Si las variables están en equilibrio, el término de error σ_t es cero.

4 DATOS, ESTIMACIÓN Y PRUEBAS AL MODELO[4]

Teniendo en cuenta el modelo teórico planteado y con el fin de establecer las principales causas de la fluctuación del índice de precios de vivienda nueva en Bogotá D.C., se seleccionan cinco variables macroeconómicas y cuatro relacionadas con el sector inmobiliario, a continuación se realiza una breve explicación de cada una:

- **Índice de Precios de Vivienda Nueva (IPVN):** Banco de la República. Corresponde a un índice de precios superlativo de Fisher con base fija (diciembre de 2006), que mide la evolución mensual de los precios de vivienda nueva, tomando como base la información suministrada por Galería inmobiliaria.
- **Tasa de Interés Hipotecario (TASA_DE_INT_HIP):** Banco de la República. Corresponde al promedio de tasas de interés de colocación que los bancos aplican a sus clientes de créditos para la adquisición de vivienda.
- **Tasa de Interés Depósitos a Término Fijo (TASA_DE_INT_DTF):** Banco de la República. Corresponde al promedio de tasas de interés que las instituciones financieras reconocen a los depositantes por la captación de sus recursos en la modalidad de CDT's.
- **Producto Interno Bruto Percápita (PIB_PERCAPITA):** DANE. Producto Interno Bruto de Bogotá / Total población de Bogotá (proyecciones de población).
- **Número de hogares (HOGARES):** DANE. Número de hogares residentes en Bogotá (proyecciones hogares)
- **Tasa de Ocupados (TASA_OCUPADOS):** DANE. Número de personas ocupadas en Bogotá según metodología de mercado laboral del DANE.

[4] Se utilizara el paquete estadístico R, para transformaciones de variables, estimación y pruebas al modelo VAR

- **Índice de Costos de Construcción de Vivienda (ICCV):** DANE. Mide el cambio porcentual promedio de los precios de los principales insumos requeridos para la construcción de vivienda, en un periodo de tiempo.
- **Área nueva en proceso de Construcción (ÁREA_NUEVA):** DANE. Corresponde a los metros cuadrados nuevos que se encuentran en proceso de construcción para vivienda, en un periodo de tiempo.
- **Número de unidades nuevas en proceso de Construcción (UNIDADES_NUEVAS):** DANE. Corresponde a las unidades de vivienda nueva que se encuentran en proceso de construcción, en un periodo de tiempo.

Se consideran las series históricas trimestrales de las variables descritas desde I - 2006 hasta el IV - 2017, dando un total de 49 observaciones para cada una de las variables, el tamaño de la serie es limitada debido a la ausencia de información histórica para todas las variables.

Para identificar las relaciones simultáneas existentes entre un grupo de variables, se puede utilizar los modelos Autorregresivos (VAR) en donde además de estudiar la simultaneidad, sus relaciones son trasmitidas durante un periodo de tiempo y debido que no se encuentran restringidos a supuestos teóricos sobre la estructura del modelo y no se incurre en errores de especificación que pueden presentarse al realizar el ejercicio empírico.

En la estimación de modelos (VAR), generalmente se le da mayor relevancia a la interrelación entre las variables por encima de la interpretación o significancia de cada uno de los parámetros estimados. De ello se desprende que en la mayoría de los casos, las funciones de impulso-respuesta sean las que son interpretadas y direccionen la discusión, o también las proyecciones realizadas en base a estos modelos.

Al utilizar las series de datos de las variables originales en el modelo VAR (ver anexo, cuadro 1), se presentan dos inconvenientes, el primero relacionado con el rango de las variables y el segundo con el número de las mismas, 9 variables implica tener 9 ecuaciones simultáneas, limitando la interpretación de los resultados. Teniendo en cuenta lo anterior, se transforman mediante logaritmos el Índice de Precios de Vivienda Nueva y el índice de Costos de Construcción de vivienda y se utilizará la herramienta estadística multivariada de componentes principales[5] (ACP) para agrupar las demás variables según por temática económica. Para seguir la línea del modelo DiPasquale y Wheaton (1992, 1996), se desarrollan 3 procedimientos ACP en donde se extrae el primer factor en cada caso así: el primer ACP está relacionado con

[5] La técnica de componente principales se utiliza para estudiar las relaciones que se existentes entre varias variables correlacionadas, en donde se puede transformar el conjunto original de variables en otro conjunto de nuevas variables no correlacionadas entre sí, llamado conjunto de componentes principales. Las nuevas variables son combinaciones lineales de las anteriores y se van construyendo según el orden de importancia en cuanto a la variabilidad total que recogen de la muestra.

la actividad económica (PIB per cápita, número de hogares y tasa ocupación) en donde su primer factor se denomina CPACTECO[6], el segundo ACP contiene las tasas de interés (tasa de interés hipotecaria y tasa de interés de depósitos a término fijo) y su primer factor se denomina CPTASINT[7]; por último, en el tercer ACP se consideran las variables relacionadas directamente con el sector constructor (área y unidades nuevas y construidas) con su primer factor denominado CPSECCON[8].

4.1 Pruebas de Raíz Unitaria

Una vez obtenidas las variables del sector inmobiliario que se consideran pueden explicar la fluctuación del índice de precios de vivienda nueva, se recurre al análisis gráfico (anexo 2 gráfico 1) para observar su evolución en el tiempo, siguiendo la lógica de otros trabajos (Vargas y Zamora, 2007; Escobar y Mendieta, 2005; Melo y Hamman, 1998), se puede determinar la presencia de una tendencia a nivel general, indicando que antes de realizar la estimación del modelo VAR se deba determinar el orden de integración[9] de cada una de las series de tiempo; para tal fin se utiliza la Prueba Dickey Fuller Aumentada (PDFA), la cual permite conocer si una serie de tiempo es o no estacionaria y si hay presencia de una raíz unitaria; la presencia de una raíz unitaria implica que un cambio transitorio en el término error tendrá efectos permanentes, en otras palabras, si las variables son no estacionarias tendrán una memoria infinita frente a cambios temporales.

Los resultados de la prueba PDFA (ver anexo 1 cuadro 2), muestran que todas las variables son integradas de orden 2 y estacionarias en segundas diferencias; de manera que se estima un modelo VAR estacionario con 5 variables, las cuales se encuentran expresadas en segundas diferencias.

4.2 Identificación del modelo VAR

El siguiente paso, consiste en tratar de determinar el número adecuado de rezagos a incluir en el modelo VAR (ver anexo 1 cuadro 3), para ello se emplean varios criterios: el Criterio de Información de Akaike (AIC), el Criterio de Información de Schwarz (SC), el Criterio de Hannan Quinn (HQ) y el criterio de Error Final de Predicción (FPE). Estos criterios, arrojan resultados

[6] El primer factor del ACP para la actividad económica es: CPACTECO = 0,595129(PIB_PERCAPITA) + 0.596713 (HOGARES) + 0.538288 (TASA_OCUPADOS) y explica el 90% de la variabilidad acumulada.
[7] La primera componente para las tasas de interés sería: CPTASINT = 0.707107(TASA_DE_INT_HIP) + 0.707107(TASA_DE_INT_DTF) y explica el 90% de la variabilidad total.
[8] La primera componente para el sector construcción seria: CPSECCON = 0.707107(ÁREA_NUEVA) + 0.707107(UNIDADES_NUEVAS) y explica el 96% de la variabilidad acumulada.
[9] Integrar es diferenciar una serie en el tiempo, tantas veces hasta que su media y varianza sean constante en el tiempo, con el objeto de establecer la especificación (niveles o diferencias) para cada variable dentro del modelo.

consistentes en el sentido que todos los criterios sugieren de forma empírica el uso de 3 rezagos y lograr proponer un modelo VAR adecuado que satisfaga los supuestos de no correlación serial, homoscedasticidad y normalidad del vector de perturbaciones o términos de error.

Como indica Cuevas (2010), "*La ausencia de correlación serial y heteroscedasticidad en las perturbaciones determinan la congruencia del modelo VAR estimado, además si los errores del modelo siguen una distribución normal asintótica se puede decir que el modelo es congruente y se comporta de acuerdo al supuesto de ruido blanco gaussiano*".

4.3 Estimación del modelo VAR

Para esta investigación se propone un VAR (3), esto es, un modelo VAR con 3 rezagos, teniendo en cuenta la identificación del modelo realizado en la sección anterior. Los resultados de la estimación del VAR se presentan en el anexo 1 (Cuadros del 4 al 8), cada uno de los cuadros contiene una de las 5 ecuaciones de la matriz de vectores autorregresivos con los parámetros estimados y a sus respectivos estadísticos referentes al VAR; cada variable es expresada como combinación lineal de valores rezagados de ella misma y los valores rezagados de todas las otras variables del sistema, con una confiabilidad del 95%, los resultados indican que:

- **Índice de Precios de Vivienda – LN_IPVN (cuadro 4)**, Las variables significativas para explicar el comportamiento del IPVN son: el mismo IPVN con 1 y 2 rezagos y la componente principal del sector construcción con 3 rezagos.
- **Tasas de interés - CPTASINT (cuadro 5)**, El comportamiento de las tasas de interés se puede explicar por la misma variable rezagada un periodo, la componente principal de la actividad económica rezagada en 1 y 2 periodos, la componente principal del sector construcción en todos sus rezagos y el Índice de Costos de Construcción de Vivienda rezagado 1 y 2 periodos.
- El comportamiento de **la actividad económica - CPACTECO (cuadro 6)**, solo se puede predecir por sí misma en todos sus rezagos.
- **Sector constructor – CPSECCON (cuadro 7),** ésta componente puede explicar su comportamiento por si misma rezagada 1 y 2 periodos.
- **El Índice de Costos de Construcción de Vivienda - LN_ICCV (cuadro 8),** el comportamiento de este índice se puede explicar mediante la componente de la actividad económica y el componente de las tasas de interés rezagados hasta el 3 periodo y el componente del sector constructor rezagado 1 periodo.

4.4 Estabilidad del Modelo

Es necesario que el modelo sea dinámicamente estable, esto es que, frente a una perturbación no anticipada en una variable, las demás variables regresen a su trayectoria de equilibrio de largo plazo; de lo contrario, cuando el modelo es inestable se refleja en un comportamiento sin sentido económico. Cuevas (2010) indica que la condición de estabilidad del VAR implica que la media y varianza sean estacionarias, es decir, son independientes respecto al tiempo.

Para evaluar la estabilidad dinámica del modelo VAR se toma la estimación de las raíces invertidas del polinomio autorregresivo característico (ver anexo 1 cuadro 9). El criterio para determinar la estabilidad o no del modelo de autorregresión vectorial se fundamenta en el cumplimiento de la condición de que todas las raíces invertidas sean inferiores a uno y se encuentren dentro del círculo unitario.

4.5 Pruebas para residuales del VAR

Como se mencionó anteriormente, la estimación de un modelo VAR coherente, implica que sus residuales no se encuentren correlacionados y que no exista heteroscedasticidad, que para el caso son:

Para detectar autocorrelación en los residuales del modelo se realiza la prueba de Breusch-Godfrey, la cual plantea la hipótesis nula de ausencia de correlación serial (autocorrelación), contrastada con la hipótesis alterna de autocorrelación. El valor de probabilidad no permite rechazar la hipótesis nula de ausencia de correlación serial (Anexo 1 cuadro 10). De allí que sea válido concluir que los residuales se encuentran serialmente incorrelacionados.

El supuesto de homoscedasticidad, significa que todos los residuales deben tener la misma varianza; si el supuesto se satisface, se dice que los residuales son homoscedásticos. Para este caso, la hipótesis nula es que los términos del error o residuales son homoscedásticos y la alterna es que tienen un comportamiento heteroscedástico. Para tal fin, se realiza la prueba de heteroscedasticidad de White (sin términos cruzados[10]); La hipótesis nula es rechazada si el p-valor asociado al estadístico χ^2 es menor que el nivel de significancia 0.05, se concluye que los residuos del modelo VAR son homoscedásticos.

Una vez se ha verificado que los residuos cumplen con los supuestos de no autocorrelación y de homoscedasticidad, falta establecer que los residuales del modelo de autorregresión vectorial

[10] Se habla de términos cruzados cuando se asume en la prueba que la heteroscedasticidad es función de las variables independientes de la ecuación inicial.

estimado, a nivel univariado y multivariado se ajustan a una distribución normal, para esto se utiliza el estadístico de Jarque Bera que es una prueba asintótica de normalidad. La hipótesis nula es que los residuos tienen una distribución normal y la alterna un comportamiento diferente a la distribución normal. Según el Anexo 1 cuadro 11 se muestra entonces, que los residuos de las variables en estudio tienen una distribución normal a nivel univariado y multivariado, pues sus p-valores son mayores a 0.05, lo que lleva a no tener suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad de los errores. No obstante, Fernández Corugedo (2003) argumenta que: *"es más importante que el VAR cumpla con la prueba de errores no autocorrelacionados que con la de normalidad multivariada*".

4.6 Prueba de Causalidad de Granger

La prueba de causalidad de Granger es una de las formas de verificar la existencia de causalidad entre variables, esto quiere decir que "determina si una variable causa a otra en el sentido de Granger"; siendo la hipótesis nula: X no causa en el sentido de Granger a Y, por lo tanto, si X no sirve para hacer un pronostico del comportamiento de Y, se deduce que no sería adecuado observar el comportamiento de impulso - respuesta. Por otra parte, se debe tener claro que la causalidad de Granger y la causalidad económica no son lo mismo[11].

Teniendo en cuenta los resultados arrojados en las pruebas de causalidad aplicadas al modelo (cuadro 1), con un nivel de confianza del 95%, empíricamente se puede inferir:

- El comportamiento del Índice de Precios de Vivienda Nueva – IPVN- se podría predecir mediante las tasas de interés (rezagadas 5 periodos) y la serie del sector construcción rezagada 1 periodo.
- La componente principal de la actividad económica está relacionada con el comportamiento del logaritmo del Índice de Costos para la construcción de Vivienda, con un rezago de 3 periodos.
- El logaritmo del Índice de Costos para la construcción de Vivienda, esta influenciado por la componente principal de tasas de interés (rezagada a 4 periodos), la componente principal de la actividad económica (rezagada a 3 periodos) y la componente principal del sector constructor (rezagada 5 periodos).
- El comportamiento de las componentes principales de tasas de interés y del sector construcción no pueden ser explicadas por el comportamiento de las otras variables que

[11] La definición más general de causalidad supone alcanzar ambos objetivos (teoría y predicción). y "estrictamente hablando" no es posible utilizar otras acepciones del término *causa* sin que este pierda su significado filosófico. Sin embargo, los ejemplos empíricos de inferencia causal más exitosos son aquellos donde la causalidad ha venido influenciada por los tipos, formas, dominios y niveles de las leyes económicas que intentamos corroborar.

hacen parte del modelo, no obstante no se pueden excluir del mismo ya que éstas sí ayudad a explicar el comportamiento de la demás variables.

Tabla 1
Prueba de Causalidad de Granger

Variable Causal \ Variable Dependiente	Rezago	LN_IPVN		CPTASINT		CPACTECO		CPSECCON		LN_ICCV	
		F	Pr (F)	F	Pr (F)	F	Pr (F)	F	Pr (F)	F	Pr (F)
LN_IPVN	1	-	-	0,24	0,63	0,04	0,85	0,01	0,91	0,14	0,71
	2	-	-	0,29	0,75	0,15	0,86	1,55	0,23	0,24	0,78
	3	-	-	1,02	0,39	0,15	0,93	1,13	0,35	0,42	0,74
	4	-	-	1,76	0,16	0,20	0,93	0,57	0,69	1,47	0,23
	5	-	-	2,03	0,10	0,59	0,71	0,68	0,64	1,56	0,20
CPTASINT	1	3,04	0,09	-	-	1,04	0,31	0,30	0,59	0,46	0,50
	2	2,94	0,06	-	-	1,56	0,22	0,29	0,75	0,78	0,47
	3	1,78	0,17	-	-	1,30	0,29	0,24	0,87	0,93	0,43
	4	2,26	0,08	-	-	0,97	0,44	1,18	0,34	3,17	**0,03**
	5	2,67	**0,04**	-	-	1,22	0,32	0,79	0,56	4,33	**0,00**
CPACTECO	1	1,78	0,19	0,53	0,47	-	-	0,73	0,40	0,14	0,71
	2	0,92	0,41	0,13	0,88	-	-	0,34	0,71	1,01	0,37
	3	1,29	0,29	0,59	0,62	-	-	0,52	0,67	3,50	**0,03**
	4	1,69	0,17	0,62	0,65	-	-	0,71	0,59	4,88	**0,00**
	5	1,80	0,14	0,41	0,84	-	-	0,87	0,52	2,74	**0,04**
CPSECCON	1	4,23	**0,05**	0,10	0,76	1,88	0,18	-	-	0,00	0,97
	2	1,90	0,16	0,18	0,83	2,33	0,11	-	-	0,19	0,83
	3	1,95	0,14	0,65	0,59	1,16	0,34	-	-	1,81	0,16
	4	1,59	0,20	0,99	0,43	0,54	0,71	-	-	1,91	0,13
	5	1,44	0,24	0,81	0,55	0,60	0,70	-	-	2,54	**0,05**
LN_ICCV	1	0,16	0,69	0,01	0,93	0,04	0,85	0,24	0,63	-	-
	2	0,03	0,97	1,24	0,30	0,29	0,75	1,60	0,22	-	-
	3	2,00	0,13	1,26	0,30	2,87	**0,05**	0,84	0,48	-	-
	4	1,98	0,12	0,89	0,48	5,73	**0,00**	0,96	0,44	-	-
	5	1,82	0,14	1,15	0,36	5,49	**0,00**	0,78	0,57	-	-

Fuente: Cálculos propios

4.7 Función impulso - respuesta

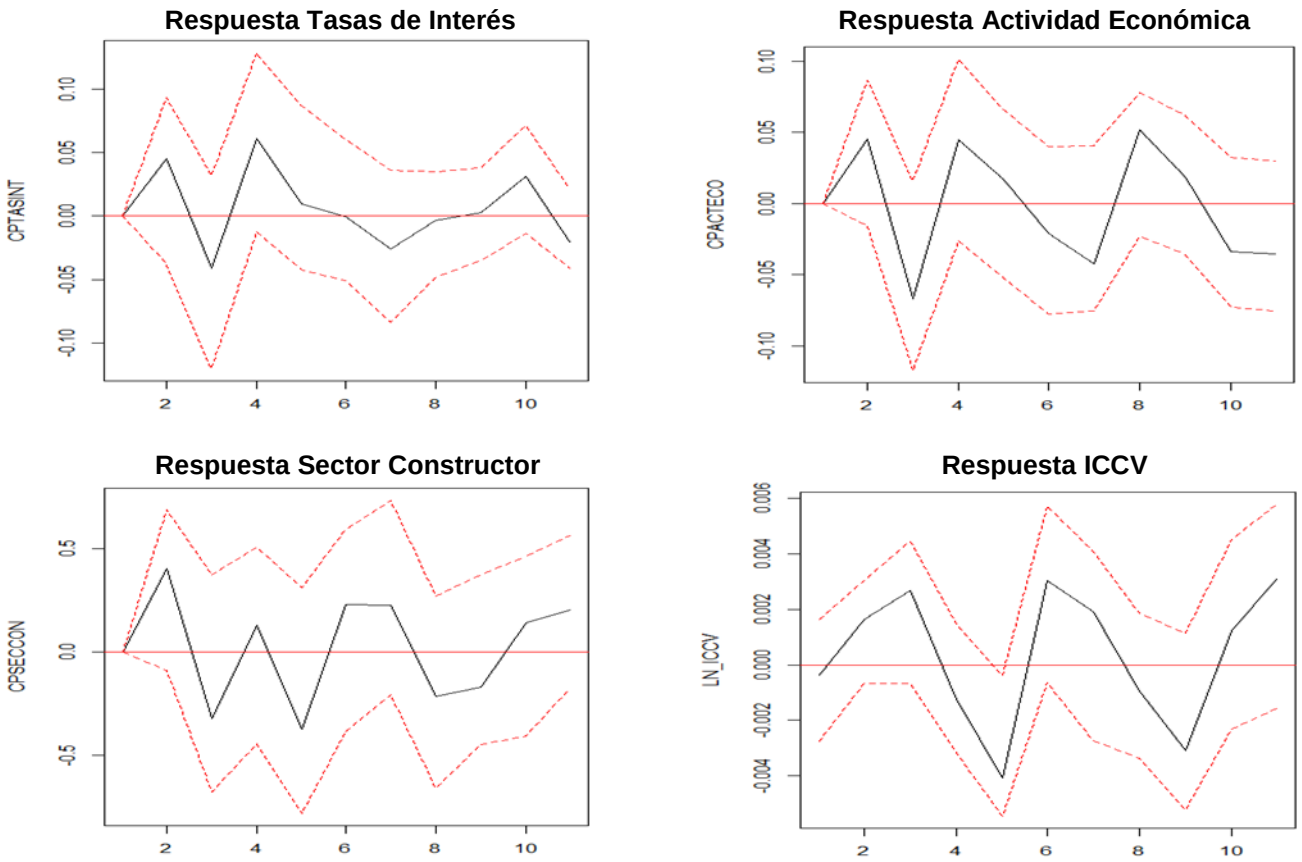
Los coeficientes de regresión estimados por un modelo VAR tienen cierta dificultad de Interpretación, una de las principales herramientas que provee los modelos VAR es la función de impulso – respuesta (FIR), instrumento útil para evaluar la sensibilidad dinámica de las variables incluidas en el modelo y su congruencia, permitiendo conocer la respuesta de una variable frente a un cambio en otra; el análisis se realiza gráficamente, en donde las columnas representan el efecto inesperado en la variable respuesta, ante un incremento del 1% en la variable impulso.

Para el ejercicio se estimaron las FIR con un horizonte de 12 trimestres, incluyendo intervalos de confianza de 2 desviaciones estándar, *"para que una FIR sea considerada estadísticamente significativa, su intervalo debe excluir al cero en algún punto del horizonte de tiempo estimado".*

A continuación se muestran las FIR de cada una de las variables en función de las demás:

1. Un impulso o incremento del LN_IPVN, en el corto plazo genera una respuesta positiva en el segundo periodo para todas la variables; siendo el sector constructor el que recibe el mayor impacto, seguido de las tasas de interés y en la actividad económica; Índice de Costos de Construcción de Vivienda – ICCV es el que presenta menor reacción. Un incremento del en 1% en el LN_IPVN genera en el sector construcción un incremento de 0,4 puntos porcentuales (p.p.) para el segundo periodo y un decrecimiento de -0.3 p.p. en el tercero (gráfica 1).

Gráfica 1. Impulso - Índice de Precios de Vivienda Nueva



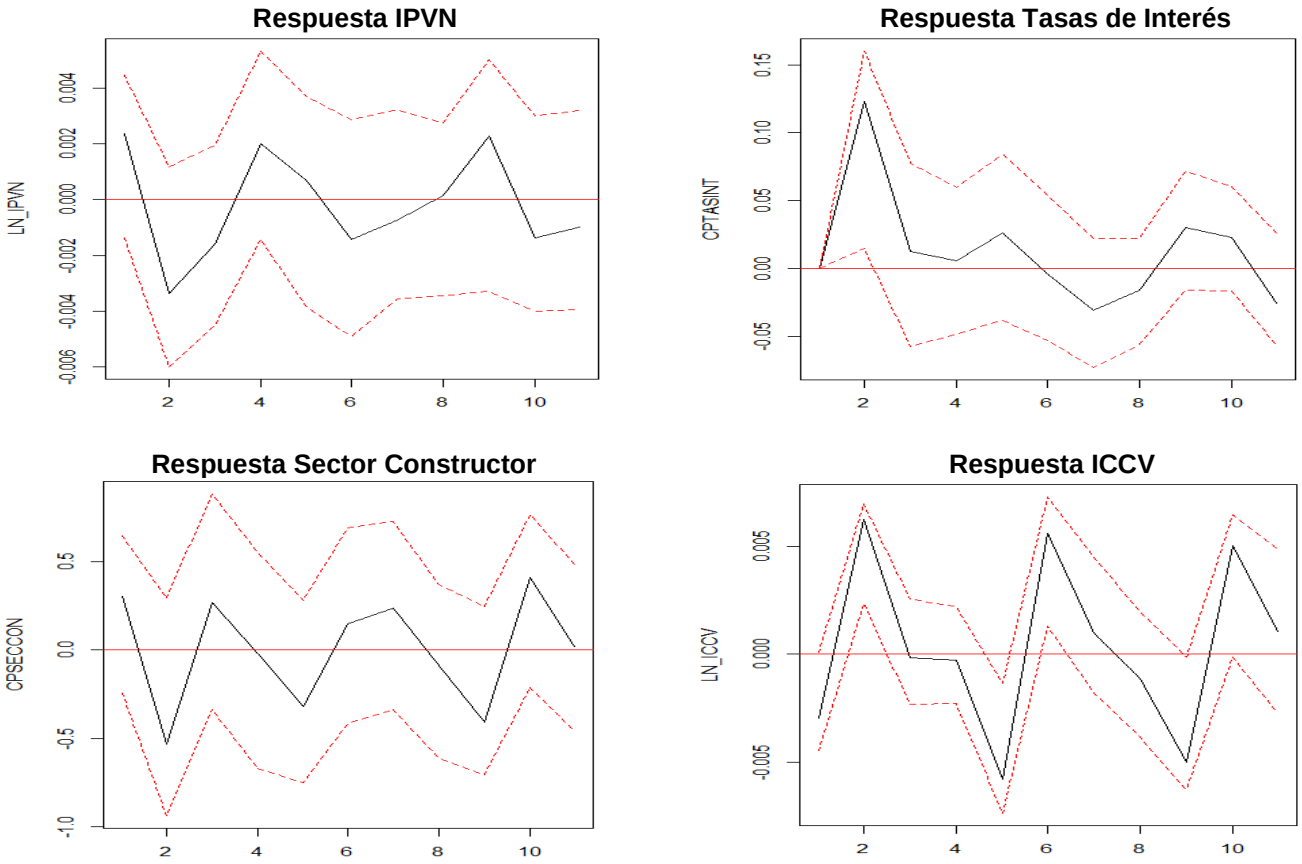
2. Un aumento en la componente principal de las tasas de interés (CPTASINT), genera reacciones negativas en los índices de precios y el sector constructor, siendo en este último donde se genera un mayor impacto; en la actividad económica registra un efecto positivo en el trimestre siguiente, luego un efecto negativo (segundo periodo) y después se evidencia un comportamiento de aumentos y disminuciones regulares. Un aumento de

1 punto porcentual (p.p) en las tasas de interés genera en el sector constructor durante el primer trimestre, una disminución de 0,2 p.p., aproximadamente, en el tercero alrededor de -0,6 p.p. y en el cuarto se incrementa de 0,6 p.p, en los periodos siguientes tiende a converger a cero (ver gráfico 2).

Gráfica 2. Impulso Componente principal tasas de interés

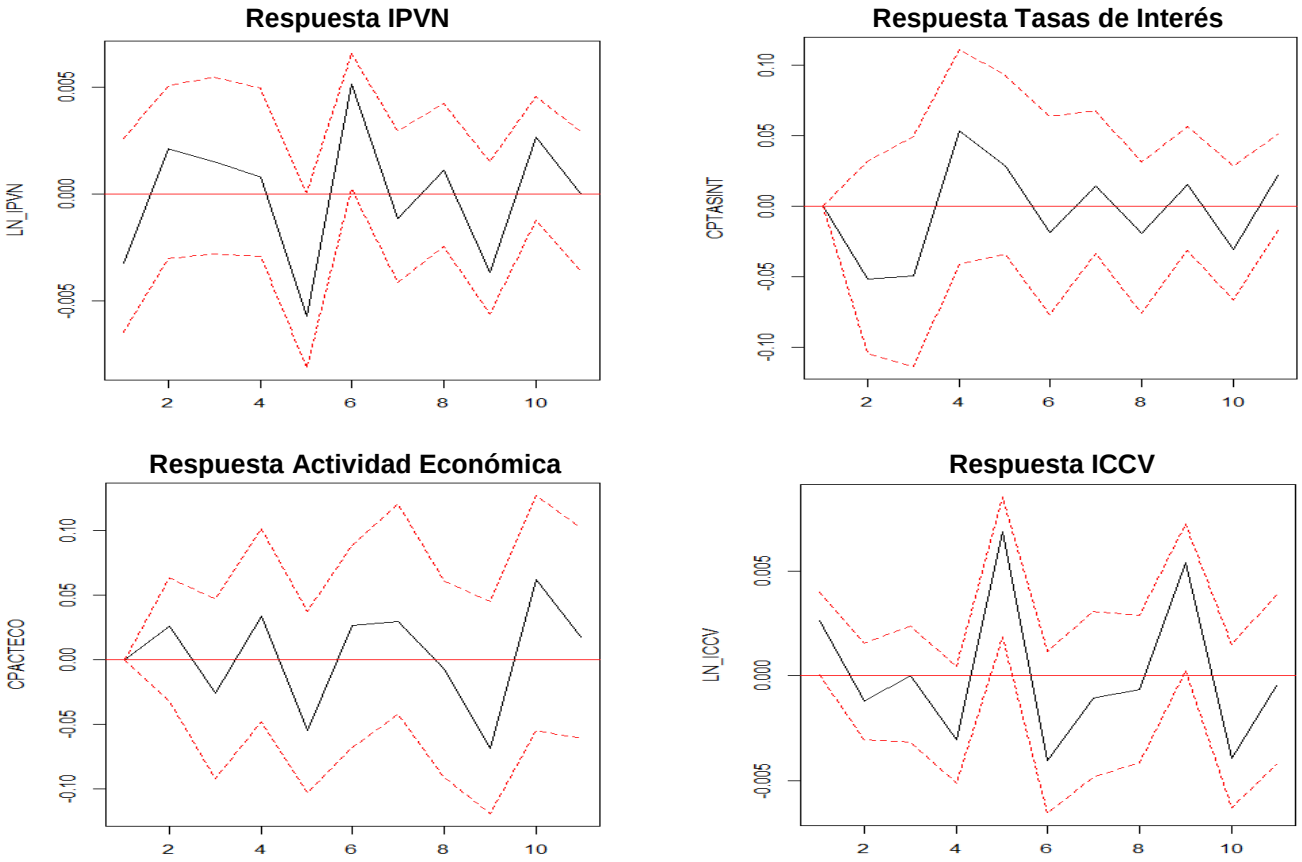
3. Un incremento en la componente principal de la actividad económica (CPACTECO), incide positivamente en las tasas de interés y el ICCV, y negativamente el IPVN y el sector constructor, donde se genera el mayor impacto. Un cambio positivo en una unidad porcentual de la actividad económica, se ve reflejado en el sector constructor durante segundo periodo con una disminución cercana a 0,8 p.p., debido a posibles aumentos en población, en los ingresos o en el personal ocupado, elevando la demanda de vivienda (ver gráfico 3).

Gráfica 3. Impulso - Componente principal actividad económica



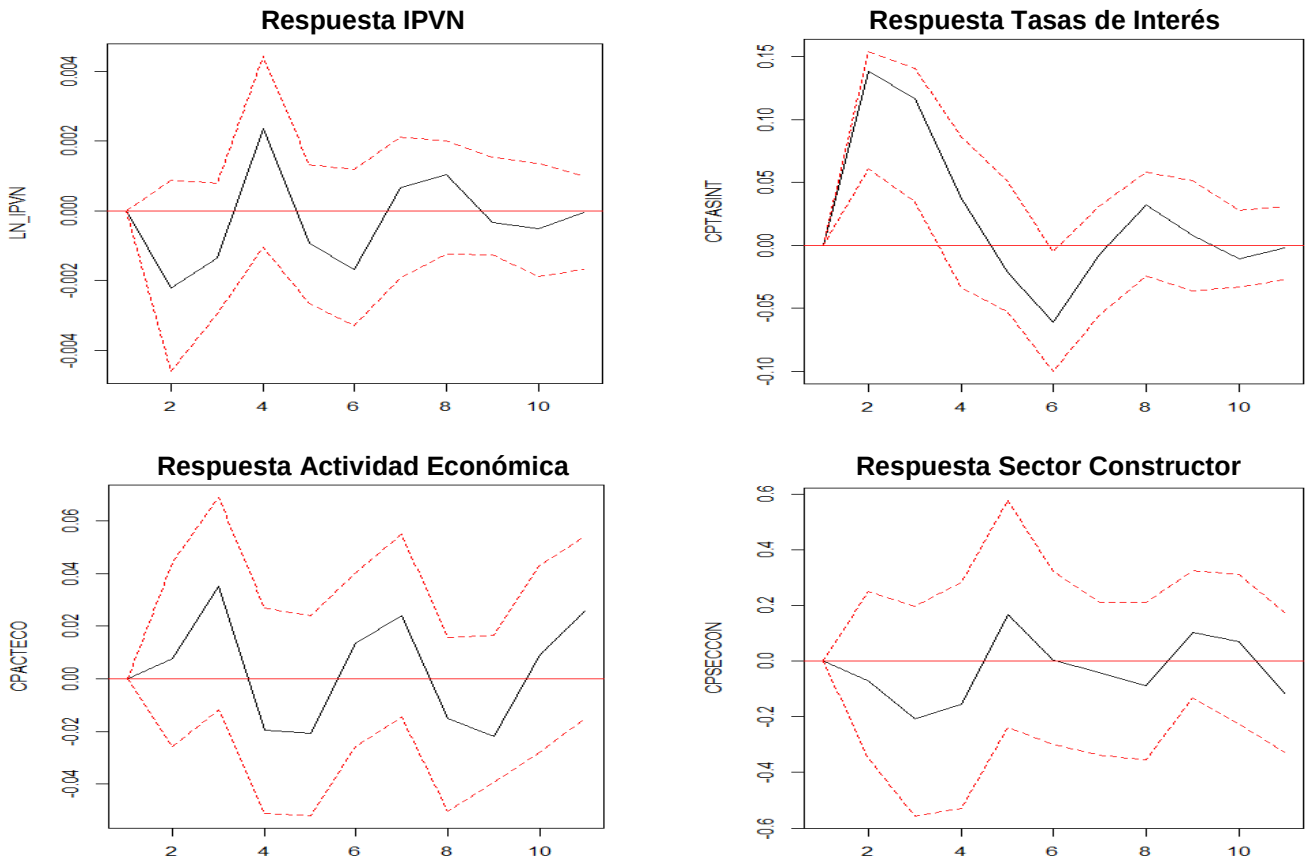
4. Un incremento en la componente principal del sector constructor (CPSECCON), se refleja positivamente en el IPVN y el componente principal de la actividad económica y negativamente en las tasas de interés y el ICCV (ver gráfico 4). Al aumentar en un punto porcentual el sector constructor las tasas de interés disminuyen para el segundo periodo, efecto que se revierte en el cuarto periodo con el aumento de 1 punto porcentual, después del sexto periodo las tasas convergen a cero.

Gráfica 4. Impulso - Componente principal sector construcción



5. Un aumento en el Índice de Costos de Construcción de Vivienda (ICCV), tiene un gran impacto negativo en el sector constructor, el cual se ve reflejado durante los periodos 2 y 3, efecto que se revierte en los dos periodos siguientes. (ver gráfico 5).

Gráfica 5. Impulso - Índice de costos de construcción de Vivienda



5 CONCLUSIONES

Este documento presenta un modelo autorregresivo de vectores– VAR, en donde se muestran las conexiones existentes entre mercado inmobiliario de vivienda en Bogotá y algunas variables macroeconómicas; el análisis de esta dinámica es explicado empíricamente mediante el modelo de equilibrio propuesto por DiPasquale y Wheaton denominado “los cuatro cuadrantes”.

Al estimar modelos (VAR), generalmente se le da mayor relevancia a la interrelación entre las variables, por encima de la interpretación o significancia de cada uno de los parámetros estimados. De ello se desprende que en la mayoría de los casos, las funciones de impulso-respuesta sean las que son interpretadas y direccionen la discusión. Razón por la cual, los resultados obtenidos en este estudio son orientativos.

Las pruebas a los residuales del modelo VAR fueron consistentes y cumplen los parámetros que establece la estadística. El análisis de las gráficas impulso – respuesta se enfoca al impacto positivo o negativo que genera un cambio de la variable impulso, en las variables respuesta a través del tiempo.

En este sentido, un cambio (positivo) en las tasas de interés, genera en el IPVN impactos relevantes en el primer, quinto y séptimo, periodos siguientes; cuando el impulso (positivo) se genera en la actividad económica, el IPVN registra cambios significativos en el primer, segundo, cuarto y noveno periodos; un cambio en el sector constructor impacta el IPVN principalmente en el quinto y sexto periodo y cuando el impulso se presenta en el ICCV, la respuesta en el IPVN se refleja básicamente en el cuarto periodo. No obstante, al revisar los efectos sobre el IPVN debido a un cambio en las otras variables, los intervalos no excluyen al cero en los periodos de tiempo del horizonte estimado, por lo tanto, no pueden considerarse estadísticamente efectos significativos. Esta conclusión no puede invalidar los resultados desde el punto de vista económico ya que los resultados muestran tendencias y comportamiento coherentes de la dinámica del sector inmobiliario.

Por último, para dar continuidad a la línea de investigación y considerando la pertinencia del modelo teórico de DiPasquale, se propone: incluir en el modelo de equilibrio a largo plazo series de tiempo más largas que las que se tienen actualmente, logrando así obtener parámetros que mejoren la estimación y que no dependan del periodo muestral utilizado, incluir nuevas variables y explorar otras técnicas econométricas que ayuden a explicar con mayor confiabilidad el Índice de Precios de Vivienda Nueva – IPVN.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, Z. y R. Füss (2010). “Macroeconomic Determinants of International Housing Markets.” Journal of Housing Economics 19: 38–50.
- Caicedo-Morales-Pérez (2010) Un análisis de sobrevaloración en el mercado de la vivienda en Colombia. Banco de la República. Reporte de estabilidad financiera. Septiembre 2010.
- Cuevas, V., “La competitividad internacional manufacturera en Argentina, México y Turquía: una investigación empírica”, en Economía, Gestión y Desarrollo, No. 9, Junio de 2010, pp. 107-138.
- Fernandez-Corugedo, E. (2003). “Exercise on unit roots (incluiding structural breaks), estimating a VECM and the implications of the VECM”. Curso publicado por Center for Central Banking Studies (CCBS), Bank of England, CEMLA \HO%DQFR&HQWUDOGHOD5HS~EOLFD de Argentina.
- Harris, J. C. (1989). “The effect of real rates of interest on housing prices. The Journal of Real Estate Finance and Economics”, 2(1), 47-60.
- Melo, L.; Hamann, F., (1999). “Inflación básica. Una estimación basada en Modelos VAR estructurales”, en Monetaria, Banco de la República, vol. 22, No. 2, 1999, pp. 151-174.
- Morán Chiquito, Diana María, Determinantes de la inflación en Ecuador. Un análisis econométrico utilizando modelos VAR. Economía y Sociedad [en linea] 2014, XVIII (Julio-Diciembre): [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2018] Disponible en:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=51033723004> ISSN 1870-414X.
- Roberto Steiner & Natalia Salazar Ferro & Alejandro Becerra & Jaime Ramírez, 2012. "¿Qué tan desalineados están los precios de la vivienda en Colombia?," INFORMES DE INVESTIGACIÓN 010716, FEDESARROLLO.
- Silva, Carmen G; Vio, Camilo. LOS PRECIOS DE VIVIENDA Y FACTORES MACROECONÓMICOS. Banco Central de Chile. Economía Chilena. Tomo 18, N.º 1, (Apr 2015): 4-24.
- Vargas, H.; Zamora, J., (2007). “Proyección de inflación en una economía pequeña y abierta usando modelos de estado-espacio con cambio de régimen: caso de Costa Rica”, en Monetaria, vol. 30, No. 2, 2007.

ANEXOS 1 (cuadros)

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas (series originales)

Descripción	IPVN	TASA_DE_INT_HIP	TASA_DE_INT_DTF	PIB_PERCAPITA	HOGARES	TASA_OCUPADOS	ICCV	ÁREA_NUEVA	UNIDADES_NUEVAS
Media	145,90	0,13	0,06	4.046.052	2.276.777	62,28	192,83	823.912	9.151
Mediana	145,90	0,12	0,05	4.041.834	2.275.671	63,18	192,53	843.017	9.496
Desviación estándar	33,14	0,02	0,02	352.958	203.953	3,33	20,52	178.539	2.148
Varianza de la muestra	1.099	0,0004	0,0003	124.579.658.599	41.596.623.269	11	421	31.876.076.576	4.613.133
Curtosis	(1,60)	0,32	(0,15)	(1,29)	(1,21)	(1,45)	(0,99)	(0,03)	0,12
Coeficiente de asimetría	(0,15)	0,90	0,88	0,10	0,01	(0,28)	0,20	0,38	0,61
Mínimo	89,66	0,10	0,03	3.423.341	1.937.261	56,57	156,95	513.764	6.027
Máximo	187,34	0,18	0,10	4.601.810	2.619.899	67,15	230,02	1.279.446	14.992
Cuenta	48	48	48	48	48	48	48	48	48

Fuente: Cálculos propios

Cuadro 2. Prueba Dickey Fuller Aumentada

Variable	Diferencia	ADF	p_valor
LN_IPVN	Nivel	-0,88	0,95
	1ra diferencia	-1,51	0,77
	2da diferencia	-3,65	**0,04**
CPTASINT	Nivel	-2,60	0,34
	1ra diferencia	-2,95	0,20
	2da diferencia	-4,00	**0,02**
CPACTECO	Nivel	0,27	0,99
	1ra diferencia	-2,55	0,35
	2da diferencia	-6,00	**0,01**
CPSECCON	Nivel	-2,81	0,25
	1ra diferencia	-4,46	**0,01**
	2da diferencia	-6,41	**0,01**
LN_ICCV	Nivel	-2,48	0,38
	1ra diferencia	-2,58	0,34
	2da diferencia	-3,87	**0,02**

Fuente: Cálculos propios

Cuadro 3. Identificación del modelo VAR

AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)
3	3	3	3

	1	2	3	4
AIC(n)	-2,03E+07	-2,12E+07	-2,29E+07	-2,28E+07
HQ(n)	-1,99E+07	-2,04E+07	-2,17E+07	-2,12E+07
SC(n)	-1,91E+07	-1,89E+07	-1,96E+07	-1,84E+07
FPE(n)	1,50E-03	6,45E-04	1,37E-04	2,11E-04

Fuente: Cálculos propios

Estimación de los coeficientes del modelo VAR

Cuadro 4. Índice de Precios de Vivienda Nueva

Variable	Estimate	Std Error	t value	Pr(>|t|)
$CPTASINT_1$	0,0004	0,010	0,043	0,966
$CPACTECO_1$	-0,0150	0,012	-1,304	0,203
$CPSECCON_1$	0,0005	0,001	0,346	0,732
LN_IPVN_1	-0,6420	0,176	-3,643	**0,001**
LN_ICCV_1	-0,3003	0,262	-1,145	0,262
$CPTASINT_2$	0,0008	0,008	0,106	0,916
$CPACTECO_2$	-0,0267	0,015	-1,731	0,095
$CPSECCON_2$	0,0019	0,002	0,981	0,335
LN_IPVN_2	-0,5533	0,200	-2,765	**0,010**
LN_ICCV_2	-0,3814	0,264	-1,443	0,161
$CPTASINT_3$	-0,0026	0,008	-0,330	0,744
$CPACTECO_3$	-0,0141	0,012	-1,210	0,237
$CPSECCON_3$	0,0032	0,002	2,068	**0,048**
LN_IPVN_3	-0,3098	0,206	-1,505	0,144
LN_ICCV_3	0,0076	0,225	0,034	0,973
const	-0,0013	0,002	-0,630	0,534

Fuente: Cálculos propios

LN_IPVN
Residual standard error: 0,01298 on 27 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0,5851. Adjusted R-squared: 0,3546
F-statistic: 2,539 on 15 and 27 DF. p-value: 0,017

Cuadro 5. Tasas de interés

Variable	Estimate	Std Error	t value	Pr(>|t|)
$CPTASINT_1$	0,2089	0,164	1,274	0,213
$CPACTECO_1$	0,9612	0,199	4,838	**0,000**
$CPSECCON_1$	-0,0542	0,026	-2,111	**0,044**
LN_IPVN_1	4,2466	3,034	1,400	0,173
LN_ICCV_1	18,6526	4,513	4,133	**0,000**
$CPTASINT_2$	-0,1124	0,136	-0,828	0,415
$CPACTECO_2$	0,7370	0,265	2,777	**0,010**
$CPSECCON_2$	-0,1281	0,034	-3,764	**0,001**
LN_IPVN_2	-5,3162	3,445	-1,543	0,134
LN_ICCV_2	12,7444	4,551	2,800	**0,009**
$CPTASINT_3$	-0,3625	0,136	-2,660	**0,013**
$CPACTECO_3$	0,0249	0,201	0,124	0,903
$CPSECCON_3$	-0,0727	0,026	-2,745	**0,011**
LN_IPVN_3	3,2680	3,544	0,922	0,365
LN_ICCV_3	2,8256	3,867	0,731	0,471
const	-0,0152	0,035	-0,436	0,666

Residual standard error: 0,2235 on 27 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0,6678, Adjusted R-squared: 0,4833
F-statistic: 3,619 on 15 and 27 DF, p-value: 0,00179

Fuente: Cálculos propios

Cuadro 6. Actividad Económica

Variable	Estimate	Std Error	t value	Pr(>|t|)
$CPTASINT_1$	0,0366	0,143	0,255	0,800
$CPACTECO_1$	-1,1284	0,174	-6,497	**0,000**
$CPSECCON_1$	0,0217	0,022	0,970	0,341
LN_IPVN_1	3,7371	2,652	1,409	0,170
LN_ICCV_1	1,0516	3,945	0,267	0,792
$CPTASINT_2$	-0,0597	0,119	-0,504	0,619
$CPACTECO_2$	-0,8184	0,232	-3,528	**0,002**
$CPSECCON_2$	0,0148	0,030	0,499	0,622
LN_IPVN_2	0,2644	3,012	0,088	0,931
LN_ICCV_2	6,6468	3,979	1,670	0,106
$CPTASINT_3$	0,1308	0,119	1,098	0,282
$CPACTECO_3$	-0,5613	0,176	-3,191	**0,004**
$CPSECCON_3$	0,0141	0,023	0,610	0,547
LN_IPVN_3	0,9781	3,098	0,316	0,755
LN_ICCV_3	6,4564	3,380	1,910	0,067
const	0,0027	0,030	0,087	0,931

Residual standard error: 0,1954 on 27 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0,8166, Adjusted R-squared: 0,7147
F-statistic: 8,013 on 15 and 27 DF, p-value: 1,908e-06

Fuente: Cálculos propios

Cuadro 7. Sector Construcción

Variable	Estimate	Std Error	t value	Pr(>|t|)
$CPTASINT_1$	0,7690	1,212	0,635	0,531
$CPACTECO_1$	-1,5654	1,469	-1,066	0,296
$CPSECCON_1$	-1,1256	0,190	-5,937	**0,000**
LN_IPVN_1	32,7578	22,428	1,461	0,156
LN_ICCV_1	-9,5577	33,362	-0,286	0,777
$CPTASINT_2$	-1,8134	1,003	-1,808	0,082
$CPACTECO_2$	-2,9923	1,961	-1,526	0,139
$CPSECCON_2$	-0,7003	0,252	-2,783	**0,010**
LN_IPVN_2	34,7594	25,468	1,365	0,184
LN_ICCV_2	-42,0183	33,645	-1,249	0,222
$CPTASINT_3$	0,4031	1,007	0,400	0,692
$CPACTECO_3$	-0,4339	1,488	-0,292	0,773
$CPSECCON_3$	-0,2772	0,196	-1,416	0,168
LN_IPVN_3	52,4713	26,196	2,003	0,055
LN_ICCV_3	-16,4746	28,585	-0,576	0,569
const	-0,0084	0,258	-0,033	0,974

Fuente: Cálculos propios

Residual standard error: 1,653 on 27 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0,7721, Adjusted R-squared: 0,6456
F-statistic: 6,1 on 15 and 27 DF, p-value: 2,563e-05

Cuadro 8. Índice de Costos de Construcción de vivienda

Variable	Estimate	Std Error	t value	Pr(>|t|)
$CPTASINT_1$	-0,0162	0,006	-2,558	**0,016**
$CPACTECO_1$	0,0305	0,008	3,979	**0,000**
$CPSECCON_1$	-0,0004	0,001	-0,376	0,710
LN_IPVN_1	0,1311	0,117	1,122	0,272
LN_ICCV_1	-0,0655	0,174	-0,377	0,709
$CPTASINT_2$	0,0138	0,005	2,637	**0,014**
$CPACTECO_2$	0,0422	0,010	4,131	**0,000**
$CPSECCON_2$	-0,0010	0,001	-0,753	0,458
LN_IPVN_2	0,2682	0,133	2,020	0,053
LN_ICCV_2	-0,0761	0,175	-0,434	0,668
$CPTASINT_3$	-0,0130	0,005	-2,470	**0,020**
$CPACTECO_3$	0,0388	0,008	5,007	**0,000**
$CPSECCON_3$	-0,0035	0,001	-3,420	**0,002**
LN_IPVN_3	0,0474	0,137	0,347	0,731
LN_ICCV_3	-0,0419	0,149	-0,281	0,781
const	0,0001	0,001	0,096	0,924

Fuente: Cálculos propios

Residual standard error: 0,008614 on 27 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0,8303, Adjusted R-squared: 0,7359
F-statistic: 8,804 on 15 and 27 DF, p-value: 7,389e-07

Cuadro 9. Raíces Unitarias

Número	Raiz Unitaria
1	0,99
2	0,99
3	0,96
4	0,83
5	0,83
6	0,79
7	0,79
8	0,77
9	0,77
10	0,69
11	0,69
12	0,69
13	0,69
14	0,37
15	0,10

Fuente: Cálculos propios

Cuadro 10. Pruebas para residuales del VAR

```
Portmanteau Test (adjusted)
“Prueba de Breusch-Godfrey"

Data:  Residuals of VAR object modelo

Chi-squared = 355.49, df = 325, p-value = 0.1177
```

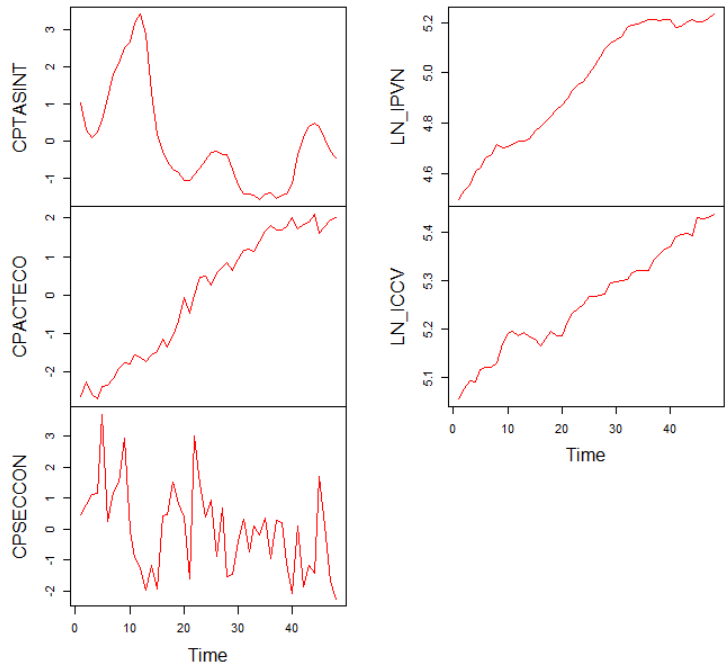
Cuadro 11. Prueba de Normalidad de los Residuales

```
JB-Test (univariate)

data:  Residual of CPTASINT equation
Chi-squared = 0.34711, df = 2, p-value = 0.8407


$CPACTECO

        JB-Test (univariate)

data:  Residual of CPACTECO equation
```

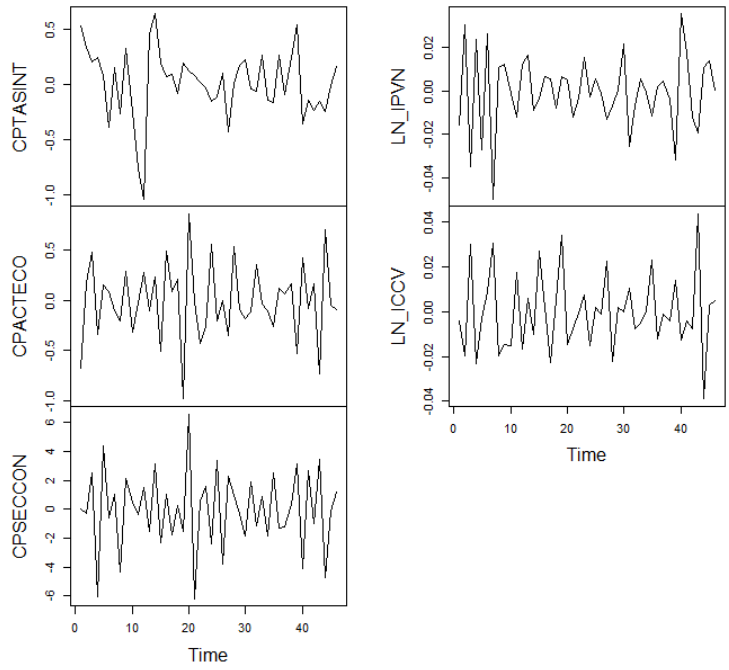
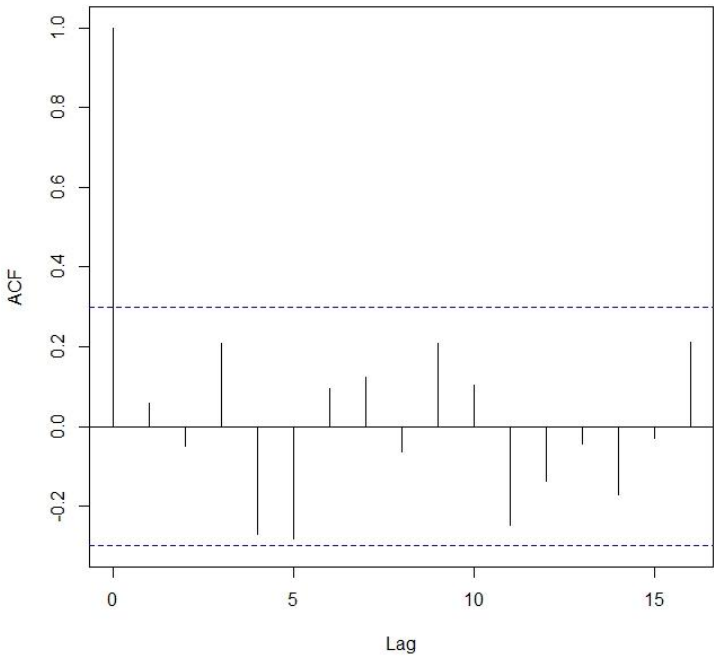
```
Chi-squared = 0.041695, df = 2, p-value = 0.9794


$CPSECCON

        JB-Test (univariate)

data:  Residual of CPSECCON equation
Chi-squared = 0.14074, df = 2, p-value = 0.932


$LN_IPVN

        JB-Test (univariate)

data:  Residual of LN_IPVN equation
Chi-squared = 0.57866, df = 2, p-value = 0.7488


$LN_ICCV

        JB-Test (univariate)

data:  Residual of LN_ICCV equation
Chi-squared = 0.2438, df = 2, p-value = 0.8852


$`JB`

        JB-Test (multivariate)

data:  Residuals of VAR object modelo
Chi-squared = 1.6101, df = 10, p-value = 0.9985


$Skewness

        Skewness only (multivariate)

data:  Residuals of VAR object modelo
Chi-squared = 0.93338, df = 5, p-value = 0.9678


$Kurtosis

        Kurtosis only (multivariate)

data:  Residuals of VAR object modelo
Chi-squared = 0.67673, df = 5, p-value = 0.9842
```

ANEXOS 2 (Gráficas)

Gráfica 1. Series originales



Gráfica 2. Series desestacionarizadas



Gráfica 3. Series residuos del modelo