

Un modelo vectorial autorregresivo (VAR) aplicado al precio de alquiler y venta de
Departamentos: Caso empírico aplicado a Lima.

A vector autoregressive model (VAR) applied to the rental price and sale of apartments:
Evidence from Metropolitan Lima.

Asencios Acosta Yordy¹ Huamaní Velazque, Nicolas² Perez Ortiz Wesley³

Estudiantes de Pregrado Universidad Nacional Mayor de San Marcos

yordy.asencios@unmsm.edu.pe¹ nicolas.huamani@unmsm.edu.pe²

wesley.perez@unmsm.edu.pe³

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar en qué medida el precio de alquiler y venta de departamentos constituyen variables relacionadas entre sí a lo largo del tiempo. Para alcanzar ello, se ha hecho uso series estadísticas de entidades oficiales del Perú, los cuales sirvieron como material para estimar un modelo de Vectores Autorregresivos de forma reducida. Los resultados obtenidos del trabajo sugieren que el comportamiento de los precios se ve afectado por el precio de las viviendas, siendo los efectos prolongados en el tiempo.

Palabras Claves: Precio de venta, Costo de alquiler, Vectores Autorregresivos.

Abstract

The objective of this research work is to analyze to what extent the rental and sale price of apartments constitute interrelated variables over time. To achieve this, statistical series from official entities of Peru have been used, which served as material to estimate a reduced form Autoregressive Vector model. The results obtained from the work suggest that the behavior of prices is affected by the price of housing, the effects being prolonged over time.

Key words: Sales price, Rental cost, Autoregressive Vectors.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEORICO	5
III. METODOLOGÍA	9
3.1. Descripción de la metodología.....	10
3.2 Descripción de las variables.....	10
3.3. Especificación de las variables.....	11
3.4. Diseño de la investigación.....	11
3.5. Pasos por seguir para la estimación del modelo.....	11
3.5.1. Análisis de la Raíz Unitaria.....	12
3.5.2. Estimación del número de rezagos del modelo	14
3.5.3. Estimación del modelo VAR con rezagos óptimos.....	14
3.5.4. Pruebas a los residuos del modelo VAR	14
3.5.5. Prueba de normalidad.....	15
3.5.6. Prueba de autocorrelación	15
3.5.7. Prueba de heterocedasticidad	16
3.5.8. Prueba de Causalidad en el Sentido de Granger.....	17
3.5.9. Análisis de la Función Impulso – Respuesta y Descomposición de la Varianza	18
3.5.9.1 Análisis de la función impulso – respuesta	18
3.5.9.2. Análisis de descomposición de la varianza	18
IV. Bases de datos y estadísticas de la población objetivo.....	19
V. RESULTADOS	28
5.1. Elección del modelo.....	28
5.2. Condición de estabilidad y prueba de autocorrelación.....	29
5.3. Causalidad de Granger	29
5.4. Función de impulso respuesta	29
5.5. Descomposición de la varianza	30
VI. CONCLUSIONES	30
VII. ANEXOS	32
VII. Bibliografía	34

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el sector inmobiliario ha experimentado un comportamiento muy dinámico, los precios de los departamentos han tenido una tendencia creciente. La serie de precios desde el primer trimestre del 2013 ha incrementado en 75 % los precios nominales mientras que los precios reales aumentaron en 37% hasta el primer trimestre del año 2021. Las tasas de crecimiento son muy bajas comparadas con el periodo 2007-2014 donde el precio en términos nominales creció hasta 240% y en términos reales 130%, los precios de alquileres por otro lado han tenido un comportamiento similar. Los factores que influyen en el precio de las viviendas son diversos. Según ASEI “indica que hay cuatro factores que explican este incremento: Los tres primeros son el mayor costo del combustible, la inflación y el aumento del tipo de cambio. Además de esos tres factores, ahora se debe tener en cuenta un incremento de 9% en el costo de mano de obra, el cual fue acordado entre la Cámara Peruana de la Construcción (Capeco) y la Federación de Trabajadores en Construcción Civil del Perú”. Debido a la tendencia alcista de estos factores el precio de venta y alquileres cada vez es mayor.

La importancia del tema por un lado se relaciona con que el acceso a una vivienda es un derecho inherente al ser humano el cual es reconocido en la Declaración Universal de Derechos Humanos, de lo cual el Perú es partícipe desde 1959 por Resolución Legislativa N. 13282, entonces el conocimiento de los precios de las viviendas y su comportamiento es de importancia para el público. Por otro lado, el sector inmobiliario influye en otros sectores de la economía, como lo es el mercado hipotecario bancario, el sector construcción el cual así mismo genera mayor cantidad de empleos, entre otros sectores que tienen un

impacto en la salud de la economía. Los estudios del FMI revelan que, de las casi 50 crisis bancarias sistémicas registradas en las últimas décadas, más de dos tercios estuvieron precedidas por caídas e incrementos en los precios de la vivienda, además que los costos de resurgir de una crisis son muy altos.

Dado el importante papel que desempeña los inmuebles en la economía, entonces también es de importancia investigar los determinantes de los precios de estos para tener una mejor perspectiva de la economía. Por ello en este trabajo se analiza los valores obtenidos de precios de venta y alquileres de departamentos y su influencia en la determinación de sus precios futuros mediante un modelo VAR.

El objetivo de este trabajo es de proveer de evidencia empírica sobre la relación entre los precios de venta y precios de alquiler en el sector inmobiliario peruano. Se considerará a las viviendas de Lima Metropolitana, las viviendas como definición para este trabajo serán equivalentes a departamentos, para lo cual se contará con data de instituciones del estado y otras fuentes, se describirá la evolución de los precios de venta y alquiler a lo largo del tiempo, así mismo se comparará con algunos países de la región. La interdependencia de las variables se estimará mediante el modelo de Vectores Autorregresivos (VAR).

Para este trabajo se utilizó informes de estadísticas formuladas por el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) desde el segundo trimestre del año 2010 hasta el primer trimestre del año 2021, se considera ello puesto que es una data desagregada, la cual brinda información más detallada de la muestra evaluada, a la data se le aplicara una purificación, por lo cual se trabajara con promedios de precios trimestrales de 12 distritos de Lima, también es de importancia mencionar que 6 distritos son considerados de ingresos altos y estos

son Barranco, La Molina, Miraflores, San Borja, San Isidro, Surco; los otros 6 distritos son Jesús María, Lince, Magdalena, Pueblo Libre, San Miguel y Surquillo los cuales son considerados distritos de ingresos medios.

El trabajo está dividido de la siguiente manera, en la sección 2 el marco teórico donde se presenta antecedentes de estudios relacionados al tema de interés, en la sección 3 la metodología, en la sección 4 se detalla características de los datos y una comparación de los precios con algunos países de América, en la sección 5 se presentan los resultados y por último en la sección 6 se presenta las conclusiones del estudio realizado.

II. MARCO TEORICO

La importancia del acceso a la vivienda queda registrada en la Declaración Universal de Derechos Humanos, aquí se afirma el derecho a un vivienda digna y adecuada. Por otra parte, considerando lo que ONUHABITAT (2020) afirma, la vivienda se consideraba un impulso para el desarrollo económico y social el cual en la actualidad se ve influenciado por privados que optan en gran parte por fines especulativos y lucrativos. De este modo es relevante plantearse la existencia de algún derecho de arrendamiento si la inaccesibilidad a vivienda se hace visible por diferentes razones.

Actualmente, las viviendas de alquiler albergan a más de mil millones de inquilinos en todo el mundo y en algunos países las cifras vienen aumentando (Sharma y Samarin 2021). Algunas estadísticas relevantes al 2013 muestran que la tasa de propiedad de vivienda en algunos países desarrollados, como Estados Unidos, Gran Bretaña, Japón, Francia, Alemania y los Países Bajos, está entre el 40% y 70% manteniéndose prolongadamente, significando que aproximadamente

30 % a 60% de los residentes en estos países confían en el alquiler de viviendas para resolver sus problemas de vivienda (Shi et al., 2013)

Por otra parte, Latinoamérica al año 2000 duplicó su población respecto a 1960, pasando de 240 millones de habitantes a 480 millones. Esto a su vez representa el aumento de la tasa de urbanización pasando del 50% al 73.4% en el periodo mencionado (Serrano, 2002). En cuanto a Estados Unidos, casi la mitad de los residentes de las ciudades centrales son inquilinos, los cuales son mucho más móviles que los dueños de las viviendas y están mucho más afectados por los gastos de vivienda. De este modo el crecimiento poblacional se consideraría un factor importante el cual influiría en cambios en la oferta, demanda y precios de la vivienda y alquileres.

En cuanto a los precios de las viviendas, estudios como el de Montalvo (Sf.) y el de Ayuso y Restoy (2005), registran que en la década de los noventa los aumentos de los precios y oferta de viviendas fueron significativos, lo cual a su vez impulsó a muchas familias a contraer deudas para acceder a una. Estos mismos factores además de los alquileres, como lo comentan Shiller (2007) y el FMI (2009), son utilizados como indicadores de las condiciones del mercado inmobiliario y contienen una particular dinámica de interés para modelar los ciclos económicos. Muchos teóricos comentan a cerca de la capacidad de anticipar eventos como recesiones teniendo en cuenta indicadores del sector, como la menor tendencia en el gasto de compra de nuevas viviendas antes de una crisis general, siendo un patrón repetitivo en 10 de 11 recesiones incluido el Crack del 29 (Manganelli et al., 2014).

En este sentido, el estudio del precio de las viviendas recae sobre dos enfoques abordados ampliamente en la literatura. Como Manganelli et al. (2014)

lo comenta, el primer modelo consiste en realizar una evaluación estructural del mercado de la vivienda combinando los factores de la oferta y la demanda. El segundo modelo consiste en determinar los precios de la vivienda estableciendo una relación entre el precio de aquellas y el costo de sus servicios, es decir, el precio de los alquileres.

De forma más detallada, en lo que respecta al primer enfoque, los factores asociados a la oferta y demanda del sector inmobiliario comprenden factores determinantes para un equilibrio en el mercado de la vivienda. Estos pueden ser de carácter financiero como no en los distintos componentes que influyen en la oferta y demanda de viviendas.

Entre los factores no financieros que afectan a la oferta están las políticas gubernamentales destinadas a impulsar la construcción. Para la demanda primero es necesario distinguir cómo se considera a la vivienda, como un bien de consumo duradero o inversión. Así, para los que desean una vivienda para uso directo los factores no financieros que afectan a la demanda en terminos de cantidad, calidad, funciones, tamaño y tipo son sociológicos culturales y demográficos como por ejemplo un cambio en la distribución poblacional y de las familias. En contraste, estos factores, solo tienen efecto en el largo plazo (Manganelli et al., 2014).

En cuanto a la literatura existente para explicar la relación entre precios y alquileres existen diversos modelos como el de Gallim (2008), donde se explica a través de datos agregados a nivel de ciudad para Estados Unidos, si los cambios en los precios de los alquileres anticipan el crecimiento futuro o de los alquileres. Por su parte, Campbell et al. (2009) utiliza la versión dinámica del modelo de crecimiento de Gordon en las áreas metropolitanas de EE. UU y descompone las fluctuaciones de los ratios de precios de los alquileres en las contribuciones del

crecimiento esperado de los alquileres, los tipos de interés reales y las primas de riesgo de la vivienda. De manera longitudinal, Ambrose, Eichholtz y Lindenthal (201) estudian el comportamiento de la razón alquiler-precio en Ámsterdam desde 1650 hasta 2005 centrándose en los patrones históricos a largo plazo.

Por otro lado, a nivel individual del precio de las viviendas, los modelos son escasos, sin embargo, Smith y Smith (2006) utilizan establecen la relación precios y alquileres de las viviendas en 10 mercados urbanos estadounidenses para calcular el "valor fundamental" de la vivienda basándose en emparejamientos para suponer los costos de las viviendas. Esta metodología consistía en emparejar propiedades en venta con propiedades en alquiler estableciendo una ratio alquiler-precio para el 2005, los resultados mostraron que las viviendas más caras tienen en general una relación alquiler-precio más baja.

Considerando la metodología de un modelo autorregresivo multivariante (VAR), Manganelli et al. (2014), obtiene como resultados relaciones causales de los precios de la vivienda hacia los alquileres, pero no lo contrario para Italia.

Asimismo, Chuqival et al. (2015), en un estudio donde se desea definir la relación que existe a largo plazo entre el precio de las viviendas y sus variables fundamentales para distritos de Lima Metropolitana en Perú, llega a la conclusión de que el precio de los alquileres, entre otras variables explican el precio de las viviendas solo a largo plazo.

III. METODOLOGÍA

En esta sección se habla sobre el marco metodológico a seguir. No obstante, es preciso comenzar describiendo a grandes rasgos la naturaleza de los modelos de Vectores Autorregresivos (VAR). Un modelo VAR es un sistema de ecuaciones simultáneas en el que todas las variables que se incluyen son consideradas endógenas, pues cada una de ellas es explicada por sus propios valores rezagados y por los valores rezagados de las demás variables. Asimismo, es importante precisar que puede incluirse como variables explicativas algunas variables deterministas. De esta forma, se usa un modelo del tipo vector autorregresivo cuando se quiere caracterizar las interacciones simultáneas entre un grupo de variables.

La representación formal de un modelo de Vectores Autorregresivos estructural dinámico es como la sigue a continuación:

$$y_{1t} = \alpha_{10} + \alpha_{11}y_{2t} + \alpha_{12}y_{1t-1} + \alpha_{13}y_{2t-1} + \gamma_1 z_t + \epsilon_{1t}$$

$$y_{2t} = \alpha_{20} + \alpha_{21}y_{1t} + \alpha_{22}y_{1t-1} + \alpha_{23}y_{2t-1} + \gamma_2 z_t + \epsilon_{2t}$$

Donde y_{1t} , y_{2t} son variables estacionarias y ϵ_{1t} , ϵ_{2t} son procesos de ruido blanco con media 0 o con varianza $\sigma_{\epsilon_{1t}}^2$, $\sigma_{\epsilon_{2t}}^2$ respectivamente. Este es un modelo de ecuaciones simultáneas con dos variables endógenas, y_{1t} , y_{2t} y un vector z_t de variables exógenas.

Ahora bien, es importante mencionar que dentro de las bondades de utilizar un modelo VAR es que todas las variables que se forman parte del modelo no tienen raíz unitaria. Como consecuencia de lo comentado anteriormente, las variables incluidas en el modelo son estacionarias, por lo tanto, se supera el

problema de regresiones espurias. Finalmente, cabe precisar que las versiones más conocidas del modelo VAR son la versión estructural y la versión resumida de un modelo de Vectores Autorregresivos.¹

3.1. Descripción de la metodología

En el presente trabajo se considerará un modelo VAR en versión reducida dada la flexibilidad que tiene esta versión al momento de estimarlas el modelo, atributos con los cuales no suele contar los modelos VAR estructurales. Los cuales en la práctica son complicadas de estimar.

En línea con lo anterior, el objetivo es analizar la relación entre el comportamiento de los precios de venta y el costo de alquiler de los departamentos, para lo cual se ha hecho uso las series estadísticas del precio de venta y costo de alquiler con sus respectivos rezagos.

Se busca analizar en qué medida el precio venta y el costo de alquiler de departamentos constituyen variables relacionadas entre sí a lo largo del tiempo, se evalúa empíricamente un modelo que intenta capturar las relaciones temporales no causales entre ambas variables para Perú.

3.2 Descripción de las variables

- Precio de venta: Variable que expresa el precio que pagan los peruanos por un departamento en los distritos seleccionadas en la muestra.
- Costo de alquiler de departamento: Variable que expresa el costo del alquiler de un departamento en los distritos seleccionadas en la muestra.

¹ Cabe precisar la orden de un modelo VAR está en relación con el número de rezagos incluidos.

3.3. Especificación de las variables

- El precio de venta será representado reúne información trimestral del precio soles constantes. Esta variable será expresada en niveles, tomando como año base sde 2009. Asimismo, esta variable será expresada en niveles.
- El costo del alquiler reúne información trimestral del costo promedio del alquiler en soles. Esta variable será expresada en niveles, siendo medida en soles de 2009. Asimismo, esta variable será expresada en niveles.

3.4. Diseño de la investigación

En esta sección se define el diseño de la investigación, el cual será no experimental longitudinal. Será no experimental porque no existe manipulación intencional de las variables, puesto que solo se recurre a la observación del comportamiento de las variables en su estado natural, tal cual fueron extraídas de las fuentes de datos. Del mismo modo, la investigación será del tipo longitudinal, puesto que se realiza el análisis de las variables de en cuestión durante varios periodos de tiempo. De esta manera se puedan realizar inferencias sobre su evolución.

3.5. Pasos por seguir para la estimación del modelo

En esta subsección se mostrarán los pasos a seguir para estimar el modelo, así como las condiciones que se deben satisfacer para que se logre obtener un modelo válido. El primer paso por seguir será analizar la naturaleza de las

variables que serán incluidas en el modelo, se determinará si sufren del problema de la raíz unitaria. Seguidamente, se determinará el número óptimo de rezagos de las variables. Asimismo, se analizará la estabilidad del modelo a través del análisis de la raíz inversa del polinomio autorregresivo del modelo.

Finalmente, se realizará las pruebas correspondientes a los residuos del modelo VAR, las cuales son la prueba de normalidad, donde el objetivo de esta prueba es verificar si los residuos del modelo VAR estimado se encuentran dentro de una distribución normal estándar. La segunda prueba estará asociada a la prueba de autocorrelación donde el objetivo de esta prueba será verificar la existencia de correlación en los residuos hasta un determinado orden, en este caso el número de rezagos del modelo VAR estimado. La secuencia finaliza realizando la identificación de si los residuos presentan el problema de heterocedasticidad. El objetivo de esta prueba es verificar que los residuos del modelo VAR estimado tengan la misma varianza.

3.5.1. Análisis de la Raíz Unitaria.

Aquí se busca determinar si las series de las variables que se incluirán en el modelo son o no estacionarias. Es importante mencionar que incluir series no estacionarias en un modelo podría causar la existencia de regresiones espurias, lo cual implica que el modelo registra la presencia de relaciones causales entre variables cuando en realidad no existe.

Ahora bien, el primer paso para determinar si las series son estacionarias, será graficar cada serie en niveles, para observar la existencia de una tendencia.

Esto sería indicio de una presencia de raíces unitarias.² De observarse cierta tendencia en la serie en niveles, se procederá a suavizar la trayectoria especificando las variables en logaritmos. Con relación a lo anterior, las conclusiones obtenidas de los gráficos de las series en niveles y en logaritmos, se contrastarán a través de la prueba de Dickey - Fuller para las series en niveles transformadas. Para cada variable del sistema, en este caso el precio de venta de departamento (PVD) y el precio de alquiler (PAD) se planteará la siguiente hipótesis:

H0: La serie es no estacionaria (existe raíz unitaria en la serie)

H1: La serie es estacionaria A partir de la hipótesis planteada se realiza la siguiente regla de decisión:

- Si $|\text{test estadístico Dickey - Fuller}| \leq |\text{valor crítico al 1\%, 5\% y 10\%}|$ entonces se Acepta H0, es decir, la serie es estacionaria.
- Si $|\text{test estadístico Dickey - Fuller}| > |\text{valor crítico al 1\%, 5\% y 10\%}|$ entonces se Rechaza H0, es decir, la serie es estacionaria.

Finalmente, si en caso, las series PVD y PAD presentan raíz unitaria, entonces el siguiente paso sería determinar el orden de integración. El orden de integración estará asociada al número de diferencias que presente la serie. Por ejemplo, si cualquiera de las series en niveles PVD y PAD se diferencia una vez, se dirá que la serie no presenta orden de integración, es decir es I (1).

² Mediante el uso de softwares econométricos es fácil detectar la presencia de raíz unitaria mediante el círculo unitario.

3.5.2. Estimación del número de rezagos del modelo

En este punto es importante hacer mención que la selección del rezago óptimo en el modelo VAR es relevante puesto que si se seleccionase demasiados retardos obtendríamos un modelo con riesgo de perder grados de libertad y además, se tendrían que estimar un número muy grande de parámetros. Por el contrario, si se escogiese un número muy reducido de retardos, el modelo perdería dinámica o variabilidad.

En este sentido, con la finalidad de seleccionar el número de rezagos, se utilizará los criterios de información de Akaike (AIC), Schwarz (SC).³

3.5.3. Estimación del modelo VAR con rezagos óptimos

Ahora bien, una vez obtenidas las variables cuyas series no presentan problemas de raíz unitaria y además conocido el número de rezagos o retardos que debe incluir el sistema, se procede a estimar el modelo VAR. Luego de ello, se comprobará la existencia de normalidad y ruido blanco en los residuos y la existencia de no relaciones de cointegración entre las variables en niveles, condiciones necesarias para dar validez al modelo.

3.5.4. Pruebas a los residuos del modelo VAR

El objetivo de realizar esta serie de pruebas es evaluar que los residuos del modelo VAR estimado, no presenten problemas de normalidad, autocorrelación y heteroscedasticidad, condición necesaria para la validez del modelo.

³ Vale hacer mención que existen otros criterios como , (Hanna Quinn (HQ), el predictor final de error (FPE) y la prueba de razón de verosimilitud (LR).)

3.5.5. Prueba de normalidad

La finalidad de esta prueba es verificar si los residuos del modelo VAR estimado se encuentran dentro de una distribución normal estándar. Para alcanzar este objetivo, se hará uso la prueba de Jarque Bera. Se parte planteando las siguientes hipótesis:

H_0 : Los residuos son normales

H_1 : Los residuos no son normales

Ahora, luego de definidas las hipótesis, la regla de decisión a seguir es la siguiente:

- Si probabilidad de la prueba conjunta es ≤ 0.05 , entonces se Rechaza H_0 , en consecuencia, se puede decir que los residuos del modelo presentan problemas de normalidad.
- Si probabilidad de la prueba conjunta es > 0.05 , entonces No se Rechaza H_0 , en consecuencia, se puede decir que los residuos del modelo no presentan problemas de normalidad.

3.5.6. Prueba de autocorrelación

Es preciso aclarar que la finalidad de la prueba de autocorrelación es verificar la existencia de correlación en los residuos hasta un determinado orden. Para este caso en concreto, al orden estará asociada con el número de rezagos del modelo VAR estimado. Ahora bien, para realizar la verificación se utilizará la prueba del Multiplicador de Lagrange (LM). Aquí es donde se plantean y se evalúan las siguientes hipótesis:

H_0 : No existe autocorrelación hasta el retardo de orden h

H_1 : Hay autocorrelación hasta el retardo de orden h

La regla de decisión a seguir para evaluar las hipótesis planteadas son las siguientes:

- Si probabilidad del retardo $h \leq 0.05$, entonces se Rechaza H_0 , por lo que se puede decir que los residuos del modelo presentan problemas de autocorrelación.
- Si probabilidad del retardo $h > 0.05$ (5%), entonces No se Rechaza H_0 , por lo que se puede decir que los residuos del modelo no presentan problemas de autocorrelación.

3.5.7. Prueba de heterocedasticidad

Otra de las pruebas importantes que se tienen que realizar para obtener un modelo válido, con estimadores de varianza mínima, es la prueba de Heterocedasticidad. El objetivo de esta prueba es verificar que los residuos del modelo VAR estimado tengan la misma varianza. Ahora bien, para llevar a cabo ello, se usará el test de Withe. De esta manera se plantea y se busca evaluar las siguientes hipótesis:

H_0 : Los residuos del modelo no sufren de Heterocedasticidad⁴

H_1 : Los residuos del modelo sufren de Heterocedasticidad

Teniendo en cuenta la hipótesis anteriormente planteada, se procede a definir la siguiente regla de decisión:

⁴ También es válido plantear la hipótesis nula como H_0 : Existe Homocedasticidad.

- Si la probabilidad de la prueba conjunta es ≤ 0.05 , entonces se Rechaza H_0 , en consecuencia, se puede decir que los residuos del modelo presentan problemas de heterocedasticidad.

- Si la probabilidad de la prueba conjunta > 0.05 (5%), entonces No se Rechaza H_0 , en consecuencia, se puede decir que los residuos del modelo son homocedásticos.

3.5.8. Prueba de Causalidad en el Sentido de Granger

En esta prueba, se busca comprobar si los resultados de una variable sirven para predecir a otra variable, si tiene carácter unidireccional o bidireccional. Para esto, se tiene que comparar y deducir si el comportamiento actual y el pasado de una serie temporal X predice la conducta de una serie temporal Y. Ahora, si se produce este hecho, se dice que “el resultado X” causa en el sentido de Granger “el resultado Y”; el comportamiento es unidireccional. Asimismo, si sucede lo explicado e igualmente “el resultado Y” predice “el resultado X,” el comportamiento es bidireccional, entonces “el resultado X” causa “el resultado Y,” y “el resultado Y” causa “el resultado X.”

En este sentido, se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 : La serie de tiempo Y no causa en el sentido de Granger a la serie de tiempo X

H_1 : La serie de tiempo Y causa en el sentido de Granger a la serie de tiempo X.

3.5.9. Análisis de la Función Impulso – Respuesta y Descomposición de la Varianza

Ahora bien, luego de haber determinado que el modelo VAR cumple con todas las características necesarias para su validez, es decir, presenta residuos normales, no están auto correlacionadas y son homocedásticas, se podrá proceder con el análisis de Impulso – Respuesta y con el análisis de la Descomposición de la Varianza.

3.5.9.1 Análisis de la función impulso – respuesta

Es preciso mencionar que el análisis de la función Impulso - Respuesta es una aplicación de los modelos de Vectores Autorregresivos. Asimismo, con esta aplicación se busca simular el comportamiento o respuesta que tendrá una variable a causa de shocks producidos por otra variable.

3.5.9.2. Análisis de descomposición de la varianza

Otra aplicación relevante de un modelo VAR es el análisis de descomposición de la varianza del error. En esta, mediante una simulación se determina el porcentaje de variabilidad de una variable sobre otras contenidas en modelo y sobre su propia variabilidad. Es decir, se puede determinar el porcentaje de la variabilidad total de una variable que se corresponde con el shock producido por otra variable.

IV. Bases de datos y estadísticas de la población objetivo

En este apartado damos paso a describir los datos con los que trabajamos, estos fueron extraídos del Banco Central de Reserva del Perú en la sección de estadísticas. Las variables en las que se enfoca el estudio son el alquiler mensual en soles constantes del 2009 "alquilermensualensolesconsta" y precio de los departamentos en soles constantes del 2009 "precios_miles" para 12 distritos de ingresos medios (Jesús María, Lince, Magdalena, Pueblo Libre, San Miguel y Surquillo) y altos (Barranco, La Molina, Miraflores, San Borja, San Isidro y Surco), cabe resaltar que los datos están registrados por trimestres a términos constantes del 2009 y se registran desde el segundo trimestre del 2010 hasta el primer trimestre del 2020.

Las complicaciones que surgieron con la data y limitaciones para hacer un estudio más exquisito se concentran en la disponibilidad de información y su coincidencia entre las bases de alquileres y de venta. Se observó que los datos registrados en la base de alquileres y de precios no toman los mismos departamentos, sin embargo, se conciliaron los datos emparejando por el distrito del departamento y periodo. Asimismo, los datos se colapsaron a una medida representativa como la media, por trimestre de cada año, para finalmente tener una serie de 40 observaciones.

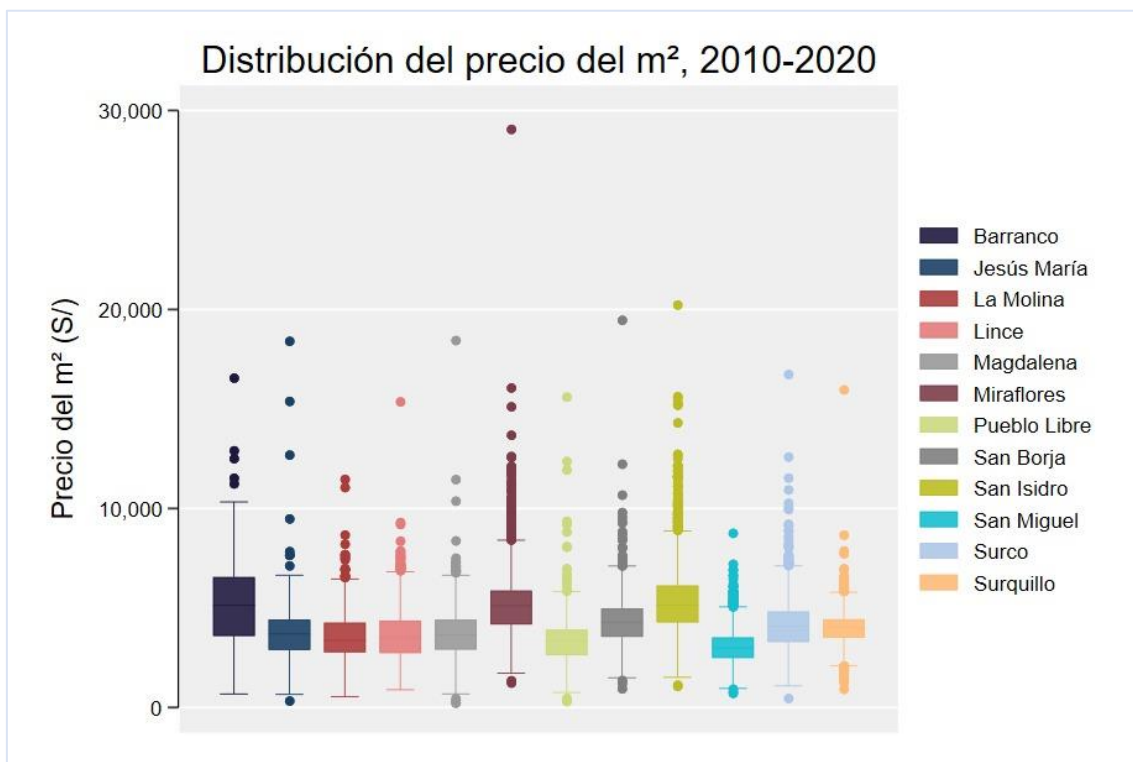
Según información emitida por el BCR los precios en el periodo 2013-2021 ha sido fluctuantes, sin embargo, en el largo plazo el precio por metro cuadrado según la data recolectada de 12 distritos de Lima es creciente. Los distritos de donde se recaba la información son: Barranco, La Molina,

Miraflores, San Borja, San Isidro, Surco, Jesús María, Lince, Magdalena, Pueblo Libre, San Miguel y Surquillo

En primer lugar, para los distritos de estudio en el periodo 2010-2020 la distribución del precio del m² no es muy disímil, sin embargo, como se observa en la Gráfica #, distritos que pertenecen a sectores de altos ingresos registran percentiles con valores más altos, como en el caso de Barranco, San Isidro y Miraflores.

Gráfica 1: Distribución del precio del m² de los departamentos, periodo 2010 - 2020

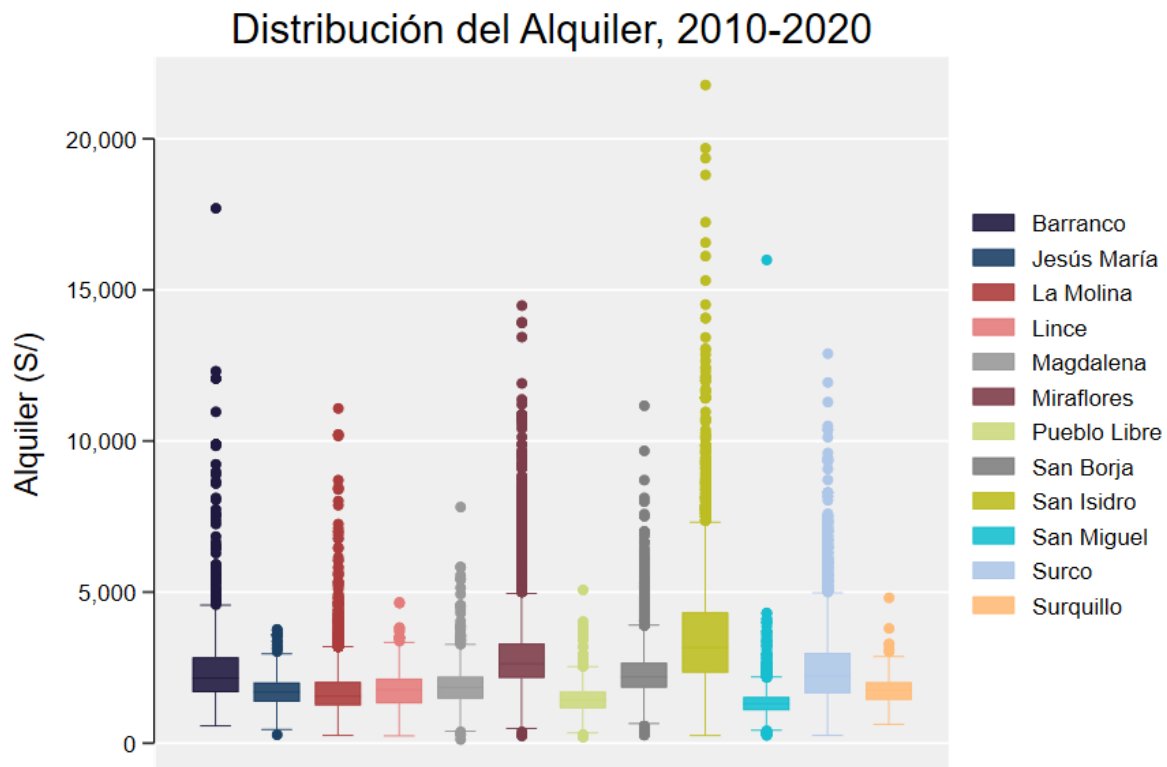
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú. Elaboración propia.



Por otra parte, la distribución de los costos de alquiler de los departamentos en los distritos es más disímil que la distribución de los precios,

asimismo la presencia de observaciones contrasta aún más en los distritos de altos ingresos superando en algunos casos los 20,000 soles.

Gráfica 2: Distribución del alquiler de los departamentos, periodo 2010 - 2020



Fuente: Banco Central de Reserva del Perú. Elaboración propia.

En cuanto a la relación entre los precios de los departamentos y los alquileres, como lo muestra el Gráfico 3, se observa una relación débilmente directa, pero con fluctuaciones en el tiempo. Esta relación se mantiene a valores contantes y corrientes y podría explicarse por la mayor demanda de alquileres y viviendas, lo que hace que incremente el precio de ambas variables.

Gráfico 3: Evolución de los precios de venta y alquileres mensual en valores corrientes y constantes del 2009

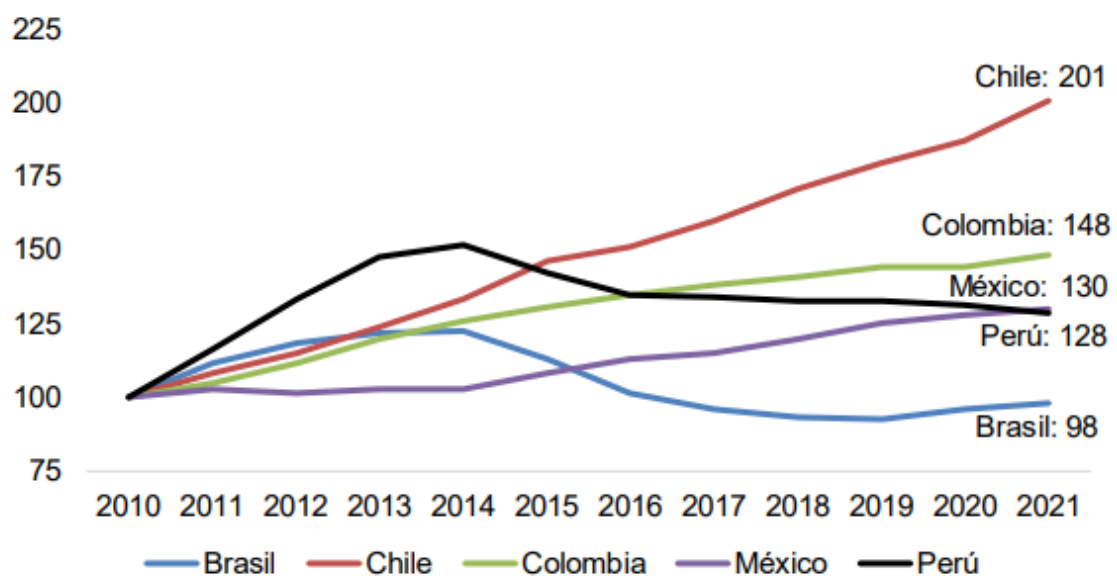


Fuente: Banco Central de Reserva del Perú. Elaboración propia.

Respecto a la comparación del precio del inmueble con otros países, la tendencia en el tiempo también es creciente para la mayoría de los países mostrados. En el periodo 2010-2021 Chile es el país que ha tenido una mayor tasa de crecimiento en los precios promedios de vivienda, así mismo Colombia y México tienen una tendencia alcista en el tiempo. Por otro lado, en Perú y Brasil se aprecian caídas un poco más marcadas y un gráfico en años casi parabólico,

reforzando lo comentado en la Gráfica 3, mostrándose una relación débilmente positiva.

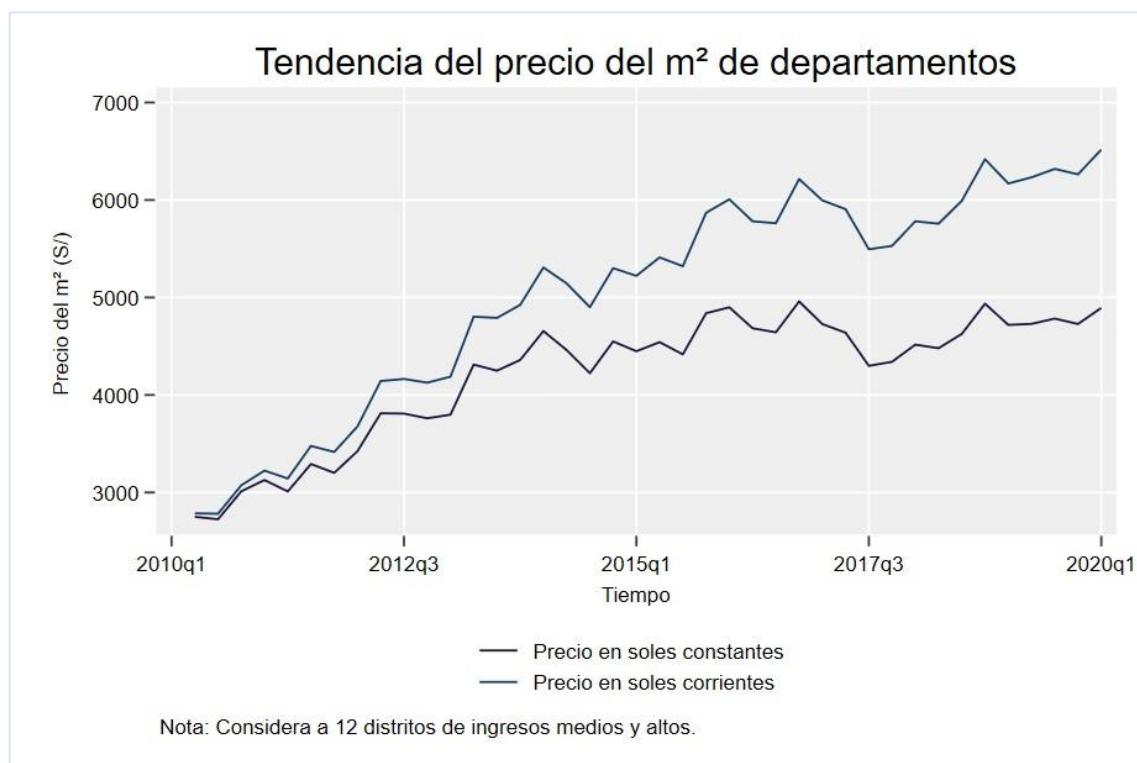
Gráfico 4: Índices de precio promedio de Inmuebles entre países (Índice real en dólares constantes: 2010 = 100)



Fuente: Banco Central de Reserva del Perú. Elaboración propia.

La gráfica 4 muestra la comparación entre la evolución de los índices de precio promedio de inmuebles de países como Chile, Colombia, México, Brasil y Perú. Es importante precisar que las series fueron medidas en dólares constantes del 2010. Ahora bien, se observa es Chile el país que cuenta con el índice de precio promedio de inmuebles más alto con 201, seguido por Colombia con 148, México con 130. Perú presenta un índice de precio de inmuebles de 128, representando uno de los países con menor índice, ubicando solo por debajo e Brasil, que posee un índice de 98.

Gráfico 5: Tendencia del precio del m² de departamentos

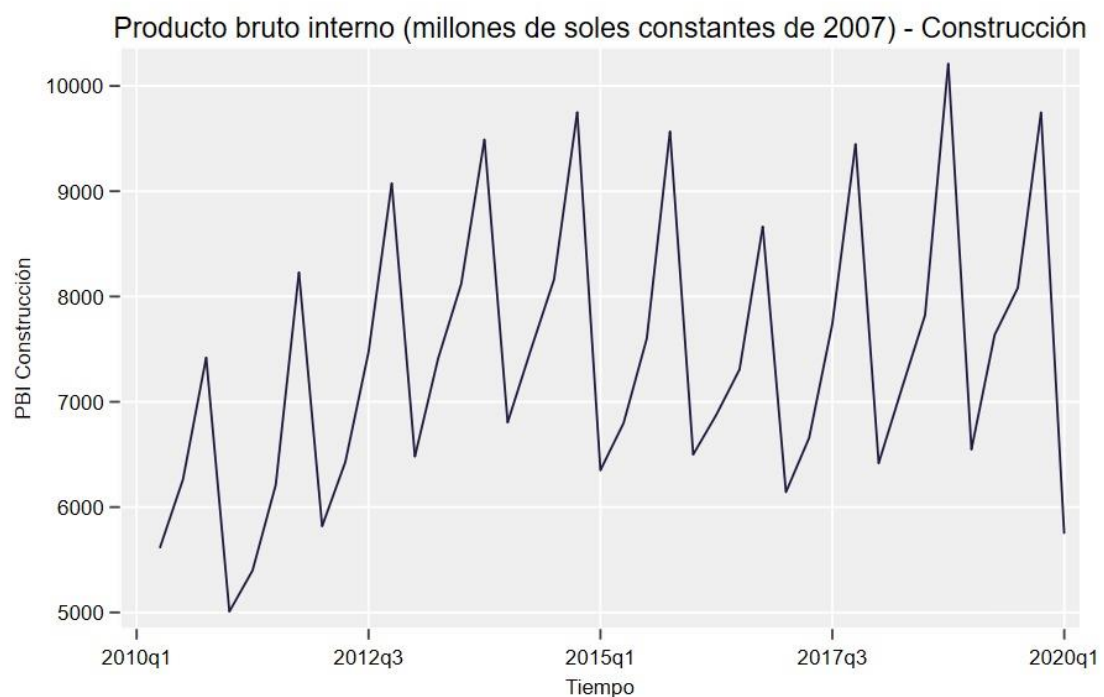


Fuente: Banco Central de Reserva del Perú. Elaboración propia.

El gráfico 6 muestra la evolución del costo del metro cuadrado de departamentos desde el año 2010 hasta el año 2020. Puede observarse una clara tendencia al alza. Situación que es deconcertante para aquellos peruanos que tienen como objetivo la adquisición de un departamento. En ese sentido, la inclusión de esta variable en el modelo se explica porque a mayor costo del metro cuadrado de departamento, mayor será el precio y el costo de alquiler. En consecuencia, es conveniente agregar esta variable como

una variable que pudiera explicar la relación entre el precio de venta y el costo de alquiler de departamento.

Gráfico 6: Evolución del PBI construcción a valores constantes del 2007

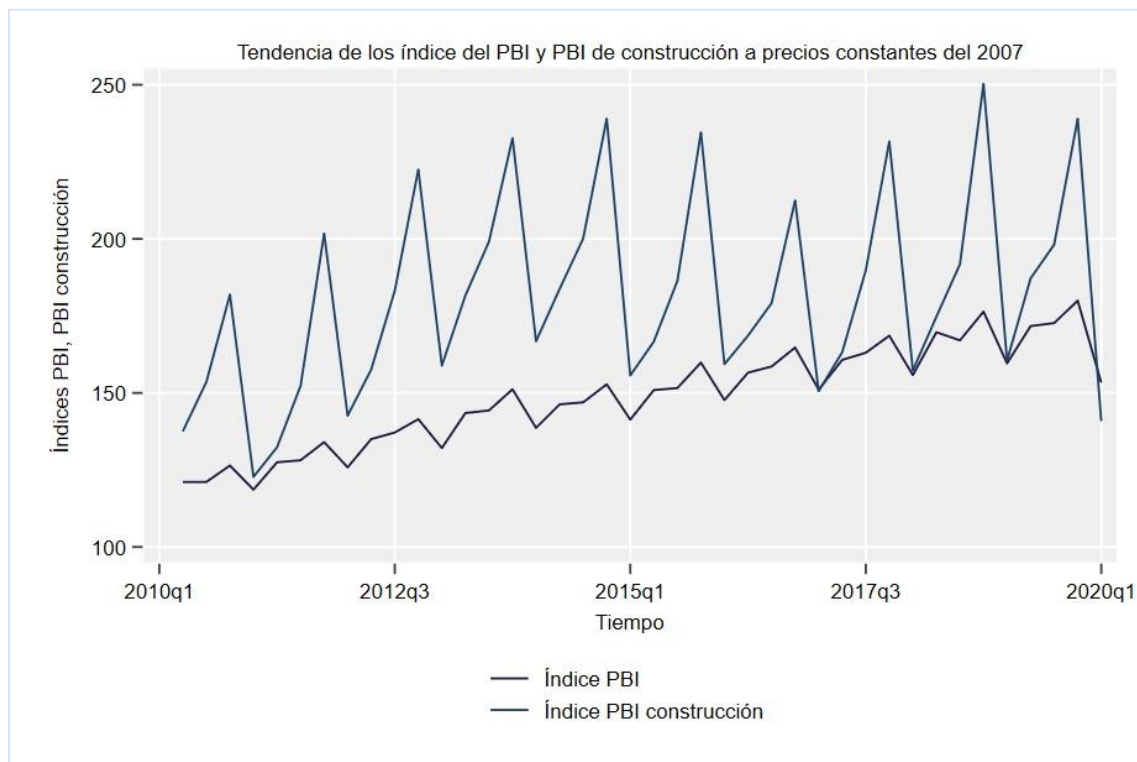


Fuente: Banco Central de Reserva del Perú. Elaboración propia.

El gráfico 7 muestra para el periodo comprendido desde el 2010 al 2020 la evolución del Producto Bruto Interno del sector Construcción a valores constantes del 2007. Se observa una tendencia general al alza, pese a que haya periodos de caídas, las misma que son seguidas por periodos de recuperación del sector. Ahora bien, la inclusión de la variable a este modelo se explica esencialmente por la relación directa entre la oferta de departamentos y el PBI del sector construcción. De ese modo, se espera que en situaciones donde se incrementa el PBI construcción, se incremente la oferta de bienes

inmuebles como los departamentos, pudiendo esto afectar al precio de venta, así como el costo del alquiler.

Gráfico 7: Tendencia de los índices del PBI y PBI Construcción a valores constantes del 2007



Fuente: Banco Central de Reserva del Perú. Elaboración propia.

El gráfico 8 muestra la evolución de los índices del Producto Bruto Interno del Perú y del Producto de Interno del sector Construcción. Se observa que existe una relación directa entre la evolución del PBI y del PBI del sector construcción. Asimismo, se observa que en periodos cuando el PBI tiene a incrementar el PBI del sector Construcción sigue esa misma tenencia. Por otro lado, en periodos donde el PBI tiene a decaer, el PBI del

sector Construcción tiene a decrecer. Por esa razón y por la explicación expuesta, ha sido conveniente la inclusión de estas variables en la formulación del modelo.

Gráfico 8: Evolución de la tasa de Inflación, periodo 2010-2020



Fuente: Banco Central de Reserva del Perú. Elaboración propia.

El gráfico 9, muestra la evolución de la inflación trimestral comprendida en el periodo de 2010 hasta el 2020. Se observa que la serie es estacionaria y que revierte a su media. Vale decir que su media se encuentra comprendida entre 3% y 4%. Ahora, se podría pensar que para el 2021 la tendencia de la inflación sería decreciente, no obstante, si se tomase un periodo de tiempo más extenso, por ejemplo, desde el 2000 hasta el 2020, no quedaría duda de que la serie es estacionaria, atributo relevante para ser incluida en la especificación del modelo VAR. La inclusión de la inflación como variable en el modelo, se explica por la relación que tiene con la tasa de interés hipotecaria, se observado que en situaciones donde se incrementa la inflación, tiende a incrementarse la tasa de interés

hipotecaria que es fuente de financiamiento para aquellos que deseen adquirir o alquilar un departamento.

V. RESULTADOS

Teniendo clara la metodolgia de VAR, en primer lugar no fue necesario diferenciar nuestras variables de precios y de alquileres, se rechazó la presencia de raíz unitaria al 10% de significancia para la variable de precios de los departamentos en miles "precios_miles" y al 5% en la variable de alquileres de departamentos "alquilermensualensolesconsta ". A partir de esto los resultados obtenidos en la modelación de la relación de los precios de los departamentos y el alquiler de los mismos, fueron:

A. La relación entre el primer rezago de los precios de las viviendas sobre el alquiler mensual es significativa y positiva, asimismo los rezagos 1 y 2 de la variable de alquileres no presentan una relación significativa con la misma variable. Por otro lado, los precios de los departamentos no se relacionan significativamente con los alquileres, sin embargo, pueden ser explicados por ellos mismos hasta por dos rezagos. (Tabla 1.)

B. Los alquileres dependen de los precios de los departamentos, el impacto que pueden tener los precios sobre los alquileres mantiene una relación directamente proporcional y sus efectos son prolongados hasta por un poco más de 2 años.

5.1. Elección del modelo

En base a los criterios de información de Akaike, Schwartz y Hannan – Quinn, los resultados arrojaron que los rezagos apropiados para el modelo son 1 o 2, lo que nos brinda la posibilidad de obtener resultados correctamente especificados y sin perder

tantos grados de libertad debido a la muestra con la que se trabaja (Tabla 2.). Estos resultados arrojados por los criterios de información son coherentes con la inclusión y significancia inicialmente mostrada en la Tabla 1.

5.2. Condición de estabilidad y prueba de autocorrelación

En cuanto a las condiciones de estabilidad, los resultados de las pruebas realizadas (Tabla 3.) muestran que las condiciones de estacionariedad son admitidas, es decir, nuestros resultados obtenidos sobre pruebas realizadas son altamente válidas, las raíces inversas del polinomio característico están dentro del círculo unitario (Tabla 3.). Asimismo, los errores estándar pasaron las pruebas de no autocorrelación con una media constante y cercana a cero (Tabla 4.).

5.3. Causalidad de Granger

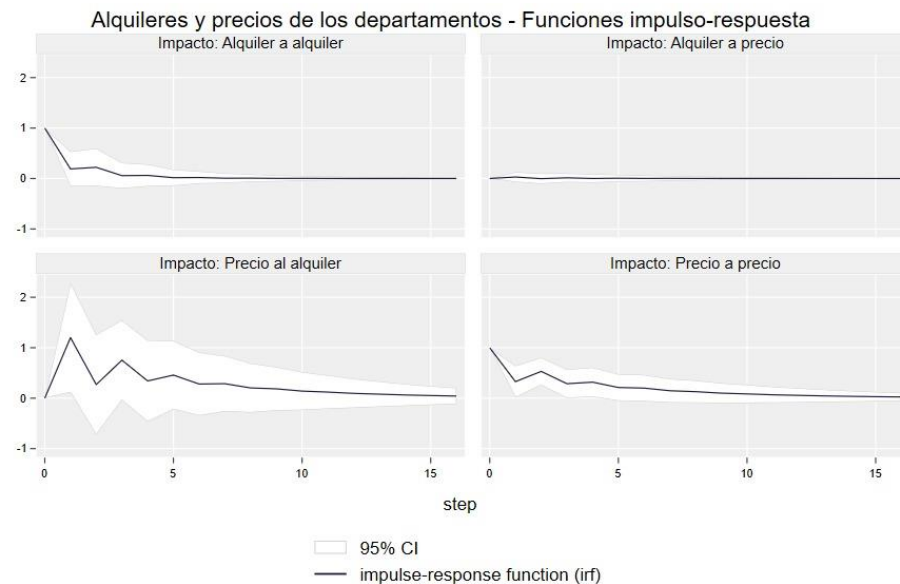
En la prueba de la causalidad de Granger los resultados nos muestran que la probabilidad χ^2 es mayor a 0.05 pero menos a 0.10 para la variable precios de venta con respecto a alquiler y ambas variables en conjunto, con ello afirmamos que la variable precio de venta si es útil en la predicción del precio de alquiler, sin embargo, en la variable de la renta el valor de χ^2 es de 0.807 por lo cual la variable renta no explicaría el precio de venta, es decir hay una relación unidireccional.

5.4. Función de impulso respuesta

Acorde a los resultados comentados y respecto a la función impulso respuesta, mostramos los efectos a shocks producidos en nuestras variables de interés. En contraste, podemos observar en el tercer cuadrante de la Gráfica # el efecto significativo y prolongado de precio de los departamentos sobre los alquileres, el efecto del aumento del precio de los alquileres genera un impacto directo sobre los alquileres siendo fuerte a un inicio y prolongándose débilmente hasta a lo mucho 2 años, por otro lado el efecto de los precios de los departamentos sobre la misma variable tiene efectos

negativos, pudiéndose interpretar acorde a la teoría económica y la evidencia que luego de una subida de precios estos pueden caer considerablemente.

Gráfica # Función Impulso Respuesta



*Precio hace referencia a los precios de los departamentos y alquiler a las rentas mensuales por vivir en los departamentos.
*Los datos son tomados trimestralmente para 12 distritos de ingresos medios y altos.

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Descomposición de la varianza

En relación a los impulsos de los precios de los departamentos sobre los alquileres podemos decir que los shocks son prolongados y tienen un efecto más explicativo proporcionalmente a lo largo del tiempo, como la Tabla 5. muestra, estos efectos en el precio de las viviendas explicarían un 12.24% de la variabilidad en los alquileres.

VI. CONCLUSIONES

Luego de haberse estimado un modelo de Vectores Autorregresivos bajo la versión reducida empleando series estadísticas, en el presente trabajo de investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El precio de venta en en corto plazo tiende a ser fluctuante, sin embargo, en el largo plazo tiene un comportamiento constante. Los rezagos del precio de venta son significantes en la explicación de la determinación de estos mismos en el futuro.
- El valor de la renta de alquiler se puede determinar con rezagos de la variable precio, es decir mientras mayor sea el precio de venta, la renta aumentara en periodos posteriores, debido a que los agentes involucrados siempre buscan un máximo beneficio y al ser el precio mayor invertir en propiedades en alquileres no les sería conveniente si los precios de alquiler son bajos, por lo cual esto generará una tendencia de relación positiva entre estas variables.
- La relación entre el precio de venta y el costo de alquiler es unidireccional, es decir e precio de venta si influye en la determinación de los departamentos, sin embargo, el precio de alquiler no tiene una participación significativa en la determinación de los precios.
- Los valores hallados (significancia y relaciones estadísticas y matematicas) nos confirma la fiabilidad de este modelo VAR para analizar la interdependencia del precio de alquiler y el precio de venta para el caso peruano.

VII. ANEXOS

Tabla 1. Rezagos probables.

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
alquilermensualensolesconsta						
alquilermensualensolesconsta						
L1.	.1898784	.1769301	1.07	0.283	-.1568983	.536655
L2.	.1499223	.1732185	0.87	0.387	-.1895798	.4894243
precios_miles						
L1.	1.200894	.5547982	2.16	0.030	.1135091	2.288278
L2.	-.3523401	.5590534	-0.63	0.529	-1.448065	.7433845
_cons	1089.637	358.9682	3.04	0.002	386.072	1793.202
precios_miles						
alquilermensualensolesconsta						
L1.	.0298619	.0512862	0.58	0.560	-.0706571	.1303809
L2.	-.0184321	.0502103	-0.37	0.714	-.1168425	.0799782
precios_miles						
L1.	.3280912	.1608175	2.04	0.041	.0128946	.6432878
L2.	.3876285	.162051	2.39	0.017	.0700144	.7052426
_cons	129.1328	104.0529	1.24	0.215	-74.80718	333.0728

Tabla 2. Longitud adecuada del rezago

Selection-order criteria

Sample: 2010q4 - 2020q1

Number of obs = 38

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-480.386				3.6e+08	25.3888	25.4194	25.4749
1	-467.729	25.315*	4	0.000	2.3e+08	24.9331	25.0251*	25.1917*
2	-462.991	9.4764	4	0.050	2.2e+08*	24.8942*	25.0476	25.3252

Endogenous: alquilermensualensolesconsta precios_miles

Exogenous: _cons

Tabla 3. Condición de estabilidad.

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
.8158533	.815853
-.5730348	.573035
.4972152	.497215
-.2220642	.222064

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.

Tabla 4. Prueba de Autocorrelación.

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	6.6192	4	0.15743
2	1.7868	4	0.77490

H0: no autocorrelation at lag order

Tabla 5. Descomposición de varianza.

step	(1) fevd	(2) fevd	(3) fevd	(4) fevd
0	0	0	0	0
1	1	.232468	0	.767532
2	.923827	.261283	.076173	.738717
3	.924444	.252934	.075556	.747066
4	.900939	.25935	.099061	.74065
5	.896873	.258146	.103127	.741854
6	.888653	.259681	.111347	.740319
7	.885712	.259591	.114288	.740409
8	.882539	.260015	.117461	.739985
9	.880979	.260063	.119021	.739937
10	.879677	.260199	.120323	.739801
11	.878931	.260239	.121069	.739761
12	.878376	.260288	.121624	.739712
13	.878034	.26031	.121966	.73969
14	.877794	.260329	.122206	.739671
15	.877639	.26034	.122361	.73966
16	.877534	.260348	.122466	.739652

(1) irfname = IMP, impulse = alquilermensualensolesconsta, and response = alquilermensualensolesconsta

(2) irfname = IMP, impulse = alquilermensualensolesconsta, and response = precios_miles

(3) irfname = IMP, impulse = precios_miles, and response = alquilermensualensolesconsta

(4) irfname = IMP, impulse = precios_miles, and response = precios_miles

VII. Bibliografía

Ambrose, B.W., P. Eichholtz and T. Lindenthal. 2013. *House Prices as and Fundamentals: 355 Years of Evidence*. *Journal of Money, Credit and Banking* 45(2): 477– 491.

https://www.researchgate.net/publication/228181464_House_Prices_and_Fundamentals_355_Years_of_Evidence

Campbell, S., M.A. Davis, J. Gallin and R.-F. Martin. 2009. *What Moves Housing Markets: A Variance Decomposition of the Rent–Price Ratio*. *Journal of Urban Economics* 66(2): 90–102.

<http://morris.marginalq.com/papers/2009-06.whatmoveshousing.pdf>

Chuquival, E., Maravi, L & Ramos, L (2015). *Relación de largo plazo entre el precio de las viviendas y sus variables fundamentales para los distritos de La Molina, San Borja, San Isidro y Surco en Lima Metropolitana*. Universidad del Pacifico.

https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1191/Efra%c3%adn_Tesis_maestria_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gallin, J (2004). The Long-Run Relationship between House Prices and Rents. Finance and Economics Discussion Series Divisions of Research & Statistics and Monetary Affairs Federal Reserve Board, Washington, D.C.

<https://www.federalreserve.gov/pubs/feds/2004/200450/200450pap.pdf>

Gallin, J. 2008. The Long-Run Relationship between House Prices and Rents. *Real Estate Economics* 36(4): 635–658.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1540-6229.2008.00225.x>

García, J. (2007). Algunas consideraciones sobre el problema las viviendas en España. PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA, N.º 113, 2007. ISSN: 0210-9107. «RETOS ECONÓMICOS ACTUALES.

https://www.funcas.es/wpcontent/uploads/Migracion/Articulos/FUNCAS_PEE/113art11.pdf

Manganelli, B , Morano, P & Tajani, F (2014). *House prices and rents. The Italian experience*. WSEAS TRANSACTIONS on BUSINESS and ECONOMICS

<https://www.wseas.org/multimedia/journals/economics/2014/a355707-098.pdf>

Novales, A (2017). *Modelos vectoriales autoregresivos (VAR)*. Universidad

Complutense. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41459/VAR.pdf>

Sharma, M., Samarin, M. Rental tenure and rent burden: progress in interdisciplinary scholarship and pathways for geographical research. *GeoJournal* **87**, 3403–3421 (2022).

<https://doi.org/10.1007/s10708-021-10417-2>

Smith, M.H. and G. Smith. 2006. Bubble, Bubble, Where's the Housing Bubble?

Brookings Papers on Economic Activity 37(1): 1–68.

https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2006/03/2006a_bpea_smith.pdf

Vílchez, D (2015). *Evaluando las dinamicas de los precios en el sector inmobiliario*.

Pontificia Universidad Catolica del Perú.

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6719/VILCHEZ_NEIRA_DIEGO_FRANCO_EVALUANDO.pdf?sequence=1