



Identificando Presiones de Demanda y Oferta Internas en el Proceso Inflacionario de Guatemala

Juan Carlos Arriaza¹
Juan Carlos Castañeda²
Juan Catalán-Herrera³

Resumen

En este documento se busca evidencia empírica sobre la importancia relativa que tienen los factores de demanda respecto a los factores de oferta, en la determinación de las fluctuaciones del nivel general de precios en la economía guatemalteca. La estrategia de identificación utiliza la noción de que las presiones de demanda interna y de oferta interna pueden distinguirse entre sí por la dirección de los efectos respectivos sobre los vectores de precios y cantidades. Se estiman econométricamente los principales determinantes de la oferta y de la demanda internas, utilizando una muestra trimestral de 2005Q2 a 2017Q4, para luego encontrar sus contribuciones relativas sobre la tasa de inflación. Los resultados sugieren que la metodología propuesta puede ser una herramienta útil para distinguir el origen de las presiones inflacionarias, las cuales, para el caso de Guatemala, parecen estar equilibradas en años recientes, manteniendo la inflación cerca de su valor meta.

Clasificación JEL: E01, E31, E50.

Palabras clave: Nivel de precios, inflación, política monetaria, Guatemala.

1 Introducción

El estudio empírico del fenómeno inflacionario está siempre en el centro de atención de quienes conducen la política monetaria, algunas veces por la incertidumbre inherente a la medición del fenómeno, y otras veces por la dificultad de identificación de las fuentes de variación en la inflación observada. Ambas razones están estrechamente ligadas a la buena conducción de la política monetaria. Por un lado, sin una buena medición del fenómeno inflacionario, es difícil distinguir entre fuentes persistentes de presiones inflacionarias y fluctuaciones temporales o transitorias en la tasa de inflación; y, por otro lado, si no se distingue el origen de las presiones inflacionarias, según

¹Analista, Dpto. de Investigaciones Económicas, Banco de Guatemala. Email: jcah@banguat.gob.gt

²Director, Dpto. de Investigaciones Económicas, Banco de Guatemala. Email: jccf@banguat.gob.gt

³Autor para correspondencia. Dpto. de Investigaciones Económicas, Banco de Guatemala. 7 Ave. 22-01 zona 1, Guatemala Ciudad. Email: jch@banguat.gob.gt; Tel: +(502) 2429-6000x3653.

si estas son presiones de oferta o presiones de demanda, difícilmente se podrá elegir el mejor curso de acción de la política monetaria. A pesar de que ambas razones son importantes, el presente documento se centra en la segunda; es decir, en encontrar una metodología que permita distinguir entre las presiones inflacionarias que se originan en desplazamientos de la demanda interna y aquellas que provienen de desplazamientos de la oferta interna.

Particularmente, se busca evidencia empírica sobre la importancia relativa que tienen los factores de demanda respecto a los factores de oferta, en la determinación de las fluctuaciones del nivel general de precios en la economía guatemalteca, medido a través del índice de Precios al Consumidor—IPC. También se presenta una estrategia metodológica para identificar la fuente de dichas presiones y se estudia la incidencia de los choques estructurales en la integración del nivel observado de la tasa de inflación y en la descomposición de varianza de dicha serie macroeconómica. Tanto la identificación de choques estructurales como la descomposición de varianza se llevan a cabo utilizando un análisis de vectores autoregresivos—VAR.

La propuesta metodológica consiste en identificar variables que puedan ser clasificadas *a priori* como variables que desplazan la oferta interna o como variables que desplazan la demanda interna. La selección de estas variables se lleva a cabo tomando en cuenta los efectos de las mismas sobre la dupla de precio y cantidad en el mercado interno. Específicamente, se clasifica una variable como ‘desplazadora’ de la oferta (*supply shifter*) si un choque a dicha variable produce efectos contrarios sobre inflación (precio) y demanda interna (cantidad); por ejemplo, un choque a una variable catalogada como desplazadora de la oferta que produzca una contracción de la misma, genera una respuesta positiva en la inflación y negativa en el producto (aproximado por la demanda interna). Si los efectos son en el mismo sentido, es decir, tanto precio como cantidad responden en la misma dirección, ante un choque a determinada variable, ésta será considerada como ‘desplazadora’ de la demanda (*demand shifter*). Luego de seleccionar a las variables cuyos efectos netos pueden catalogarse como de ‘oferta’ o ‘demanda’, se resumen los datos estimando un modelo VAR multivariado de forma reducida, el cual incluye a la demanda interna y la tasa de inflación, en adición a las variables de ‘oferta’ y ‘demanda’ (en el sentido descrito), y otras variables que contribuyen a la correcta estimación del VAR (es decir, la estimación de un modelo VAR que cumple con todas las propiedades econométricas deseables). Posteriormente, se identifican los choques estructurales a través de diagonalizar la matriz de varianzas y covarianzas de los residuos del VAR de forma reducida, recuperando así choques estructurales no correlacionados.

De la cuidadosa selección inicial de las variables, se puede esperar que los choques a dichas variables aproximen desplazamientos de la demanda o de la oferta y, por lo tanto, de la combinación aditiva de los efectos de los choques de las variables de oferta por un lado, y de los de demanda por otro, se puede obtener información sobre si las variaciones de la inflación provienen de fuerzas que desplazan la oferta o fuerzas que desplazan la demanda. Este procedimiento tiene la ventaja práctica de que no identifica choques de oferta o de demanda ‘anónimos’; al extraer los choques de variables observables, es posible interpretar la evolución histórica de la inflación en términos de la contribución que tienen los choques estructurales de otras variables observables sobre la dinámica de la inflación. Esto permite integrar o reconstruir el dato de inflación en términos de la contribución de choques estructurales de variables observables, que los conductores de la política conocen y tienen en mente, en lugar de choques estructurales acerca de los cuales no se tiene referencia de

cómo deberían comportarse. Esto contribuye enormemente a la comunicación y comprensión de los resultados.

Siguiendo esta metodología, se caracterizaron las series de inflación y de demanda interna de la economía guatemalteca con una muestra de datos trimestrales que se extiende desde 2005Q1 hasta 2017Q4. Durante el periodo muestral, la serie de inflación ha estado sujeta a choques de distintos orígenes, fluctuando alrededor de una media del 5.26%; durante la sub-muestra posterior a la crisis financiera internacional (*i.e.* 201Q1-2017Q4), ésta ha fluctuado muy cerca de la meta fijada por el banco central ($4 \pm 1\%$), registrando una media muestral de 4.10%. La inflación más alta que se registró durante el período muestral (13.56%) corresponde al segundo trimestre de 2008, influenciada principalmente, por el comportamiento en el precio internacional del petróleo y de sus derivados, así como a los incrementos registrados en el precio internacional de algunos granos, especialmente del maíz y del trigo. Del otro lado del espectro, la menor tasa de variación interanual de los precios (-0.28%) se registró en el último trimestre de 2009, cuando se materializaron los efectos negativos de la crisis financiera internacional.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se presenta una breve revisión de la literatura, en la sección 3 se describen los aspectos metodológicos, en la sección 4 se presenta la estimación del modelo VAR, en la sección 5 se discuten los principales resultados y, en la sección 6 se entregan algunas consideraciones finales.

2 Revisión de la literatura

Existe un conjunto extenso de documentos de investigación que específicamente utilizan modelos de Vectores Autoregresivos Estructurales (SVAR) para la identificación de choques ortogonales no observables y que permiten examinar el efecto que tienen estos choques sobre series de datos observables. Notablemente, Blanchard y Quah (1989b) utilizan un SVAR bivariado compuesto por la tasa de crecimiento real del producto y la tasa de desempleo para encontrar los componentes temporales y permanentes del producto en la economía estadounidense. En su investigación seminal, dichos autores utilizan dos supuestos básicos de identificación: el primero es que el choque de demanda no tiene efectos de largo plazo sobre el producto y el segundo es que la matriz de varianzas y covarianzas de los choques estructurales es una matriz diagonal, es decir, los choques estructurales no están correlacionados entre sí. La evidencia empírica que presentan sugiere que más del ochenta por ciento de la variabilidad del producto (en el corto plazo) se explica por shocks de demanda. A partir de este trabajo, surgió un gran número de aplicaciones siguiendo su metodología.⁴ La mayoría de estas aplicaciones utilizan restricciones paramétricas e imponen varias restricciones de identificación sobre la matriz de covarianzas de los choques estructurales.

Una variante de Blanchard y Quah (*ibíd.*) la proponen Cover, Enders y Hueng (2006) utilizando un sistema de ecuaciones (*à la* Lucas Jr 1972), en el cual incluyen una ecuación de demanda agregada y otra de oferta agregada. Estiman un modelo SVAR sustituyendo la serie de desempleo (que utilizan

⁴Algunas aplicaciones más recientes son, por ejemplo, Bashar 2011, 2012; Cover, Enders y Hueng 2006; Gali 1999; Mendieta-Muñoz y col. 2018; Mio y col. 2002 entre muchos otros.

Blanchard y Quah 1989b) por una serie de inflación, y aplican un método de descomposición en el cual la covarianza de los choques de oferta y de demanda es distinta de cero, es decir, permiten cierta correlación entre los choques estructurales. El principal argumento que evocan para permitir tal correlación, es que, quienes formulan la política económica, toman en cuenta las realizaciones presentes y pasadas de los choques al momento de tomar decisiones de política. Utilizando estos criterios, encuentran que existe una correlación del 54% entre los choques de demanda y oferta en el largo plazo, y una correlación del 70% entre estos mismos choques en el corto plazo; con lo que justifican sus supuestos. Con un modelo muy parecido al recién descrito, Enders y Hurn 2007 llevan a cabo una estimación para Australia, agregando en la ecuación de oferta agregada, un choque de oferta externa que corresponde a una economía extranjera (asumiendo que Australia es una economía pequeña y abierta). Estos autores documentan una correlación de 73% entre los choques de oferta y demanda agregadas.

La ortogonalidad de los choques estructurales es la clave fundamental de la identificación, es lo que permite encontrar las verdaderas fuentes de variación. Sin embargo, imponer restricciones adicionales a la matriz de varianzas y covarianzas (aunque representen una excelente estrategia de identificación) tiene al menos dos inconvenientes prácticos: i) la descomposición de choques estructurales no es neutral ni robusta a los supuestos de identificación que se utilicen y, ii) dado que los choques estructurales son *no observables*, es difícil persuadir, a quienes conducen la política monetaria, afirmando que el conjunto de restricciones adicionales que se impondrán son las que correctamente identifican las fuentes de variación. Ambos puntos se revisten de importancia pragmática, cuando la finalidad de la descomposición de choques es poder entregar recomendaciones de política creíbles y transmitir de forma convincente cuales son las fuentes de variación de alguna serie macroeconómica en particular.

Por lo cual, en el presente documento se adopta un enfoque mucho más pragmático y cercano, en cierto sentido, a un subconjunto de la literatura en la que la identificación de los choques estructurales se lleva a cabo a través de la restricción de signos sobre las funciones de impulso-respuesta. Por ejemplo, Fry y Pagan (2011a) estiman dos modelos SVAR con restricción de signos, el primero es un modelo de oferta y demanda para un mercado en equilibrio parcial y el segundo es un modelo macroeconómico de pequeña escala. En ambos modelos se utilizan matrices de rotación de 'Givens' para construir matrices ortogonales para identificar y distinguir los choques que provienen del lado de la demanda de aquellos que tienen su origen en la oferta. Los autores eligen las funciones de impulso respuesta que cumplen con los signos que identifican un choque de demanda (aquellas que generan una respuesta en el mismo sentido de los precios y las cantidades) y los que identifican un choque de oferta (respuesta de precios y cantidades en sentidos opuestos). El modelo macroeconómico, en adición a las series de precios y producto (cantidades), incluye la tasa de interés de política. Los autores concluyen que las restricciones de signos es una estrategia útil para identificar múltiples choques en un análisis cuantitativo. De forma similar, Ouliaris, Pagan y Restrepo (2015) estimaron los mismos dos modelos con dos metodologías distintas. En la primera, generaron un gran número de choques no correlacionados, con los cuales generaron un número igualmente grande de funciones de impulso-respuesta para retener únicamente aquellas que cumplieran con el patrón o restricción de signos. En el segundo método, restringieron algunos elementos de la matriz de varianzas y covarianzas y los hacían variar de forma aleatoria para simular un conjunto amplio de funciones de impulso-respuesta. Los resultados fueron similares independientemente del método.

Finalmente, Pagliacci (2016) estimó un modelo SVAR con restricciones de signos utilizando datos de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú, Estados Unidos y Venezuela. Su principal contribución es calcular la descomposición histórica del crecimiento de la producción para cada tipo de choque (demanda y oferta) y proponer dos indicadores nuevos que podrían guiar las intervenciones de la política monetaria, basados en los efectos dinámicos de las realizaciones de un choque estructural sobre precios y producto. Los hallazgos muestran que la proporción de la variación de la producción explicada por los choques de oferta en el corto plazo es sustancial (más del 50%) para cinco de los ocho países de la muestra. También encuentran que los choques de oferta explican una parte importante de la variación de la inflación en el corto y largo plazo.⁵

3 Metodología

En esta sección se presenta detalladamente la metodología propuesta para determinar el origen de las presiones inflacionarias en la economía guatemalteca. En pocos pasos, la metodología es la siguiente: i) Se seleccionan variables que puedan catalogarse como ‘desplazadoras’ de oferta o de demanda; ii) Se formula y estima un modelo VAR multivariado y se recuperan los choques estructurales (no correlacionados); iii) Se calcula la representación de medias móviles vectoriales—VMA (por sus siglas en inglés) del modelo SVAR; iv) Se integran las series de inflación y de demanda interna; v) Se agrega la contribución de los choques de cada variable, según si fue catalogada como de ‘oferta’ o ‘demanda’; vi) Se estima la descomposición de varianza.

3.1 Selección de variables ‘desplazadoras’ de oferta o demanda

Analogía con el análisis de equilibrio parcial

La idea de variables que desplazan las curvas de oferta o demanda internas surge de una analogía con el análisis de equilibrio parcial. Supongamos que existen T mercados aislados en el tiempo e indexados por $t = 1, \dots, T$. Para cada mercado t , sea p_t el precio de una canasta que reúne los bienes y servicios existentes en la economía; y_t la cantidad de estos bienes y servicios y x_t un vector de variables que conjuntamente caracterizan el mercado. Para cada mercado t , la función de demanda interna $y_t^d(\cdot)$ describe la cantidad de bienes y servicios que los consumidores, quienes se asumen tomadores de precios, están dispuestos a adquirir; la oferta interna $y_t^s(\cdot)$ describe la cantidad de bienes y servicios que las firmas (también tomadoras de precios) están dispuestas a llevar al mercado interno, ambas en función del precio p_t .

Se asume que, al despejarse los mercados internos, la transacción registrada (p_t, y_t) es un resultado de equilibrio. En otras palabras, para todos los mercados t , el precio p_t se establece a manera de igualar la demanda y oferta internas:

$$y_t^d(p_t; x_t) = y_t^s(p_t; x_t) = y_t \quad (1)$$

⁵Ver también Canova y De Nicolò (2002), Mountford (2005) y Scholl y Uhlig (2008).

Para cada mercado t , lo único que es observable (y de lo cual se lleva registro) es el precio de equilibrio p_t y de la cantidad de equilibrio y_t . No podemos observar directamente la función de demanda $y_t^d(p_t; x_t)$ o la función de oferta $y_t^s(p_t; x_t)$, simplemente se observan las transacciones de equilibrio y las otras variables que contribuyen a la caracterización del mercado x_t . El problema que surge al intentar identificar estas funciones, a partir de las transacciones de equilibrio, es el problema de simultaneidad; tanto los precios como las cantidades observadas se determinan endógenamente dentro del sistema de oferta y demanda.

Una descripción estructural de este modelo simple de oferta y demanda sería:

$$\begin{aligned} \text{demanda interna: } & y_t^d(p_t; x_t) = \gamma_p^d p_t + x_t' \gamma_x^d + u_t^d \\ \text{oferta interna: } & y_t^s(p_t; x_t) = \gamma_p^s p_t + x_t' \gamma_x^s + u_t^s \\ \text{equilibrio: } & y_t^d(p_t; x_t) = y_t^s(p_t; x_t) = y_t \end{aligned}$$

Lo cual se puede simplificar,

$$\text{demanda: } \quad y_t = \gamma_p^d p_t + x_t' \gamma_x^d + u_t^d \quad (2)$$

$$\text{oferta: } \quad y_t = \gamma_p^s p_t + x_t' \gamma_x^s + u_t^s \quad (3)$$

Podemos resolver las ecuaciones estructurales (eqs. 2 y 3) respecto de p_t y y_t , para obtener la forma reducida del sistema:

$$p_t = x_t' \beta_x^p + \varepsilon_t^p \quad (4)$$

$$y_t = x_t' \beta_x^y + \varepsilon_t^y \quad (5)$$

donde, $\beta_x^p = (\gamma_x^s - \gamma_x^d) / (\gamma_p^d - \gamma_p^s)$; $\beta_x^y = \gamma_p^s \beta_x^p$; $\varepsilon_t^p = (u_t^s - u_t^d) / (\gamma_p^d - \gamma_p^s)$ y $\varepsilon_t^y = \gamma_p^s \varepsilon_t^p$.

Si las ecuaciones anteriores se estiman por separado, no será posible obtener estimadores eficientes o consistentes de los parámetros estructurales, puesto que existe un problema de identificación, dado que tanto el precio como la cantidad de equilibrio se determinan simultáneamente. Sin embargo, para distinguir las presiones inflacionarias que provienen de factores que afectan la oferta y factores que afectan a la demanda, no es estrictamente necesario recobrar los parámetros estructurales; bastaría con estimar correctamente la variación explicada del proceso inflacionario por cada factor, según si éste afecta a la oferta o a la demanda.

Se asume que el vector de variables explicativas x_t puede separarse en tres componentes:

$$x_t' = [x_t^d \quad x_t^s \quad x_t^c],$$

donde, x_t^d son variables que desplazan a la curva de demanda interna pero no la curva de oferta interna; x_t^s son variables que desplazan a la curva de oferta interna pero no la curva de demanda interna; x_t^c son variables de control sobre factores que podrían afectar tanto a la demanda como a la oferta. Expandiendo x_t en el sistema descrito por las ecs.(4 y 5) tenemos:

$$p_t = (x_t^d)' \beta_{x,d}^p + (x_t^s)' \beta_{x,s}^p + (x_t^c)' \beta_{x,c}^p + \varepsilon_t^p \quad (6)$$

$$y_t = (x_t^d)' \beta_{x,d}^y + (x_t^s)' \beta_{x,s}^y + (x_t^c)' \beta_{x,c}^y + \varepsilon_t^y \quad (7)$$

Las ecuaciones anteriores podrían estimarse por separado a través de mínimos cuadrados ordinarios, sin embargo, los residuales ε_t^p están correlacionados con ε_t^y y dejar de considerar esta relación podría afectar los efectos marginales estimados. Por otro lado, muchas de las consecuencias que podrían surgir de un desplazamiento de la oferta y/o de la demanda tendrían efectos diferidos en el tiempo, por lo cual, para esta aplicación, no nos interesa estimar un modelo estático (como el descrito por las ecs. 4 y 5) en donde se capturarán únicamente efectos promedio, sino que nos interesa estudiar los efectos dinámicos de estas variables que desplazan a la oferta y a la demanda. Es por esta razón que se recurre al planteamiento de un modelo de vectores autoregresivos, puesto que este controla por la posible correlación de los residuos y nos permite llevar a cabo un análisis dinámico. No obstante, esta analogía con el equilibrio de un mercado parcial es útil puesto que clarifica lo que se debe entender por variables que desplazan a la oferta y variables que desplazan a la demanda:

- **Variables que desplazan a la demanda interna:** Inducen un movimiento en el mismo sentido en precios y cantidades.
- **Variables que desplazan a la oferta interna:** inducen en precios y cantidades, una reacción en sentido contrario.

Definición de oferta y demanda internas

La definición que se utiliza para la oferta y demanda internas, la obtenemos partiendo de la identidad de la contabilidad nacional:

$$Y_t = C_t + G_t + I_t + X_t - M_t,$$

y definimos la demanda interna como:

$$DI_t = C_t + G_t + I_t,$$

y la oferta interna como:

$$OI_t = Y_t + M_t - X_t$$

En equilibrio, lo que observamos sería:

$$y_t = OI_t = DI_t$$

Se utiliza la demanda interna como medida de cantidades en lugar del producto interno bruto (PIB, que podría ser el candidato natural) puesto que la demanda interna, al igual que la inflación, es más afectada por los precios de las importaciones, y menos afectada por los precios de las exportaciones, que el PIB.

Selección de variables ‘desplazadoras’

Para detectar variables que desplazan a la oferta y demanda internas, se estimaron varios modelos VAR de tres ecuaciones, en donde el candidato a variable ‘desplazadora’ ocupa el lugar de la variable más exógena, en una estructura causal recursiva (u ordenamiento de Wold 1951), con el cual se analizan las respuestas de las series de inflación y demanda interna, ante un choque de la

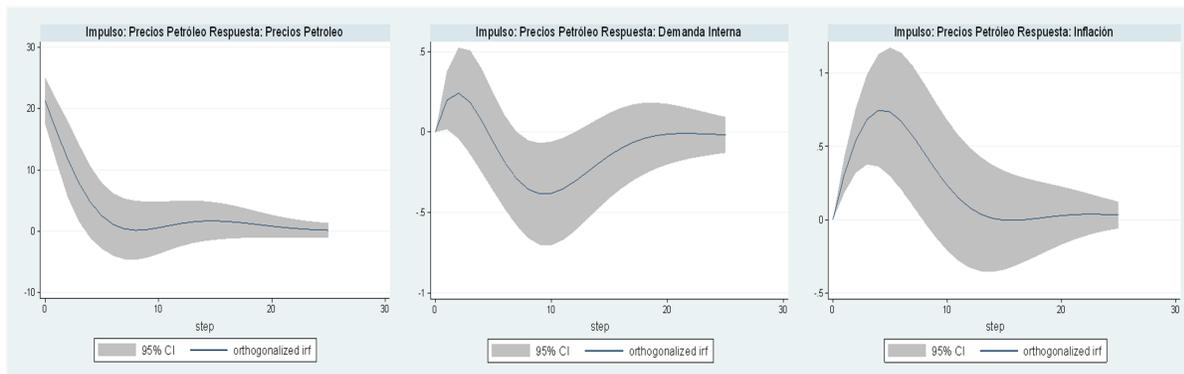
variable más exógena.

Si la respuesta promedio de la inflación y el producto es positiva para ambas, respecto a un choque positivo de la variable candidato, se considera probable que los choques a dicha variable podrían desplazar la curva de demanda y puede utilizarse en el VAR multivariado del cual se extraerán los choques estructurales. Por ejemplo, intuitivamente se puede pensar que el precio internacional del petróleo y^{pet} es una variable que potencialmente podría desplazar la curva de oferta; es decir, un aumento en los precios del petróleo podría contraer la oferta interna (al aumentar los costos), lo cual a su vez, implicaría un aumento de la inflación y^π y una contracción en el producto y^{di} . Esta dinámica es la que se espera encontrar en las funciones de impulso respuesta de estos modelos VAR preliminares. La especificación de este ejemplo sería:

$$\begin{aligned} y_t^{pet} &= \beta_{1,1}y_{t-1}^{pet} + \beta_{1,2}y_{t-1}^{di} + \beta_{1,3}y_{t-1}^\pi + \varepsilon_{y^{pet},t} \\ y_t^{di} &= \beta_{2,1}y_{t-1}^{pet} + \beta_{2,2}y_{t-1}^{di} + \beta_{2,3}y_{t-1}^\pi + \varepsilon_{y^{di},t} \\ y_t^\pi &= \beta_{3,1}y_{t-1}^{pet} + \beta_{3,2}y_{t-1}^{di} + \beta_{3,3}y_{t-1}^\pi + \varepsilon_{y^\pi,t} \end{aligned}$$

Utilizando series de las variaciones interanuales de cada variable y el ordenamiento de Wold (1951), generamos la funciones impulso respuesta:

Figura 1: Impulso-precio del petróleo; Respuesta-demanda interna e inflación



En la Figura 1 podemos observar que la respuesta de la demanda interna (centro) es negativa en términos generales o en promedio, mientras la respuesta de la medida de inflación (derecha) es claramente positiva. Es decir, un choque positivo en el precio del petróleo genera la respuesta en precios y cantidades, que se observa en una contracción de la curva de oferta, y por lo tanto, podemos clasificarla como una variable que desplaza a la oferta. Si por el contrario, la dinámica que se observa es en el mismo sentido, en precio y cantidad, la variable se clasifica como desplazadora de la demanda.

Este proceso se llevó a cabo con un conjunto amplio de variables, del cual se seleccionó un subconjunto de quince, clasificadas entre variables de oferta y demanda, las cuales cumplían con el

análisis de impulso-respuesta descrito en esta sección, es decir, aquellas que fue posible clasificar como de oferta o como de demanda.⁶

Luego, por la longitud de las series temporales, es necesario elegir el modelo más parsimonioso posible, pero uno que aún contemple las fuentes de variación relevantes. Por lo tanto, del subgrupo de quince variables clasificadas como de oferta o de demanda, se seleccionaron ocho variables finales de la forma siguiente: Primero, se clasifican las variable en cuatro grupos con características similares, i) remesas, ii) inversión, iii) índice de importaciones y iv) enérgicos. En el primer grupo, se consideran las remesas tanto en dólares como en quetzales. En el segundo grupo, se tiene el crédito al sector privado, las líneas de crédito del exterior, y la formación bruta de capital. En el tercer grupo, se incluye al deflactor implícito de las importaciones, el índice de precios de importaciones de Estados Unidos, el índice de precios de exportaciones de Estados Unidos, y el índice de precios ponderado de exportaciones e importaciones de los Estados Unidos.⁷ Finalmente, en el cuarto grupo, se incluyen los precios del petróleo, precios del diesel, precios del gas propano, precios de gasolina regular y superior, e índice de electricidad. Segundo, se estiman varios modelos VAR de ocho variables, manteniendo en cada uno de ellos cuatro variables: la demanda interna, el índice de precios al consumidor, el índice de precio de electricidad, y el tipo de cambio nominal, y se alterna el uso de las demás variables, para lo cual, se incluye una variable por cada uno de los cuatro grupos descritos anteriormente, en cada una de las estimaciones.

Para la elección final de las ocho variables a utilizar en el modelo VAR, dado que se considera que las variables dentro de cada grupo conlleva información similar, se escogen las combinaciones que permiten estimar un modelo VAR con las mejores propiedades estadísticas. Es decir, un modelo VAR estable, con residuos normales, homocedásticos, y sin rastro de heterocedasticidad.

3.2 Descripción del modelo VAR multivariado

Modelo VAR de forma reducida

Se estima un modelo VAR multivariado de forma reducida, en el que se incluyen variables que potencialmente pueden desplazar las curvas de oferta y demanda, y una medida de cantidades (la demanda interna) y otra de precios (la variación interanual del IPC). Se elije el mejor modelo, en el sentido de que este cumpla con las propiedades estadísticas requeridas para hacer inferencia: estabilidad, normalidad, ausencia de autocorrelación, y homocedasticidad de los errores. Siguiendo la exposición de Hamilton (1994), la especificación general de un VAR de orden p , expresado como un VAR(1), sería:

$$\xi_t = \mathbf{F}\xi_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

donde

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = \begin{cases} \mathbf{Q} & \text{para } t = \tau \\ \mathbf{0} & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

⁶Ver listado de las quince variables iniciales en Tabla 5 del apéndice 2.

⁷El índice de precios de exportaciones e importaciones de los Estados Unidos se pondera por los flujos de comercio exterior de Guatemala.

y,

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} \Omega & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Donde ξ_t es un vector de matrices que contienen los datos sin media,⁸ \mathbf{F} es una matriz de coeficientes y Ω es la matriz de varianzas y covarianzas de los residuos. Se estima el modelo de la ec.(8) por medio de OLS, y se recuperan las series de errores residuales ε_t y la matriz Ω .

Innovaciones estructurales: modelo SVAR

El único requerimiento impuesto sobre las innovaciones que serán consideradas como ‘estructurales’ es que éstas no estén correlacionadas entre sí. Para imponer esta característica sobre los residuos recuperados de la estimación de la forma reducida del VAR, encontramos una matriz \mathbf{H} que diagonalice la matriz Ω (la matriz de varianzas y covarianzas de los residuos ε_t):

$$\mathbf{H}\Omega\mathbf{H}' = \mathbf{D}$$

donde \mathbf{D} es una matriz diagonal. Por consiguiente, utilizando los residuos y la matriz \mathbf{H} podemos recuperar los choques estructurales \mathbf{u}_t :

$$\mathbf{u}_t = \mathbf{H}\varepsilon_t \quad (9)$$

Satisfaciendo la propiedad de ortogonalidad,

$$\mathbf{E}(\mathbf{u}_t\mathbf{u}_t') = \mathbf{E}(\mathbf{H}\varepsilon_t\varepsilon_t'\mathbf{H}') = \mathbf{D}$$

Representación de promedios móviles-VMA del modelo SVAR

Dado que los choques estructurales no son observables, y muchas veces de difícil interpretación, se calcula la representación de medias móviles vectoriales (VMA) exacta para las innovaciones fundamentales o estructurales, con el fin de contabilizar la contribución de cada choque estructural en la integración del dato de inflación y de demanda interna.

Iterando recursivamente un modelo VAR estacionario, es posible encontrar su representación exacta de promedios móviles:

$$\mathbf{y}_{t+s} = \mu + \varepsilon_{t+s} + \Psi_1\varepsilon_{t+s-1} + \Psi_2\varepsilon_{t+s-2} + \dots + \Psi_{s-1}\varepsilon_{t+1} + \dots \\ \mathbf{F}_{11}^{(s)}(\mathbf{y}_t - \mu) + \mathbf{F}_{12}^{(s)}(\mathbf{y}_t - \mu) + \dots + \mathbf{F}_{1p}^{(s)}(\mathbf{y}_{t-p+1} - \mu) \quad (10)$$

⁸En el tratamiento de uso general, las series de datos que se incluyen en ξ_t son netos de su valor de estado estacionario, en la nomenclatura de Hamilton (1994), esto equivale a restar de las series de datos el valor esperado incondicional $\mu = (\mathbf{I}_n - \Phi_1 - \Phi_2 - \dots - \Phi_p)^{-1} \mathbf{c}$; sin embargo, dado que la muestra con la que posteriormente se trabaja es relativamente corta, hace más sentido restar la media muestral.

Donde $\Psi_j = F_{11}^{(j)}$ es el bloque superior izquierdo de F^j , i.e. matriz de coeficientes F elevada a la potencia j . Utilizando la ec.(10) y la definición de las innovaciones estructurales (eq.9), encontramos la representación VMA exacta para las innovaciones fundamentales u_t :

$$y_{t+s} = \mu + u_{t+s} + J_1 u_{t+s-1} + J_2 u_{t+s-2} + \dots + J_{s-1} u_{t+1} + \dots \\ F_{11}^{(s)}(y_t - \mu) + F_{12}^{(s)}(y_t - \mu) + \dots + F_{1p}^{(s)}(y_{t-p+1} - \mu) \quad (11)$$

donde $J_s \equiv \Psi_s H^{-1}$ contiene las contribuciones (o ponderaciones) de cada innovación estructural para integrar el nivel de las series contenidas en la matriz y_t .

Por medio de una rutina en Matlab[®], y llevando un cuidadoso recuento de la contribución por variable en cada J_t y cada u_t , por cada período de la muestra, es posible reconstruir las series observadas en función de la contribución de cada innovación estructural sobre la variable que se desea reconstruir y de las condiciones iniciales de todas las variables.

Por consiguiente, es posible observar, en cada momento del tiempo, no solo la innovación estructural que se identifica para determinada serie observable, sino que también la contribución que las innovaciones estructurales, de las otras variables en el modelo, ejercen sobre ella. Este procedimiento podría pensarse, de forma simplista, como uno de traducción, en donde las innovaciones estructurales, que son no observables y de difícil comprensión, se traducen a contribuciones asociadas a variables observables que permiten una interpretación muy directa y comprensible de las innovaciones estructurales; lo cual representa una ventaja muy grande al momento de comunicar resultados o hacer recomendaciones de política.

Sin embargo, aunque es posible calcular la contribución de cada innovación estructural sobre cada una de las series observables, su interpretación debe hacerse con cautela, puesto que el modelo, aunque tenga un buen ajuste a los datos observados (con residuos pequeños, lo cual es indicio de una buena especificación), no deja de ser una aproximación simplificada e imperfecta de la realidad, como cualquier modelo, y por lo tanto no puede descartarse que en él hayan variables omitidas. Con muy alta probabilidad, puede haber variables que no se incluyeron en el modelo y que influyen en su dinámica. Para enfrentar este problema, se propone agregar las contribuciones de las innovaciones atribuidas a las variables de oferta y a las de demanda, respectivamente, y hacer un análisis de las presiones de demanda y de oferta de forma agregada. Más adelante cuando se presentan los resultados se explica con más detalle esta agregación y se indica por qué es útil para moderar la incidencia de posibles variables omitidas en el modelo.

4 Estimación del modelo VAR

Siguiendo la metodología descrita en la sección anterior, se eligió un modelo VAR de ocho variables y dos rezagos (según los criterios de información tradicionales). De las ocho variables, dos son de demanda, tres son de oferta y una no es de demanda o de oferta pero ayuda a que el VAR posea las propiedades econométricas deseadas. A estas seis variables se añaden la variación interanual de la demanda interna como medida de cantidad y la variación interanual del IPC como medida de precios. Se utilizaron datos trimestrales, con una muestra comprendida entre 2005Q1 y 2017Q4.

Todas las variables entran al modelo VAR como variaciones interanuales y las pruebas de raíz unitaria confirman que son todas estacionarias. Las variables son las siguientes:

Cuadro 1: Variables que se incluyen en el VAR

Variables de demanda		Fuente
y_t^{rem}	: Variación interanual de la suma móvil de 12 meses de remesas en quetzales	Banco de Guatemala
y_t^{cred}	: Variación interanual de media móvil de cuatro trimestres del crédito al sector privado	Banco de Guatemala
Variables de oferta		Fuente
y_t^{impor}	: Variación interanual del deflactor implícito de las importaciones	Banco de Guatemala
y_t^{pet}	: Variación interanual de los precios del petróleo	Departamento de Energía de Estados Unidos
y_t^e	: Variación interanual del índice de precio de electricidad	Instituto Nacional de Estadística
Variable de control		Fuente
y_t^{v-s}	: Variación interanual del tipo de cambio nominal	Banco de Guatemala
Variables de precio y cantidad		Fuente
y_t^{di}	: Variación interanual de la demanda interna	Banco de Guatemala
y_t^π	: Variación interanual del índice de precios al consumidor	Banco de Guatemala

Se estimó entonces el modelo descrito en ec. (8), donde,

$$\xi_t = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_t - \mu \\ \mathbf{y}_{t-1} - \mu \end{bmatrix}; \quad \mathbf{y}_t = \begin{bmatrix} y_t^{impor} - \mu \\ y_t^{pet} - \mu \\ y_t^{rem} - \mu \\ y_t^e - \mu \\ y_t^{v-s} - \mu \\ y_t^{cred} - \mu \\ y_t^{di} - \mu \\ y_t^\pi - \mu \end{bmatrix}; \quad \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{impor} \\ \varepsilon_t^{pet} \\ \varepsilon_t^{rem} \\ \varepsilon_t^e \\ \varepsilon_t^{v-s} \\ \varepsilon_t^{cred} \\ \varepsilon_t^{di} \\ \varepsilon_t^\pi \end{bmatrix}$$

El cual cumple con las propiedades estadísticas requeridas para hacer inferencia: estabilidad, normalidad, ausencia de autocorrelación, y homocedasticidad de los errores.⁹

Con base en la estimación de este modelo de forma reducida, se recuperaron las innovaciones estructurales \mathbf{u}_t , haciendo uso de ε_t (el vector de residuos) y la diagonalización descrita en la sección 3.2. Para la diagonalización se utilizó el ordenamiento recursivo ilustrado en \mathbf{y}_t : y_t^{impor} , y_t^{pet} , y_t^{rem} , y_t^e , y_t^{v-s} , y_t^{cred} , y_t^{di} y y_t^π , en donde la variable más exógena es la primera de ellas, mientras la variable más endógena es la última, en este caso, la inflación.¹⁰ De esta forma se obtuvieron las series de choques estructurales no correlacionados, para cada una de las ocho series que conforman el VAR, representadas en la Figura 2.

Para hacer sentido de la información que conllevan estas innovaciones estructurales en la determinación de la series de inflación y de demanda interna, se calculó la contribución de los choques estructurales de cada una de las series observables que se incluyen dentro del modelo VAR, sobre la dinámica de precios y cantidades.¹¹ En la Figura 3 se muestra la integración de la serie de inflación

⁹Todas las pruebas estadísticas para este modelo se encuentran en el apéndice 1. Los coeficientes de la estimación se presentan en la Tabla 8 del apéndice 2.

¹⁰Las conclusiones son robustas a distintos ordenamientos; para permutaciones que siguen siendo coherentes; es decir, en ningún momento se consideró un orden que implicara, por ejemplo, que la inflación doméstica afecta contemporáneamente a los precios internacionales del petróleo.

¹¹El calculo de las contribuciones se lleva a cabo siguiendo el procedimiento descrito en la Sección 3.2.

Figura 2: Innovaciones estructurales de cada serie



y, en la Figura 4, la integración de la serie de demanda interna; en ambos casos, el panel superior muestra las series en niveles y en el panel inferior aparecen como desvíos de sus respectivas medias.

Reconstruir el dato de inflación (y el de demanda interna), de esta forma, permite darles interpretación a las innovaciones estructurales en términos de su influencia o contribución en la determinación de la dinámica de inflación; pero, más importante aún, tiene el potencial de identificar las fuentes de variación, en términos de otras variables observables. Esto es importante para la comunicación con las autoridades, puesto que la reconstrucción permite contrastar las fuentes de variación identificadas por el modelo, con aquellas que tienen en mente quienes conducen la política monetaria.

Por ejemplo, si se analiza la parte final de la serie de inflación de la muestra, la reconstrucción de las innovaciones estructurales sugiere que, desde inicios de 2014, la inflación estuvo influenciada por

choques negativos de variables externas (que redujeron su nivel); es decir, tanto choques negativos al precio de las importaciones, como choques negativos al precio del petróleo, condujeron a la inflación a su punto más bajo en la muestra (sin contar el nivel que se alcanzó durante la crisis financiera internacional). A partir de este punto, las presiones desinflacionarias del exterior comienzan a disiparse y el nivel de inflación comienza a aumentar, por varias razones: la reducción paulatina del efecto negativo que estaba teniendo el precio del petróleo y la contribución positiva sobre inflación que ejercen los choques al flujo de remesas familiares. A partir de 2016Q4, los choques al petróleo se habían revertido totalmente y comienzan a tener una contribución positiva sobre el nivel de inflación doméstica; sin embargo, la inflación se contiene principalmente por una contribución negativa del crédito al sector privado, que se observa desde el cuarto trimestre de 2016 hasta el final de la muestra.

La riqueza del análisis que se puede llevar a cabo con esta descomposición es amplia; sin embargo, la identificación de los choques depende siempre de la buena especificación del modelo y, por lo tanto, estos resultados deben tomarse con cautela y examinar su robustez ante diferentes especificaciones del modelo VAR. Aunque la descomposición por fuente de variación es parte de la agenda de investigación, esta tarea necesita una exploración aún más minuciosa, la cual escapa al alcance del presente documento. Sin embargo, la herramienta permite obtener conclusiones más robustas acerca del origen de las presiones inflacionarias, según si éstas son de oferta o de demanda, de forma agregada. Dicha agregación se explica en la siguiente sección, donde también se presentan los resultados agregados en las categorías de oferta y demanda.

5 Principales Resultados

Puede afirmarse que el modelo estimado en la sección anterior no tiene problemas serios de mala especificación, puesto que los errores pasan las pruebas estadísticas y en la Figura 9 se observa el buen ajuste del modelo a los datos; lo cual es también un buen indicio, ya que un modelo severamente mal especificado tendría problemas de ajuste. No obstante, todos los modelos omiten variables, y el modelo aquí estimado no es la excepción; hay fuentes de variación que el modelo ignora y, por lo tanto, debe atribuir sus efectos a las variables que sí están dentro del VAR o dejarlas como residuos. En este caso hay variables que explican a la inflación, que intencionalmente se dejaron fuera, algunas para tener un modelo parsimonioso y otras porque no permitan distinguir los desplazamientos de las curvas de demanda y de oferta. Un ejemplo muy claro son los costos laborales unitarios. Según la teoría económica, el costo laboral unitario es uno de los determinantes fundamentales de la inflación en el corto plazo; sin embargo, no se incluyó dentro del modelo por su asociación con los salarios, cuyas fluctuaciones afectan fuertemente a la oferta interna (al ser un costo importante en los procesos productivos), pero también afectan fuertemente a la demanda agregada a través de sus efectos sobre el ingreso disponible y el consumo, lo cual hace que discernir sus efectos netos sobre precios y cantidades sea muy difícil, y no sea posible clasificarlo como una variable que desplaza la oferta pero no la demanda o viceversa. Otro ejemplo importante es la tasa de interés líder de política monetaria, la cual afecta directamente a la demanda agregada, pero al ser utilizada como instrumento de política, su correlación con la inflación cambia e.g. la autoridad monetaria podría contraer la demanda agregada, subiendo la tasa de interés de política, en un

momento en que la inflación muestra una tendencia al alza; esta decisión de política distorsiona el patrón que en este ejercicio se utiliza para clasificar las variables como desplazadoras de la demanda u oferta. No obstante, se considera que los efectos de la tasa de interés de política pueden captarse indirectamente a través de las variaciones en el crédito al sector privado, en la medida en que opere el canal de transmisión de la tasa de interés.

A pesar de estos posibles problemas en la especificación del modelo, se considera que de forma agregada, el análisis arroja información valiosa sobre el origen de las presiones inflacionarias, según si éstas son de demanda u oferta. Esto es así debido a que el modelo incluye rezagos de las variables (endógenas) que ayudan a mitigar el problema de omisión de variables. También incluye una variable de control, el tipo de cambio nominal, que tiene el potencial de fungir como una variable de ajuste. Los choques a dicha variable de ajuste y los choques propios de la serie de inflación y de demanda interna pueden capturar dinámicas que no se ajusten a la historia y, de esta forma, permiten al modelo capturar correctamente las presiones de demanda u oferta identificadas en los choques de las demás variables observables. La suma de los choques a la variable de ajuste y de los choques propios de la inflación y demanda interna constituye una variación no explicada por las fuerzas (variables) de oferta y demanda incluidas en el modelo, una suerte de ruido o efecto residual.

Por lo tanto, se propone agregar este residuo en una sola variable (denominada 'Otros'), al igual que los efectos de las variables de oferta por un lado, y de las variables de demanda por el otro, y así contabilizar: i) qué proporción del dato de inflación se explica por presiones de demanda; ii) qué proporción se explica por presiones de oferta; y con el residuo, capturar iii) qué proporción del dato de inflación, el modelo no está siendo capaz de clasificar como presión de oferta o presión de demanda. Un elemento adicional para contabilizar es la media de la inflación, que es el valor al cual la inflación converge en el largo plazo. En la Figura 5 se integra la serie de inflación (de nuevo, el nivel en el panel superior y desvíos de la media en el panel inferior), pero esta vez utilizando la agregación recién descrita. Lo mismo se presenta para la serie de demanda interna en la Figura 6.

En la Figura 5 se observa cómo las presiones de demanda y de oferta han condicionado la evolución de la tasa de inflación. Durante 2008, antes de que los efectos negativos de la crisis financiera internacional se percibieran en las variables macroeconómica domésticas, se observa que choques, tanto de oferta (principalmente) como de demanda, llevaron la inflación a su punto más alto en la muestra (13.56%).

Cuando los efectos negativos de la crisis internacional se hicieron palpables en 2009, las dos fuerzas (oferta y demanda) empujaron la inflación a su nivel más bajo. Sin embargo, los choques de oferta menguaron relativamente rápido; para 2010Q3 ya estaban contribuyendo al alza de la inflación, mientras que los choques de demanda seguían conteniendo el alza de precios. Hacia el final de la muestra se observa que los choques de oferta contribuyeron desde mediados de 2014 hasta mediados de 2016 a contener las presiones inflacionarias; sin embargo lo hicieron cada vez en menor cuantía, por el aumento subsiguiente en los precios del petróleo, lo cual permitió que los choques de demanda dominaran, elevando el nivel de inflación. De 2016Q1 a 2017Q3 la inflación permaneció relativamente estable; debido a que las crecientes presiones de oferta hacia el alza fueron compensadas casi en su totalidad por presiones de demanda hacia la baja (que se dieron principalmente por choques negativos del crédito al sector privado).

Respecto de la demanda interna, lo primero que salta a la vista es que las contribuciones de los choques estructurales a la demanda interna son más persistentes que los identificados para la inflación (ver Figura 6). Este hecho también hace que la interpretación sea un poco más complicada en este caso, puesto que el efecto sobre cantidades de algunos de los choques (de oferta y/o demanda) que recibe la economía podrían diferir sus efectos por más tiempo, especialmente si requieren el ajuste de la estructura o de los procesos productivos. No obstante, hay episodios donde la descomposición luce bastante intuitiva. Por ejemplo, en el período de 2014 hasta finales de 2016, cuando los precios, tanto de las importaciones en general como del petróleo en particular, estaban deprimidos en los mercados internacionales. Este hecho representó presiones a la baja de la inflación, cuyo origen era de oferta, y al mismo tiempo, el evento genera presiones al alza de la demanda interna puesto que los insumos importados se habían hecho más baratos, dinamizando parcialmente los mercados internos. Es por ello que se observan bastones color naranja (de oferta) empujando la inflación hacia abajo y a la demanda interna hacia arriba en ese lapso.

Algo que resulta evidente de la descomposición de choques estructurales es que la participación de los choques de demanda y de los choques de oferta parece estar muy equilibrada; es decir, ni unos ni otros parecen ser los choques dominantes en la determinación de la inflación, sino ambos contribuyen en proporciones similares. Este mismo resultado se observa en la descomposición de varianza, en donde la variabilidad de la inflación está explicada en 39.04% por factores de oferta y 26.39% por factores de demanda, en un horizonte de 20 períodos y utilizando el mismo criterio de agregación que en la descomposición de choques estructurales (ver Figura 7 y tablas 6 y 7).

En cuanto a las variables desagregadas, el deflactor implícito de las importaciones explica en promedio el 24.39% de la variabilidad de la inflación, mientras que el crédito total explica el 19.68%, seguido del petróleo, el cual explica el 9.36%. Finalmente, las remesas explican el 6.72% y el precio de la electricidad explica el 5.29%.

6 Consideraciones finales

Conocer el origen de las presiones inflacionarias, según si son de oferta o de demanda, es información clave para una exitosa implementación de la política monetaria. Sin embargo, determinar el origen de dichas presiones no es una tarea trivial en la práctica, puesto que los datos de inflación y de producto disponibles son observaciones de equilibrio, que se han determinado simultáneamente en una interacción entre oferta y demanda, de las cuales se ignora su forma funcional y no son directamente observables.

En un intento por expresar la serie de inflación en términos de las fuerzas que definen su dinámica, el presente documento propone una metodología muy pragmática, basada en un modelo SVAR y su representación de promedios móviles, que busca que la identificación del origen de las fuerzas de variación del proceso inflacionario tengan una interpretación directa en términos de variables observables. La agregación propuesta deja registro, en la categoría 'Otros', de la fracción del dato de inflación que el modelo no es capaz de identificar. Esto permite tener una idea acerca de la

medida en la cual el modelo identifica las principales fuentes de variación.

En su estado de desarrollo actual, la metodología es prometedora y entrega resultados coherentes para la historia reciente del proceso inflacionario en Guatemala. Las estimaciones realizadas sugieren que ambos tipos de choques (de oferta y demanda) han sido importantes en la determinación de la inflación durante el período analizado (2005Q1 - 2017Q4) y permite conocer cuándo son presiones de demanda y cuándo son las de oferta las que más inciden en la evolución de la tasa de inflación.

La metodología tiene el potencial de llegar a ser una herramienta cuantitativa que ayude a la política monetaria en el proceso de toma de decisiones. Sin embargo analizar la robustez de los resultados, ante diferentes especificaciones del correspondiente modelo VAR, debería formar parte de los pasos inmediatos a seguir, dentro de la agenda de investigación sugerida por los resultados presentados en este trabajo. Así como la estimación de los choques de oferta y demanda por medio de metodologías prominentes dentro de la literatura, para que sirvan de punto de referencia y comparación a los resultados aquí presentados.

Referencias

- Bashar, Omar HMN (2011). "On the permanent effect of an aggregate demand shock: Evidence from the G-7 countries". En: *Economic modelling* 28.3, págs. 1374-1382.
- (2012). "The dynamics of aggregate demand and supply shocks in ASEAN countries". En: *Journal of Asian economics* 23.5, págs. 507-518.
- Blanchard, Oliver Jean y Danny Quah (1989b). "The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances". En: *The American Economic Review* 79.4, págs. 655-673.
- Canova, Fabio y Gianni De Nicrolo (2002). "Monetary disturbances matter for business fluctuations in the G-7". En: *Journal of Monetary Economics* 49.6, págs. 1131-1159.
- Cover, James Peery, Walter Enders y C James Hueng (2006). "Using the aggregate demand-aggregate supply model to identify structural demand-side and supply-side shocks: Results using a bivariate VAR". En: *Journal of Money, Credit, and Banking* 38.3, págs. 777-790.
- Enders, Walter y Stan Hurn (2007). "Identifying aggregate demand and supply shocks in a small open economy". En: *Oxford Economic Papers* 59.3, págs. 411-429.
- Fry, Renee y Adrian Pagan (2011a). "Sign restrictions in structural vector autoregressions: A critical review". En: *Journal of Economic Literature* 49.4, págs. 938-60.
- Gali, Jordi (1999). "Technology, employment, and the business cycle: do technology shocks explain aggregate fluctuations?" En: *American economic review* 89.1, págs. 249-271.
- Hamilton, James Douglas (1994). *Time series analysis*. Vol. 2. Princeton university press Princeton, NJ.
- Lucas Jr, Robert E (1972). "Expectations and the Neutrality of Money". En: *Journal of economic theory* 4.2, págs. 103-124.
- Mendieta-Muñoz, Ivan y col. (2018). "The dynamic effects of aggregate supply and demand shocks in the Mexican economy". En: *Economics Bulletin* 38.1, págs. 41-51.

- Mio, Hitoshi y col. (2002). "Identifying aggregate demand and aggregate supply components of inflation rate: a structural vector autoregression analysis for Japan". En: *Monetary and Economic Studies* 20.1, págs. 33-56.
- Mountford, Andrew (2005). "Leaning into the wind: a structural VAR investigation of UK monetary policy". En: *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 67.5, págs. 597-621.
- Ouliaris, S, AR Pagan y J Restrepo (2015). *A new method for working with sign restrictions in SVARs*. Inf. téc. National Centre for Econometric Research.
- Pagliacci, Carolina (2016). "Are we ignoring supply shocks? A proposal for monitoring cyclical fluctuations". En: *Empirical Economics*, págs. 1-23.
- Scholl, Almuth y Harald Uhlig (2008). "New evidence on the puzzles: Results from agnostic identification on monetary policy and exchange rates". En: *Journal of International Economics* 76.1, págs. 1-13.
- Wold, Herman OA (1951). "Dynamic Systems of the Recursive Type: Economic and Statistical Aspects". En: *Sankhy: The Indian Journal of Statistics*, págs. 205-216.

1 Pruebas estadísticas de los errores

En este anexo se incluyen las pruebas estadísticas de los errores para el modelo VAR estimado en la sección 4. El modelo VAR es estable, todos sus valores característicos se encuentran dentro del círculo unitario, como se puede apreciar en la Figura 8.

Los errores tanto de cada una de las variables que componen al VAR, como también del modelo en general, están normalmente distribuidos, como se aprecia en la tabla siguiente: Los errores del

Cuadro 2: Normalidad

Prueba de Jarque-Bera

Componente	Jarque-Bera	P - Valor
1	0.1065	0.9481
2	0.6366	0.7274
3	2.1006	0.3498
4	3.2200	0.1999
5	0.1673	0.9197
6	0.2968	0.8621
7	2.5503	0.2794
8	0.5886	0.7451
Modelo	9.6668	0.8834

modelo no presentan rastros de autocorrelación. Finalmente, los errores del modelo son homosce-

Cuadro 3: Autocorrelación

Prueba LM para Autocorrelación de los errores

Rezagos	LM- Estadístico	P - Valor
1	80.3743	0.0812
2	50.2068	0.8961

dásticos, como se observa en la siguiente tabla:

Cuadro 4: Heterocedasticidad

Prueba de White

Chi_cuadrado	P - Valor
1159.95	0.43

Por lo tanto, el modelo VAR, está bien especificado, y puede ser utilizado para realizar tanto la descomposición de la varianza, como el análisis de choques estructurales.

2 Figuras y tablas adicionales

Cuadro 5: Variables que desplazan las curvas de oferta y demanda

Variables de demanda	
–	Variación interanual de suma móvil de 12 meses de remesas en dólares
–	Variación interanual de suma móvil de 12 meses de remesas en quetzales
–	Variación interanual de la media móvil de cuatro trimestres del crédito al sector privado
–	Variación interanual de las líneas de crédito del exterior
–	Variación interanual de la formación bruta de capital
Variables de oferta	
–	Variación interanual del deflactor implícito de las importaciones
–	Variación interanual del índice de precios de las importaciones de Estados Unidos
–	Variación interanual del índice de precios de las exportaciones de Estados Unidos
–	Variación interanual del índice de precios ponderado de exportaciones e importaciones de EEUU
–	Variación interanual de los precios del petróleo
–	Variación interanual de los precios del diesel
–	Variación interanual de los precios del gas propano
–	Variación interanual del índice de electricidad
–	Variación de la gasolina regular
–	Variación de la gasolina superior

Cuadro 6: Descomposición de varianza de la inflación

Trimestre	S.E.	y^{impor}	y^{pet}	y^{rem}	y^c	y^{v-s}	y^{cred}	y^{di}	y^π	Demanda	Oferta	Otros
1	1.26	18.10	16.84	13.10	1.88	1.97	7.98	10.44	29.68	21.09	36.83	42.09
4	2.70	39.80	14.48	4.20	2.43	1.34	9.65	8.09	20.01	13.85	56.71	29.44
8	3.51	26.06	8.82	6.14	6.20	4.96	20.95	10.97	15.89	27.09	41.09	31.83
12	4.00	21.56	6.84	7.25	5.80	10.27	23.65	10.35	14.29	30.90	34.20	34.90
16	4.40	17.99	5.81	7.07	6.77	12.81	25.03	11.16	13.35	32.11	30.57	37.33
20	4.70	15.83	5.24	7.04	7.19	13.84	26.27	11.74	12.85	33.31	28.26	38.43
Promedio		24.39	9.36	6.72	5.29	7.70	19.68	10.33	16.54	26.39	39.04	34.57

Cuadro 7: Descomposición de varianza de la demanda interna

Trimestre	S.E.	y^{import}	y^{pet}	y^{rem}	y^e	y^{v-s}	y^{cred}	y^{di}	y^π	Demanda	Oferta	Otros
1	0.82	0.64	5.87	1.77	16.27	3.65	12.67	59.13	0.00	14.44	22.78	62.78
4	2.41	0.39	3.90	2.08	24.80	13.27	23.85	30.19	1.52	25.93	29.10	44.97
8	3.35	6.60	2.15	2.07	20.50	18.97	24.96	22.79	1.96	27.03	29.25	43.72
12	3.56	7.36	2.25	2.22	18.47	20.81	24.29	21.65	2.94	26.52	28.08	45.41
16	3.73	6.86	2.28	2.12	17.98	21.42	24.00	21.67	3.66	26.12	27.12	46.76
20	3.88	6.36	2.35	2.31	17.41	21.18	24.68	21.53	4.17	26.99	26.12	46.89
Promedio		5.09	2.89	2.07	19.71	18.14	23.33	26.24	2.51	25.40	27.70	46.90

Figura 3: Contribución de las innovaciones estructurales a inflación

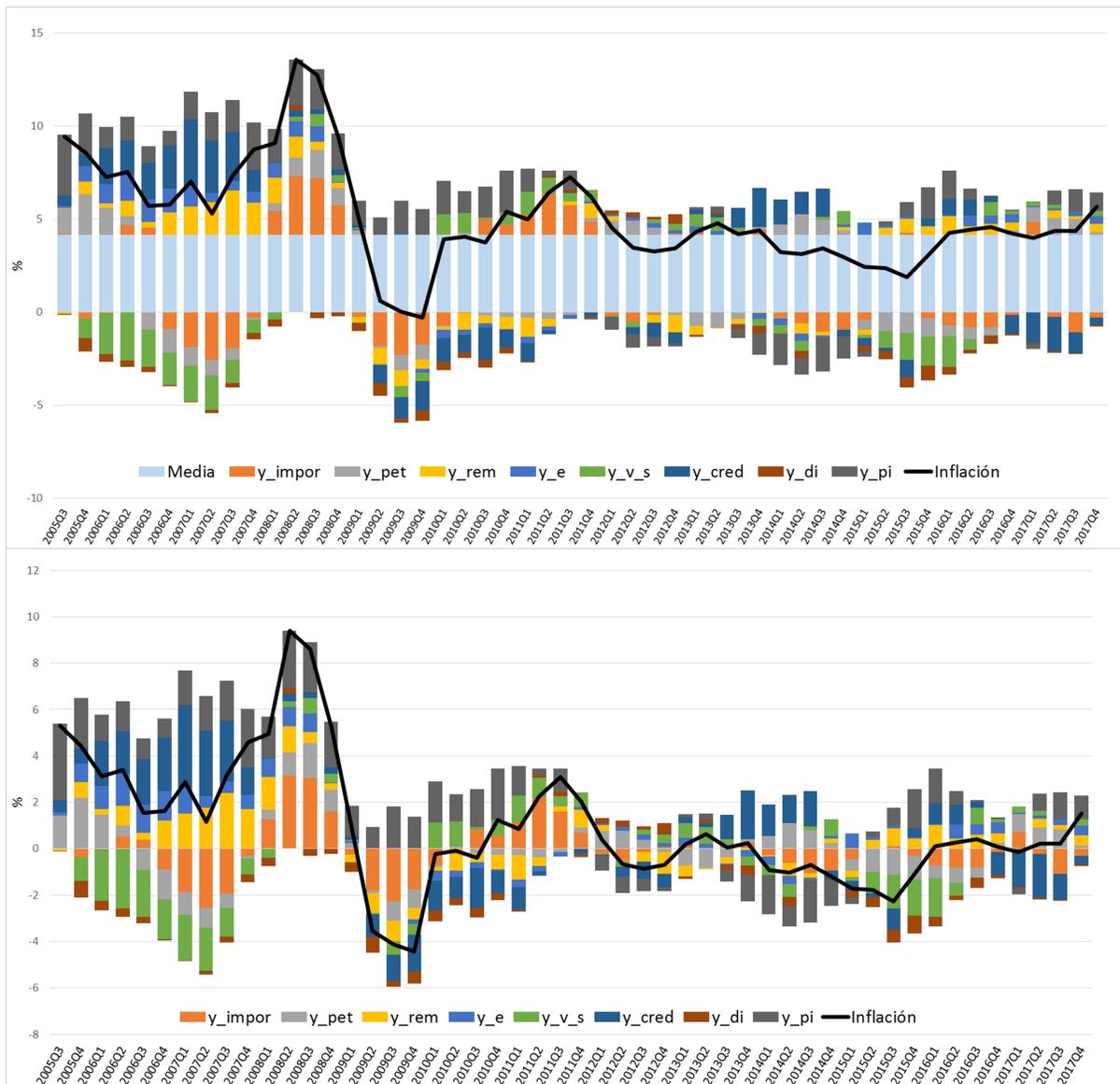


Figura 4: Contribución de las innovaciones estructurales a demanda interna

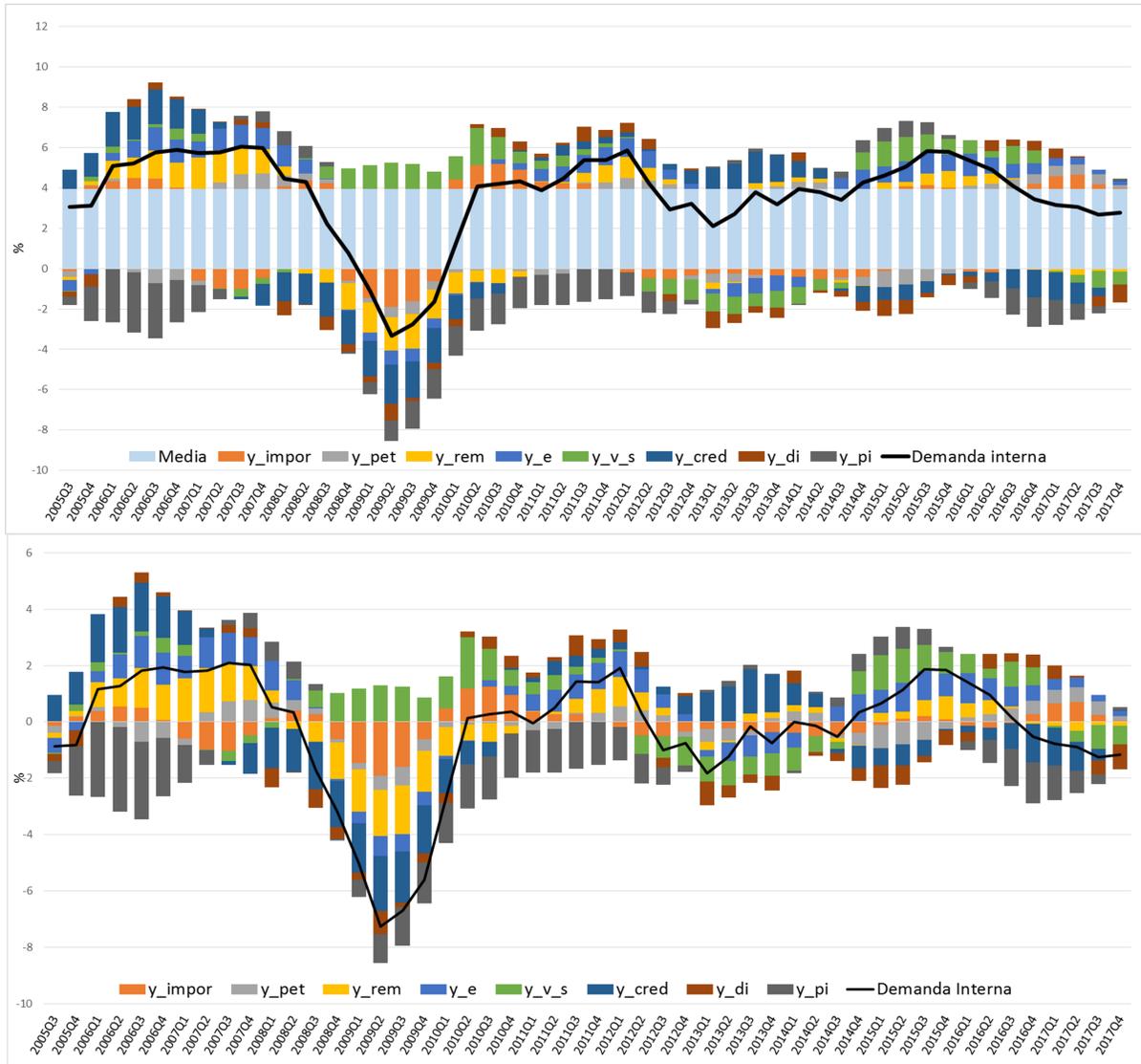


Figura 5: Presiones de demanda y oferta sobre la inflación

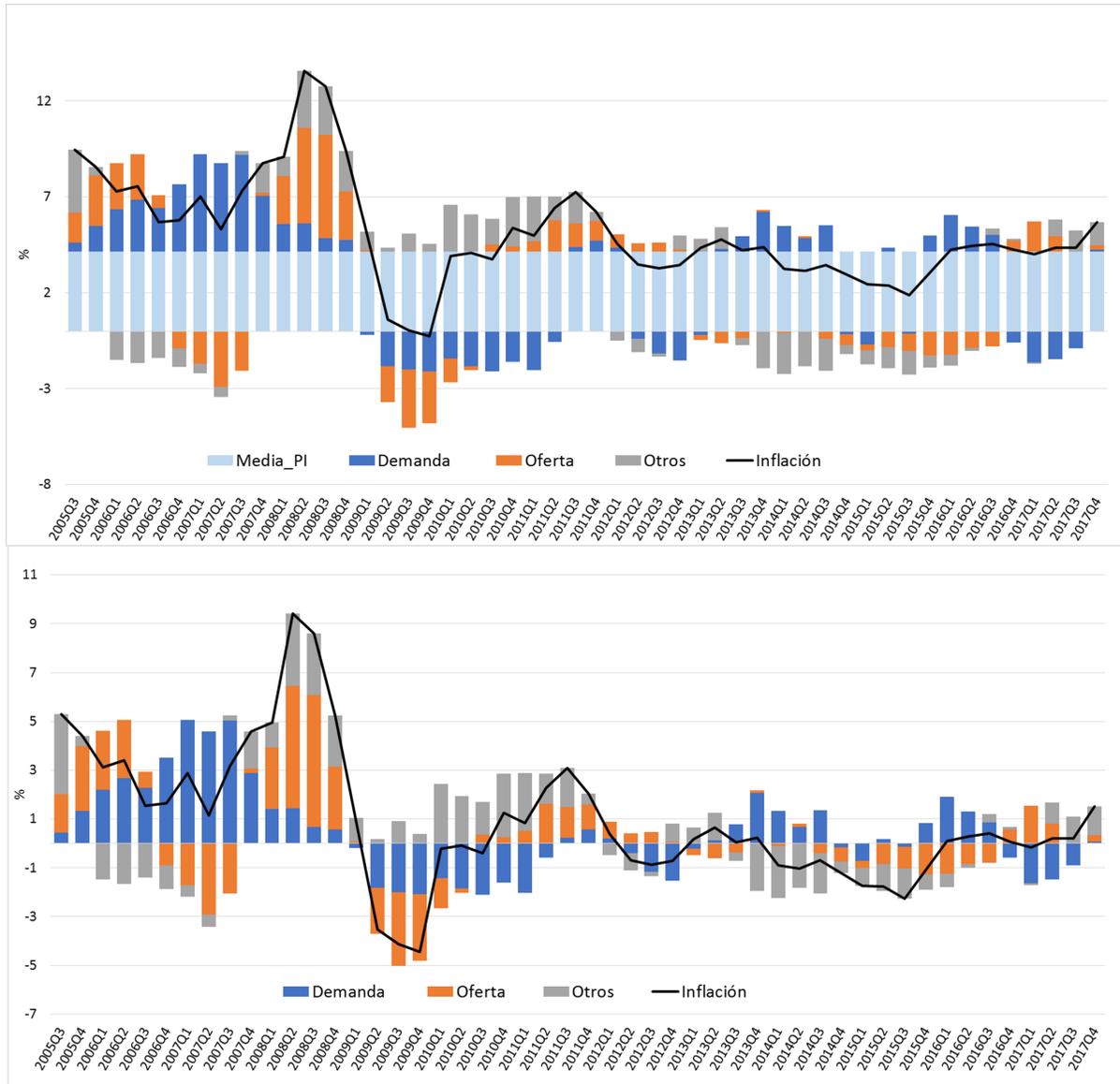


Figura 6: Presiones de demanda y oferta sobre la demanda interna

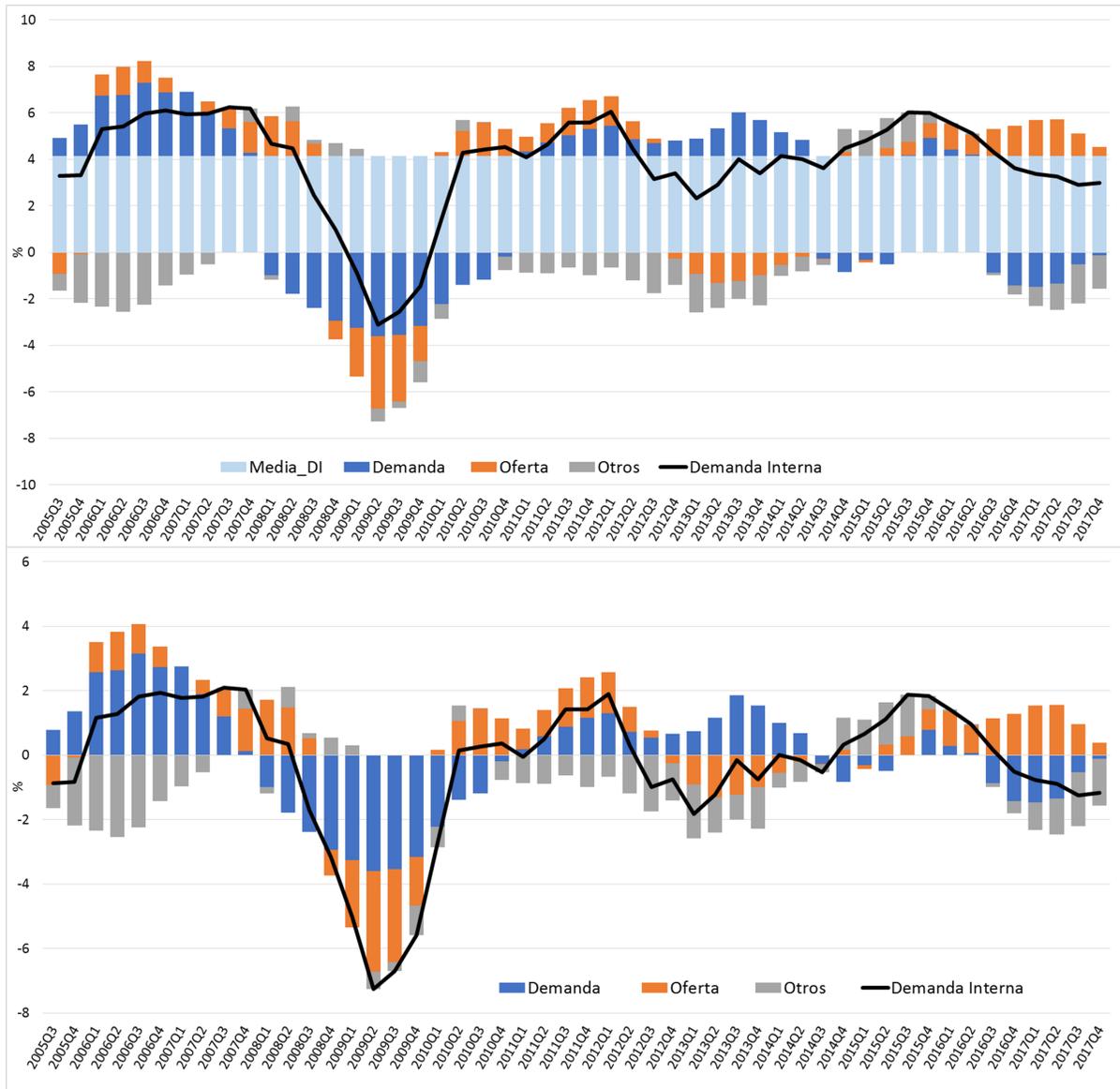
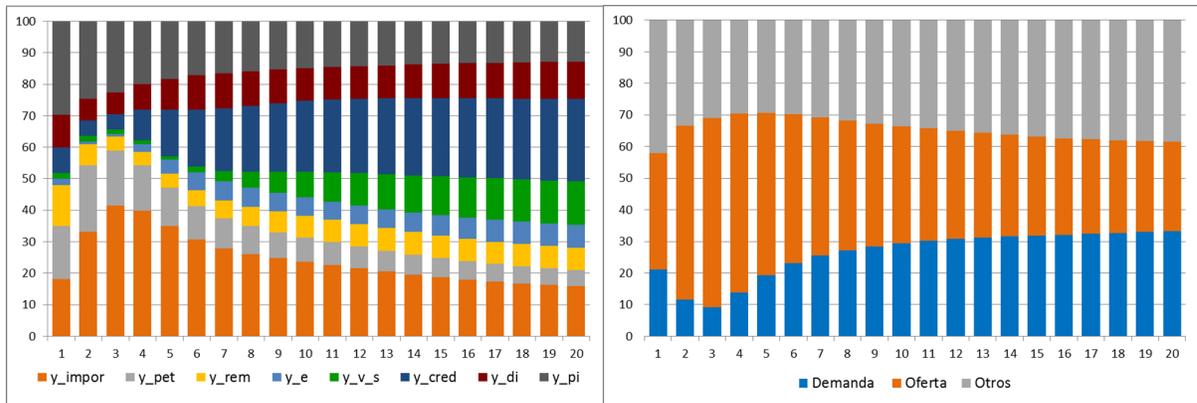


Figura 7: Descomposición de varianza

Inflación:



Demanda interna:

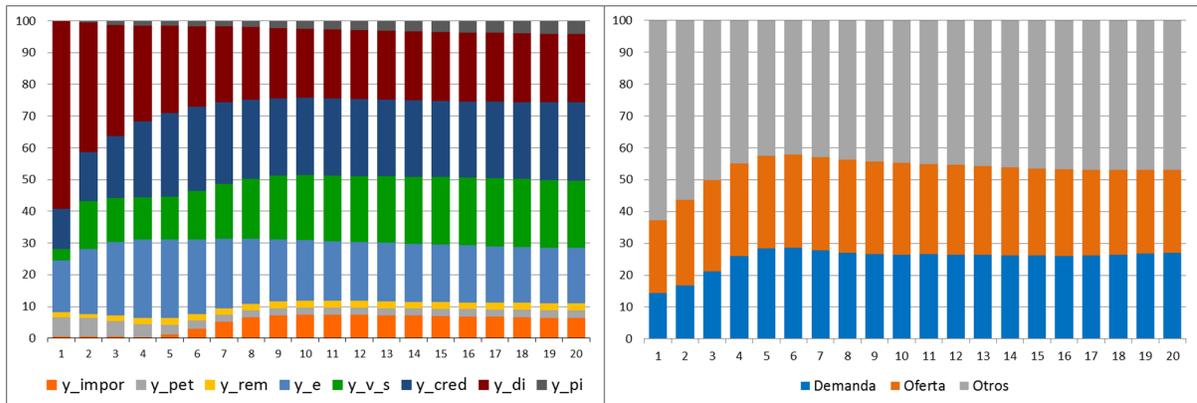
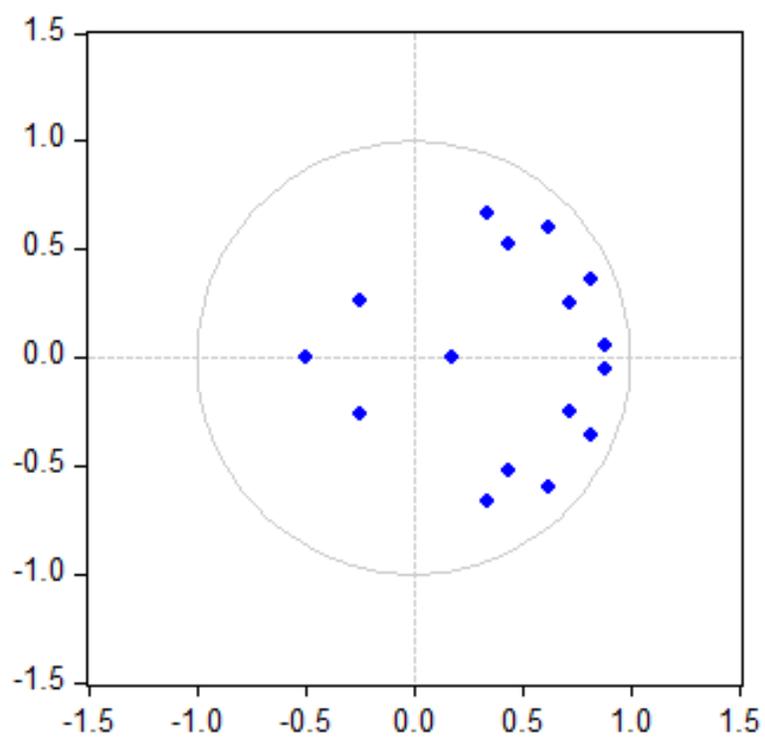


Figura 8: Valores característicos del VAR



Cuadro 8: Estimación VAR multivariado

	y_t^{impor}	y_t^{pet}	y_t^{rem}	y_t^e	y_t^{v-s}	y_t^{cred}	y_t^{di}	y_t^π
y_{t-1}^{impor}	1.259371 -0.20382	7.209343 -2.82189	0.207142 -0.23735	-0.196552 -0.29835	-0.260693 -0.18677	0.223125 -0.3014	0.336415 -0.09626	0.282086 -0.17994
y_{t-2}^{impor}	-0.480373 -0.18867	-6.583617 -2.61218	-0.528123 -0.21971	0.179624 -0.27618	0.186124 -0.17289	-0.033158 -0.279	-0.235215 -0.08911	-0.198633 -0.16657
y_{t-1}^{pet}	0.020072 -0.01512	0.923057 -0.20934	-0.037599 -0.01761	0.065442 -0.02213	-0.034986 -0.01386	-0.044287 -0.02236	-0.011146 -0.00714	0.024332 -0.01335
y_{t-2}^{pet}	0.046167 -0.0167	-0.104832 -0.23125	0.052885 -0.01945	0.025556 -0.02445	0.002315 -0.01531	0.003716 -0.0247	0.003419 -0.00789	-0.003943 -0.01475
y_{t-1}^{rem}	-0.053223 -0.15002	-3.679755 -2.07703	0.733361 -0.1747	0.357602 -0.2196	-0.039106 -0.13747	-0.128288 -0.22185	-0.09059 -0.07085	0.073663 -0.13244
y_{t-2}^{rem}	0.11703 -0.14573	5.181486 -2.01762	-0.11963 -0.1697	-0.235118 -0.21331	-0.159666 -0.13354	0.140779 -0.2155	0.108788 -0.06882	0.022064 -0.12865
y_{t-1}^e	-0.110209 -0.08196	-0.691132 -1.1347	-0.164683 -0.09544	0.995133 -0.11997	-0.031131 -0.0751	-0.034798 -0.1212	-0.032552 -0.03871	-0.056048 -0.07235
y_{t-2}^e	0.080955 -0.08111	-0.281963 -1.12296	0.025174 -0.09445	-0.438752 -0.11873	0.048622 -0.07432	-0.030447 -0.11994	-0.069609 -0.03831	-0.002291 -0.07161
y_{t-1}^{v-s}	0.595511 -0.20368	9.337313 -2.81995	-0.22479 -0.23719	0.573181 -0.29814	0.259549 -0.18664	-0.672998 -0.3012	-0.272826 -0.09619	0.018908 -0.17982
y_{t-2}^{v-s}	-0.039971 -0.22403	-3.897015 -3.10163	0.395441 -0.26088	0.553827 -0.32792	0.265294 -0.20528	0.405051 -0.33128	0.063348 -0.1058	-0.020402 -0.19778
y_{t-1}^{cred}	0.152337 -0.15868	4.901504 -2.19686	0.770861 -0.18478	0.010588 -0.23226	-0.021517 -0.1454	1.302377 -0.23464	0.083051 -0.07494	0.042274 -0.14008
y_{t-2}^{cred}	-0.182296 -0.14647	-4.811748 -2.02781	-0.495326 -0.17056	-0.14299 -0.21439	0.12754 -0.13421	-0.378276 -0.21659	0.023888 -0.06917	0.005513 -0.1293
y_{t-1}^{di}	0.195702 -0.32206	-4.144737 -4.45894	-0.639626 -0.37505	-0.353873 -0.47143	-0.148388 -0.29512	0.308259 -0.47626	0.760274 -0.1521	-0.289188 -0.28433
y_{t-2}^{di}	0.056608 -0.31479	1.829217 -4.35826	0.579048 -0.36658	0.933908 -0.46078	0.124488 -0.28845	-0.506746 -0.4655	-0.381953 -0.14867	0.186987 -0.27791
y_{t-1}^π	0.612344 -0.29231	3.169349 -4.04705	0.512656 -0.3404	0.559429 -0.42788	0.038551 -0.26786	-0.211777 -0.43226	-0.153617 -0.13805	0.658043 -0.25806
y_{t-2}^π	-0.735291 -0.22874	-6.630811 -3.16684	-0.341749 -0.26637	-0.387903 -0.33482	0.494203 -0.2096	0.301498 -0.33825	-0.117525 -0.10803	-0.152483 -0.20194
C	-0.02583 -1.30949	27.34028 -18.1298	-0.453442 -1.52492	-1.266497 -1.91679	-2.812665 -1.19994	0.682811 -1.93644	2.874554 -0.61844	2.107035 -1.15606
R-cuadrado	0.969375	0.781105	0.943638	0.953821	0.893854	0.931258	0.93525	0.869424
R-cuadrado Ajustado	0.955376	0.681038	0.917872	0.932711	0.845329	0.899833	0.90565	0.809733
Número de Obs.	52	52	52	52	52	52	52	52

Figura 9: Inflación: Observada y ajustada por el modelo

