

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ECONOMÍA

“ANÁLISIS DE LOS CHOQUES DEL PRECIO INTERNACIONAL DE
PETRÓLEO: CAUSAS E IMPLICACIONES SOBRE LA INFLACIÓN GENERAL
EN GUATEMALA”

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

POLO FIGUEROA GONZÁLEZ

PREVIO A OBTENER EL TÍTULO DE
ECONOMISTA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, mayo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANO | Lic. Luis Antonio Suárez Roldán |
| SECRETARIO | Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales |
| VOCAL I | Doctor. Byron Giovanni Mejía Victorio |
| VOCAL II | MSC. Haydee Grajeda Medrano |
| VOCAL III | Vacante |
| VOCAL IV | P.A.E. Olga Daniela Letona Escobar |
| VOCAL V | P.C. Henry Omar López Ramírez |

PROFESIONALES QUE REALIZARON LOS EXAMENES
DE ÁREAS PRÁCTICAS BÁSICAS

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Área Matemática-Estadística | Lic. Héctor Salvador Rossi Cruz |
| Área Economía Aplicada | Lic. Wagner Ricardo Meneses Paz |
| Área Teoría Económica | Lic. Edson Roger Ortíz Cardona |

JURADO QUE PRÁCTICO EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS

| | |
|------------|--------------------------------------|
| Presidente | Dra. Gloria Elizabeth Alvarez García |
| Secretario | Lic. Miguel Estuardo Jolón Pérez |
| Examinador | Lic. Werner Santos Salguero García |

Guatemala, 17 de marzo de 2023

Licenciado
Luis Antonio Suárez Roldán
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
Ciudad Universitaria, zona 12

Respetable Decano:

Tengo el agrado de informarle que, de acuerdo con el Dictamen de la Escuela de Economía PAND. 07-2021 con fecha del uno de septiembre del dos mil veintiuno, fui designado para asesorar al estudiante Polo Figueroa González carnet 200913118, en la elaboración del trabajo de tesis denominado "ANÁLISIS DE LOS CHOQUES DEL PRECIO INTERNACIONAL DE PETRÓLEO: CAUSAS E IMPLICACIONES SOBRE LA INFLACIÓN GENERAL EN GUATEMALA".

Al respecto, me permito informarle que el trabajo del estudiante Polo Figueroa González, ha sido elaborado con el rigor académico esperado y cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Económicas, razón por la cual me permito recomendarlo para su defensa en el Examen Privado de Tesis, previo a conferírsele el título de economista.

Sin otro particular,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Werner Anandy González Torres
Economista
Colegiado No. 18,224



**FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS**

Edificio "S-8"
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

J.D-TG. No. 429-2023
Guatemala, 27 de junio 2023

Estudiante
POLO FIGUEROA GONZÁLEZ
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estudiante:

Para su conocimiento y efectos le transcribo el Punto Quinto, inciso 5.1, subinciso 5.1.1 del Acta 11-2023, de la sesión celebrada por Junta Directiva el 08 de junio 2023, que en su parte conducente dice:

QUINTO: "ASUNTOS ESTUDIANTILES"

5.1 Graduaciones

5.1.1 Elaboración y Examen de Tesis

Se tienen a la vista las providencias de las Escuelas de Economía, Administración de Empresas y Estudios de Postgrado; en las que se informa que los estudiantes que se indican a continuación, aprobaron el Examen de Tesis, por lo que se trasladan las Actas del Jurado Examinador y los expedientes académicos.

Junta Directiva acuerda: 1º. Aprobar las Actas de los Jurados Examinadores de Tesis. 2º. Autorizar la impresión de tesis y la graduación a los siguientes estudiantes:

ESCUELA DE ECONOMÍA

...

| NOMBRES Y APELLIDOS | REGISTRO ACADÉMICO | TEMA DE TESIS: |
|------------------------|--------------------|--|
| POLO FIGUEROA GONZÁLEZ | 200913118-2 | "ANÁLISIS DE LOS CHOQUES DEL PRECIO INTERNACIONAL DE PETRÓLEO: CAUSAS E IMPLICACIONES SOBRE LA INFLACIÓN GENERAL EN GUATEMALA" |

...

3º. Manifiestar a los estudiantes que se les fija un plazo de seis meses para su graduación".

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO



DEDICADO A:

A mis padres, Juan Leopoldo Figueroa y Laura Guisela González Arias por su apoyo incondicional; y a mi hermano Diego Miguel Figueroa González por su amistad sincera.

ÍNDICE GENERAL

| CONTENIDO | NÚMERO DE PÁGINA |
|---|-------------------------|
| INTRODUCCIÓN | i |
| CAPÍTULO I: REFLEXIONES GENERALES DEL PETRÓLEO | 1 |
| 1.1. Descripción general del mercado de petróleo | 1 |
| 1.2. Concepto y definición del petróleo | 1 |
| 1.3. Historia del petróleo como recurso económico | 2 |
| 1.3.1. El inicio de la industria del petróleo (1859 – 1869) | 3 |
| 1.3.2. Modernización de la industria petrolera (1870-1913) | 4 |
| 1.3.3. Guerras, descubrimientos y crisis petroleras (1914-1949) | 5 |
| 1.3.4. Control sobre la producción del petróleo (1950-2010)..... | 6 |
| 1.3.5. El petróleo en el siglo XXI | 8 |
| 1.3.6. Situación actual del mercado del petróleo..... | 12 |
| 1.3.7. Producción de petróleo en Guatemala. | 15 |
| 1.4. Precio del petróleo y su relación con la actividad económica | 15 |
| 1.4.1. Transmisión de los choques de petróleo | 16 |
| 1.4.2. Transmisión de los choques de petróleo hacia los precios locales en Guatemala | 17 |
| CAPÍTULO II: REFLEXIONES ESENCIALES DE LA INFLACIÓN | 19 |
| 2. Descripción de la inflación | 19 |
| 2.1. Concepto y definición de inflación..... | 19 |
| 2.2. Causas de la inflación..... | 21 |
| 2.2.1. La explicación de la teoría Clásica | 21 |
| 2.2.2. La explicación Keynesiana de la inflación | 22 |
| 2.2.3. La explicación de la Nueva Macroeconomía Clásica (NMC) de la inflación | 22 |
| 2.2.4. La explicación de la Escuela Austríaca de economía de la inflación.. | 23 |
| 2.3. Inflación importada..... | 24 |
| 2.4. Inflación en Guatemala | 26 |

| | |
|---|----|
| 2.4.1. Importancia de la medición del IPC..... | 26 |
| 2.4.2. Metodología de la medición del IPC en Guatemala..... | 27 |
| CAPÍTULO III: MODELOS PARA EVALUAR EL EFECTO DE LOS CHOQUES DE PETRÓLEO EN LA INFLACIÓN | 30 |
| 3. Estudios relevantes para la comprensión de los choques del precio internacional del petróleo y la inflación | 30 |
| 3.1. Evaluaciones realizadas para el caso de Guatemala..... | 35 |
| CAPITULO IV. MODELO ECONÓMICO PARA DETERMINAR UN VAR ESTRUCTURAL. | 36 |
| 4.Especificación del modelo VAR | 36 |
| 4.1. Selección de variables endógenas..... | 37 |
| 4.1.1. Determinación del orden de rezago..... | 37 |
| 4.1.2. Evaluación de la estabilidad de las series | 38 |
| 4.2. Estimación del modelo VAR y análisis de causalidad..... | 39 |
| 4.3. Identificación de las relaciones estructurales..... | 40 |
| 4.4. Estimación del modelo VAR Estructural..... | 41 |
| 4.5. Análisis del modelo estimado..... | 41 |
| 4.6. Funciones Impulso - Respuesta..... | 43 |
| CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LOS CHOQUES DEL PRECIO INTERNACIONAL DEL PETRÓLEO PARA GUATEMALA..... | 44 |
| 5. Análisis econométrico | 44 |
| 5.1. Hipótesis y objetivos | 44 |
| 5.2. Selección de energéticos como variables independientes..... | 45 |
| 5.3. Selección, descripción y depuración de Variables | 46 |
| 5.4. Calibración del modelo..... | 56 |
| 5.5. Descripción e identificación del modelo | 58 |
| 5.6. Discusión de resultados | 63 |
| 5.6.1. Análisis estático..... | 63 |
| 5.6.2. Análisis dinámico..... | 67 |
| 5.7. Evaluación de hipótesis: Demostración por contradicción | 73 |

| | |
|-----------------------|----|
| CONCLUSIONES | 74 |
| RECOMENDACIONES | 75 |
| BIBLIOGRAFÍA | 76 |
| ANEXOS | 81 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS

| CONTENIDO | NÚMERO DE PÁGINA |
|--|------------------|
| Gráfica 1 Evolución de los determinantes del precio del petróleo (variación acumulada desde enero de 2010) | 10 |
| Gráfica 2 Evolución del precio internacional del petróleo, cifras en dólares. (1982-2022)..... | 11 |
| Gráfica 3 Participación de la OPEC en las reservas mundiales de crudo, 2022. | 13 |
| Gráfica 4 Mínimos cuadrados ordinarios, relación positiva de las variables sobre la inflación..... | 46 |
| Gráfica 5 Variables seleccionadas (variación interanual)..... | 48 |
| Gráfica 6 Índice de precios al consumidor de Guatemala (variación interanual) | 49 |
| Gráfica 7 Índice de precio de los combustibles en el mercado guatemalteco (variación interanual)..... | 51 |
| Gráfica 8 Precio internacional del petróleo WTI (variación interanual) | 53 |
| Gráfica 9 Precio internacional de la gasolina RBOB (variación interanual)..... | 54 |
| Gráfica 10 Prueba de quiebres estructurales de Chow. 2011M08..... | 63 |
| Gráfica 11 Prueba de quiebres estructurales de Chow. 2021M01 | 64 |
| Gráfica 12 Funciones Impulso Respuesta del modelo VAR: Respuesta de una variación estándar en el precio internacional del petróleo internacional sobre la inflación de Guatemala | 68 |
| Gráfica 13 Comparativa del monto total de las importaciones vs importaciones de combustible en Guatemala | 69 |
| Gráfica 14 Funciones Impulso Respuesta del modelo VAR: Respuesta de una variación estándar en el precio internacional de la gasolina sobre la inflación de Guatemala | 70 |
| Gráfica 15 Funciones Impulso Respuesta del modelo VAR: Respuesta de una variación estándar en el precio internacional del petróleo sobre el precio de los combustibles en Guatemala..... | 71 |

| | |
|---|----|
| Gráfica 16 Descomposición de la varianza de la inflación en Guatemala (porcentaje)..... | 72 |
| Gráfica 17 Descomposición del error de predicción de la varianza de los combustibles en Guatemala (porcentaje)..... | 73 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CONTENIDO | NÚMERO DE PÁGINA |
|---|-------------------------|
| Cuadro 1 Participación de la OPEC en las reservas mundiales de crudo, 2022. | 12 |
| Cuadro 2 Principales países productores, millones de barriles de petróleo por día | 14 |
| Cuadro 3 Estructura del IPC. Base diciembre 2010..... | 28 |
| Cuadro 4 Ponderaciones a nivel de división de gasto IPC. Base diciembre 2010 (porcentaje)..... | 29 |
| Cuadro 5 Resumen MCO: efectos de las variables independientes sobre la inflación en “condiciones normales”, negrita betas estimados | 65 |
| Cuadro 6 Resumen MCO: efectos de las variables independientes sobre la inflación en “condiciones de riesgo”, negrita betas estimados | 66 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| CONTENIDO | NÚMERO DE PÁGINA |
|---|-------------------------|
| Anexo 1 Prueba de raíz unitaria para las variables..... | 81 |
| Anexo 2 Prueba de cointegración de Johansen..... | 82 |
| Anexo 3 Criterios de información de Akaike, Schwarz y Hannan Quinn para selección de rezago del modelo..... | 83 |
| Anexo 4 Correlogramas, autocorrelaciones dentro una banda de dos desviaciones estándar | 84 |
| Anexo 5 Test de Causalidad de Granger | 85 |
| Anexo 6 Prueba de normalidad de los residuos de Jarque-Bera | 86 |
| Anexo 7 Estimación Var Reducido (1,2) | 87 |
| Anexo 8 Estimación Var Estructural (1,2) | 88 |
| Anexo 9 Regresión lineal por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios | 89 |
| Anexo 10 Funciones impulso respuesta del Var (1,2)..... | 90 |

INTRODUCCIÓN

El control de la inflación es una preocupación constante para cualquier economía, ya que su estabilidad es crucial para mantener el orden económico y social de un país. La inflación alta y descontrolada puede erosionar súbitamente el poder adquisitivo de la población, distorsionar las decisiones de consumo e inversión, y generar incertidumbre en los mercados financieros. Por lo tanto, comprender los factores que influyen en la inflación es fundamental para implementar políticas eficaces que promuevan la estabilidad económica.

En este contexto, los precios internacionales del petróleo desempeñan un papel significativo en la dinámica inflacionaria de muchas naciones. El petróleo, como recurso energético y materia prima esencial en numerosas industrias, tiene un impacto directo en los costos de producción y transporte de bienes y servicios. Por lo tanto, las fluctuaciones en el precio del petróleo pueden transmitirse a la economía en forma de cambios en los precios al consumidor.

En el caso de Guatemala, país que relevante para esta investigación, el análisis de los choques del precio internacional de petróleo y su relación con la inflación general adquiere una importancia particular. Guatemala, al igual que muchos otros países en vías de desarrollo, depende en gran medida de los combustibles fósiles para satisfacer sus necesidades energéticas y otras actividades como el transporte de mercancías y personas. Por lo tanto, los cambios en los precios internacionales del petróleo pueden tener un impacto significativo en los precios domésticos y, por consiguiente, en la inflación general del país.

Para llevar a cabo un análisis fundamentado estadísticamente de esta relación entre los choques del precio internacional de petróleo y la inflación en Guatemala, se utilizará un modelo de *Structural Vector Autoregressive* (sVAR, por sus siglas en inglés). Este método econométrico permite analizar las relaciones dinámicas entre variables económicas y estimar la magnitud de los efectos de corto y largo plazo.

El modelo *Vector Autoregressive* (VAR), en particular, es una herramienta ampliamente utilizada en la investigación económica debido a su capacidad para capturar la interdependencia entre variables y su flexibilidad para analizar múltiples relaciones simultáneamente. Al emplear un enfoque estructural, se busca descomponer los choques endógenos, lo que permitirá identificar las causas de los cambios en los precios internacionales del petróleo y evaluar sus implicaciones directas sobre la inflación en Guatemala.

En resumen, esta investigación tiene como objetivo analizar los choques del precio internacional de petróleo y su relación con la inflación general en Guatemala, reconociendo la importancia del control de la inflación en una economía, así como la influencia que los precios internacionales del petróleo pueden tener en dicho control. Para lograr este objetivo, se utilizará un modelo de vectores autorregresivos estructural que permitirá desentrañar las causas y las implicaciones de los choques del precio del petróleo sobre la inflación en el país.

La siguiente investigación se estructura de la siguiente manera. En el Capítulo I se describe el mercado del petróleo en conjunto a su importancia sobre la actividad económica mundial y guatemalteca. El Capítulo II se describe el concepto de inflación y sus implicaciones a nivel teórico y empírico junto a las implicaciones en Guatemala. El Capítulo III se revisa la literatura previa sobre el análisis de los choques del petróleo sobre la inflación y sus hallazgos. El Capítulo IV se expone la metodología para estimar un modelo sVAR. En el Capítulo V se utiliza la metodología explicada previamente para analizar los efectos de un choque de los precios internacionales del petróleo sobre la inflación guatemalteca en el periodo comprendido de enero de 2010 a diciembre de 2022. Finalmente, en el Capítulo VI se presentan las conclusiones y recomendaciones sobre los resultados obtenidos que proporcionarán una base sólida para la formulación de políticas económicas orientadas a mantener la estabilidad de precios y promover el desarrollo sostenible en Guatemala.

CAPÍTULO I: REFLEXIONES GENERALES DEL PETRÓLEO

1.1. Descripción general del mercado de petróleo

El mercado de petróleo es uno de los más importantes del mundo, debido a que es una de las principales fuentes de energía que se utiliza en todo el mundo. El mercado de petróleo es muy complejo que abarca desde de la exploración y producción de petróleo hasta la refinación y distribución del producto final. El precio del petróleo a lo largo de la historia ha sido influenciado por varios factores, incluyendo la oferta y la demanda, la geopolítica y los acuerdos de los gremios productores. Por ser un recurso no renovable su importancia lo convierte en un producto con variaciones de precio inesperadas que tienen impacto en la economía mundial.

1.2. Concepto y definición del petróleo

Etimológicamente, la palabra petróleo proviene del latín "*petroleum*", que según McLeroy et al., (2023) significa aceite de piedra o aceite de la tierra (párr. 2). El petróleo es un compuesto mineral de origen fósil, resultado de la transformación de materiales orgánicos acumulados en grandes cantidades en cuencas lacustres del pasado geológico. Luego de millones de años, por la presión de las capas de sedimentos, comienza su transformación física y química para convertirse en hidrocarburos, líquidos y gaseosos, que se elevan a la superficie por densidad y las grietas de las rocas sedimentarias.

El petróleo líquido se encuentra enterrado, y a veces, se descubren yacimientos en los estratos superiores del manto terrestre; estas formaciones se componen principalmente por compuestos de hidrógeno y carbono (hidrocarburos), además de otros compuestos como el metano (CH₄). Derivado a esto, el petróleo es un recurso natural no renovable y utilizado principalmente para la generación de energía.

La industria energética clasifica el petróleo conforme a su densidad o gravedad, de acuerdo con los parámetros de *American Petroleum Institute (API)*, como a continuación se describen:

- a) Liviano o ligero, con una gravedad mayor a los 31.1 grados.
- b) Mediano, con una gravedad entre los 22.3 grados y los 31.1 grados
- c) Pesado, con una gravedad entre los 10.0 grados y los 22.3 grados.

Asimismo, el petróleo también se puede clasificar, de acuerdo con su origen de extracción, dentro los que destacan:

- a) Brent Blend, compuesto de varios tipos de petróleo crudo extraídos en la región del Mar del Norte. Marca la referencia de precios del mercado europeo.
- b) West Texas Intermediate (WTI), es un compuesto de petróleo crudo extraído en Texas y el sur de Oklahoma en los Estados Unidos de América (EE. UU.) y es utilizado como referencia de precios en el mercado estadounidense y en otros mercados globales.

Según Wells (2022), para la determinación de un sistema de medición internacional, desde 1859, en los EE. UU. se acordó la medición del volumen en barriles de 42 galones estadounidenses, equivalentes a 158.9 litros, y los volúmenes de gas en pies cúbicos equivalentes a 28.3 litros.

1.3. Historia del petróleo como recurso económico

Los primeros indicios de la utilización como bien económico fueron descubiertos en Babilonia aproximadamente 2,300 AEC, donde se encontraron vestigios de su uso para pegar o aglutinar ladrillos y rocas para la construcción, también en el campo de la medicina y en el recubrimiento de embarcaciones. De igual forma, en Egipto alrededor de 500 años AEC se engrasaban pieles; y en algunas culturas precolombinas de América se pintaban esculturas comprendido del siglo I hasta su descubrimiento.

Según McLeroy et al. (2023), se afirma que la primera destilación de petróleo se le atribuye Muhammad Razi, de origen persa, en el siglo IX, al describir la destilación por medio de un alambique, con el cual obtenía queroseno y otros derivados, destacando los usos médicos y militares. Consecuentemente el conocimiento se difundió a través del Califato de Occidente, actualmente España, luego por toda Europa. (párr.4-5)

Luego, en el siglo XVIII, se perfeccionan algunos métodos de refinamiento, logrando fabricar productos derivados para lubricación y engrasado de máquinas industriales. En el siglo XIX los destilados se comienzan a usar como aceite para el alumbrado. Años más tarde, Abraham Gesner obtuvo querosén, incrementando la importancia del petróleo aplicado a la iluminación. (párr.6-9)

Con la producción industrial de los motores de combustión interna se innovaron nuevos métodos de extracción y destilación, principalmente, con la fabricación de gasolina que, hasta entonces, era considerada como un remanente de la producción de aceite al no tener ninguna aplicación práctica.

1.3.1. El inicio de la industria del petróleo (1859 – 1869)

De acuerdo con *American Chemical Society National Historic Chemical Landmarks* (ASC), (2009) se considera que, previo al inicio de la exploración de los primeros pozos petrolíferos en Pensilvania, EE. UU., alrededor de los años 1859-1869, el petróleo era disponible únicamente en cantidades pequeñas derivado de algunas filtraciones sobre el subsuelo encontradas por casualidad alrededor de todo el mundo.

Por su escasa disponibilidad, su uso se limitó a fines medicinales y algunos otros productos especiales. Con el descubrimiento de yacimientos en el subsuelo en el noroeste de Pensilvania, la cantidad de petróleo crudo disponible aumentó considerablemente hasta impulsar el desarrollo de sistemas de procesamiento a mayor escala.

Las primeras refinerías empleaban un proceso de destilación simple para separar los diversos componentes del petróleo, calentando la mezcla de petróleo crudo en un recipiente y condensando los vapores resultantes en fracciones líquidas. Inicialmente, el producto principal era el queroseno, de combustión limpia y de una calidad uniforme en comparación al aceite de origen animal.

Un producto de menor punto de ebullición de este proceso era la nafta, un precursor de la gasolina sin refinar. Su aplicación comercial inicial fue principalmente como disolvente. Se descubrió que los materiales de mayor punto de ebullición eran más eficaces en la utilización de lubricantes. La perfección de las técnicas de extracción de petróleo se extendió rápidamente a Rusia, y en 1890 las refinerías producían grandes cantidades de queroseno y naftas.

El desarrollo tecnológico del motor de combustión interna en los últimos años del siglo XIX creó un mercado para la nafta, que se concretó, con el desarrollo del automóvil, que aumentó drásticamente la demanda de gasolina de calidad, y esto finalmente proporcionó un mercado para los derivados del petróleo más volátiles. A medida que aumentó la demanda de combustible para automóviles, se desarrollaron métodos más eficientes para la destilación continua de petróleo crudo (párr. 9-24).

1.3.2. Modernización de la industria petrolera (1870-1913)

De acuerdo con Britannica, *T. Editors of Encyclopedia* (2023), en 1870 se fundó *Standard Oil Co.*¹ en Ohio, la empresa se instauró velozmente como un monopolio, llevando los precios a la baja y adquiriendo a la competencia. *Standard Oil Co.* se propagó en todo los EE. UU. y también en los mercados internacionales, exportando a prácticamente todo el mundo.

¹ Los orígenes de la empresa se remontan a 1863, cuando Rockefeller se unió a Maurice B. Clark y Samuel Andrews en un negocio de refinación de petróleo en Cleveland, Ohio. Para 1880, mediante la eliminación de competidores, se fusionaron con otras empresas, y el uso de bonificaciones ferroviarias favorables, controló aproximadamente el 95% de la refinación de todo el petróleo producido en los EE. UU. (Britannica, 2023)

Su crecimiento fue tal que en 1890 se estimó que la empresa controlaba alrededor del 90% de todo el producto refinado en los EE. UU. Con el incremento de la producción estadounidense y rusa, el precio del barril caería aproximadamente de los US\$2.56 a los US\$0.56 en un lapso de 15 años, entre 1876 y 1892. Sin embargo, con la llegada de los primeros automóviles a los mercados de Alemania y EE. UU. en 1896 inició una revolución tecnológica que pronto dispararía la demanda global por el petróleo (párr. 6-11).

1.3.3. Guerras, descubrimientos y crisis petroleras (1914-1949)

Después de 1910, la demanda de combustible para automóviles comenzó a superar los requisitos del mercado de queroseno y presionó a las refinerías para innovar con el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar el rendimiento de la gasolina. Con esto, surgió el proceso llamado “*Thermal Cracking*”², que según Crynes et al., (2003) “consistió en calentar petróleos más pesados (para los cuales había un bajo requerimiento del mercado) en reactores presurizados, entonces al romper o dividir sus moléculas grandes en las más pequeñas para generar productos ligeros como gasolina, queroseno y otros combustibles industriales ligeros” (p 111).

La gasolina fabricada mediante el proceso de craqueo se comportó mejor en motores de automóviles que la gasolina derivada de la destilación directa de petróleo crudo. Luego, el desarrollo de motores de avión más potentes a fines de la década de 1930 dio lugar a la necesidad de aumentar las características de combustión de la gasolina y estimuló el desarrollo de aditivos de combustible a base de plomo para mejorar el rendimiento del motor.

² El primer proceso de craqueo térmico para descomponer grandes hidrocarburos no volátiles en gasolina entró en uso en 1913; fue inventado por William Merriam Burton, un químico que trabajaba para la *Standard Oil Company*. En la década de 1920, el químico francés Eugène Houdry mejoró el proceso de craqueo con catalizadores para obtener un producto de mayor octanaje. Su proceso fue introducido en 1936 por *Socony-Vacuum Oil Company* (más tarde *Mobil Oil Corporation*). Durante la década de 1950, a medida que aumentaba la demanda de combustible para automóviles y aviones, se aplicó el hidrocraqueo al refinado de petróleo. Este proceso emplea hidrógeno gaseoso para mejorar la relación hidrógeno-carbono en las moléculas agrietadas y para llegar a una gama más amplia de productos finales, como gasolina, queroseno (utilizado en el combustible para aviones) y combustible diésel. (Britannica, 2023)

Para, Smil (2017), “Estos procesos mejorados, incluido el craqueo catalítico de aceites pesados, permitieron a la industria del petróleo satisfacer las demandas de los aviones de combate de alto rendimiento y, después de la guerra, suministrar cantidades cada vez mayores de combustibles para el transporte” (p. 252).

Con el desarrollo de nuevas tecnologías de combustión y el estallido de la Primera Guerra Mundial, Díaz (2020) afirmó que, la demanda del petróleo encareció el precio aproximadamente 240%, pasando de US\$0.81 hasta US\$1.98 por barril entre 1914 y 1918. Asimismo, una vez terminada la guerra, en respuesta al aumento de la popularidad de los vehículos a motor en los EE. UU. durante 1920, el petróleo incrementó su precio alcanzando los US\$3.07 por barril.

Durante la Segunda Guerra Mundial en 1939, el impacto en los precios tendría menor incidencia que la primera guerra debido a la sobreoferta en el momento, lo que resaltó la importancia sobre el control de las reservas de petróleo, situación que marcaría las acciones de varios gobiernos durante las siguientes décadas (párr. 7-12).

1.3.4. Control sobre la producción del petróleo (1950-2010)

En las décadas de 1950 y 1960 se registró una gran demanda de combustible por el desarrollo de la industria aeronáutica. Dicha demanda fomentó la necesidad de procesar más variedad de crudos en productos de alta calidad, por lo que el reformado catalítico de nafta³, reemplazó el proceso de reformado térmico y se convirtió en el principal proceso para mejorar la calidad del combustible para satisfacer las necesidades de los motores de mayor tecnología.

Como se mencionó anteriormente, las políticas de control de las reservas de petróleo instaron a los gobiernos a nacionalizar la producción de petróleo principalmente en Irán,

³ Reformado, en química, es una técnica de procesamiento mediante la cual se reordena la estructura molecular de un hidrocarburo para alterar sus propiedades. El proceso se aplica con frecuencia a las existencias de gasolina de baja calidad para mejorar sus características de combustión. (Britannica, 2023)

Indonesia y Arabia Saudí. Por su parte, Egipto también tomó control sobre el Canal de Suez, que canalizaba cerca del 5% del petróleo en el mundo en 1960. A pesar de esto, el control sobre los mercados petroleros seguía principalmente en manos de EE. UU. y la Unión Soviética.

Según Smil (2017) la creciente demanda de los países productores de crudo empezó a crear importantes empresas estatales que tendrían la tarea de la explotación del recurso mineral. Así se constituyeron las diversas estatales petroleras, como *Aramco* en Arabia Saudita; *National Iranian Oil Company* de Irán; *China National Petroleum Corporation* en la República Popular China; Petróleos Mexicanos PEMEX de México, y *Abu Dhabi National Oil* de los Emiratos Árabes Unidos (EAU) entre otras (pp. 313-324).

Desde su creación⁴, la *Organization of the Petroleum Exporting Countries* (OPEC) mantiene una gran participación en el mercado de petróleo, especialmente si la OPEC decide reducir o aumentar su nivel de producción, debido a que el 43% de la producción mundial de petróleo y el 81% de las reservas mundiales de petróleo se encuentran en países miembros de la organización antes mencionada.

De acuerdo con OPEC (2023), el control de los EE. UU. y la URSS sobre el mercado de petróleo continuó por un breve tiempo mientras que la OPEC adquiría participación. Esta transición se hizo evidente cuando la organización impuso embargos a los países que apoyaban a Israel en el conflicto árabe-israelí en la guerra de Yom Kipur de 1973 (principalmente a los EE. UU.). Por el cual, los precios se incrementaron de un promedio de US\$2.48 en 1972 a US\$11.58 en 1974.

⁴ La formación de la OPEC por cinco países productores de petróleo surgió en Bagdad durante septiembre de 1960 en un momento de transición en el panorama económico y político internacional, con una extensa descolonización y el nacimiento de muchos nuevos estados independientes en el mundo en desarrollo. El mercado internacional del petróleo estaba dominado por las empresas multinacionales estadounidenses, por la Unión Soviética y otras economías de planificación centralizada. Su creación enfatizaba el derecho inalienable de todos los países a ejercer soberanía permanente sobre sus recursos naturales en interés de su desarrollo nacional.

Este periodo también fue marcado por el descubrimiento de nuevos yacimientos petrolíferos en el Mar del Norte, áreas controladas por Noruega y Reino Unido. El petróleo *Brent* se vuelve una referencia de precio, junto al crudo *West Texas Intermediate*.

Los precios se aumentaron rápidamente entre 1979 y 1980 oscilaron aproximadamente los US\$36.00, con la revolución en Irán que recortó la producción y las exportaciones, en conjunto al inicio de la guerra entre Irán e Irak. Luego, la invasión de Irán en Kuwait en 1990 y la consiguiente Guerra del Golfo crearon la escasez que causó un impulso en el precio del barril desde los US\$14.98 hasta los US\$41.00 en septiembre de 1991.

Con la caída de la URSS en 1991 la industria del petróleo se vio afectada, reduciendo su producción a la mitad durante la década siguiente debido a una limitada inversión. En 1997 la demanda global cayó drásticamente a consecuencia de la crisis financiera de Asia, recuperándose nuevamente en 1999 cuando las perspectivas económicas de la región mejoraron (párr. 1-7).

1.3.5. El petróleo en el siglo XXI

A los inicios del siglo XXI, la incertidumbre económica global representó el principal riesgo para el mercado de petróleo, por la volatilidad macroeconómica y del sistema financiero que afectó la demanda energética, entonces OPEC (2023) afirmó lo siguiente:

La invasión de EE. UU. en Irak en 2003 originó disrupciones en la oferta del petróleo. Mientras tanto, la demanda en Asia, y principalmente en China, contribuyó a un incremento del precio del petróleo desde los US\$28.38 en julio de 2000 hasta superar los US\$146.02 en julio de 2008. Para el 2010, los precios alcanzaron nuevamente un pico, alcanzando los US\$126.48 después de las protestas conocidas como la Primavera Árabe (2010-2012)⁵. En años más recientes los avances tecnológicos han facilitado la

⁵ La primavera árabe, fue conocida una ola de protestas y levantamientos a favor de la democracia que tuvieron lugar en el Medio Oriente y el norte de África a partir de 2010 y 2011, desafiando algunos de los regímenes autoritarios arraigados de la región. (Britannica, 2023)

producción de petróleo de esquisto estadounidense a través de la fracturación hidráulica (*fracking*⁶). Esto redujo la influencia de la OPEC causando una caída en los precios del barril, desde los US\$114.84 en junio de 2014 hasta por debajo de los US\$28.47 en enero de 2016.

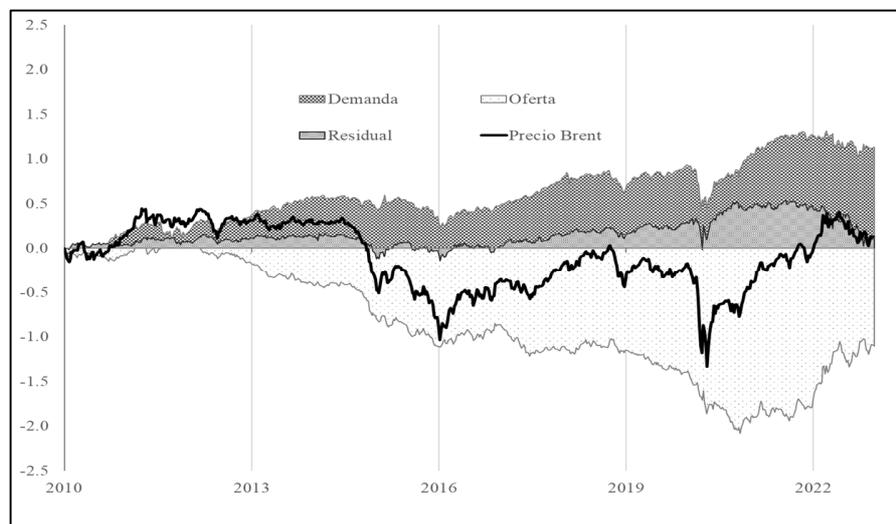
En 2017, la OPEC, en asociación con otros países incluyendo Rusia, puso en marcha un acuerdo para reducir la producción del petróleo que, hasta diciembre de 2021, continúa activo. Los precios se incrementaron a raíz del anuncio sobre el recorte de producción, pero, con EE. UU. en una mejor posición como el productor de equilibrio (*Swing Producer*) del momento, la habilidad de la OPEC para poder controlar los precios disminuyó. En dicho año, el precio del petróleo alcanzaba su nivel más alto en casi cuatro años hasta los US\$75.93 en junio, para comenzar una caída cerrando el año niveles cercanos a los US\$46.00 por barril.

El 2020 pasó a la historia como un año de circunstancias excepcionales y sus efectos se vieron rápidamente reflejados en los precios del petróleo. La caída de la demanda energética por la pandemia del COVID-19, la restricción de actividades económicas y las medidas de confinamiento que entrarían en efecto en todo el mundo, una situación sin precedente llevó los futuros del petróleo con vencimiento de mayo a un descenso hasta niveles bajo cero (párr. 8-11).

Lo anteriormente descrito, se observa en la gráfica 1 que presenta una vista interesante y detallada de los diversos factores que han influido en el precio del petróleo en los últimos diez años donde se destaca que la oferta ha sido un factor especialmente determinante.

⁶ Fracturación hidráulica, en la producción de petróleo y gas natural, se trata de una inyección de un fluido a alta presión en una formación rocosa subterránea para abrir fisuras y permitir que fluya el gas atrapado o el petróleo crudo a través de una tubería hasta una boca de pozo en la superficie. Empleado en combinación con técnicas mejoradas para perforar horizontalmente a través de capas de roca seleccionadas, el fracking ha abierto vastos depósitos de gas natural en los EE. UU. (Britannica, 2023)

Gráfica 1 Evolución de los determinantes del precio del petróleo (variación acumulada desde enero de 2010)



Fuente: Reserva Federal de Nueva York. Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de https://www.newyorkfed.org/research/policy/oil_price_dynamics_report#/interactive, 2022.

En 2010, se observa un auge en la producción de petróleo, especialmente en los EE.UU. con el desarrollo del *fracking*, que permitió el acceso a reservas de petróleo de esquisto que antes eran inaccesibles. Esta expansión en la oferta de petróleo llevó a un cambio en la dinámica del mercado, ejerciendo una mayor presión a la baja sobre los precios.

Además, la OPEC, que históricamente ha jugado un papel importante en la regulación de la oferta de petróleo, ha experimentado diversos desafíos en su capacidad de coordinación, lo que ha llevado a una oferta más liberalizada. Este fenómeno fue particularmente evidente en 2014 y 2020, cuando el mercado del petróleo se vio inundado de suministro, llevando a un fuerte descenso en los precios.

Por lo tanto, aunque la demanda y otros factores sin duda juegan un papel en la determinación de los precios del petróleo, es evidente que la oferta ha tenido una influencia especialmente fuerte en la última década.

Estos factores han llevado a que la evolución del precio del petróleo durante el siglo XXI haya sido marcada por una dinámica y a veces tumultuosa que refleja el estado cambiante de la economía global y las condiciones geopolíticas. En particular, estos nuevos niveles de precios, mostrados en la gráfica 2, donde los puntos de mayor precio a menudo se corresponden con eventos significativos a nivel mundial.

Gráfica 2 Evolución del precio internacional del petróleo, cifras en dólares. (1982-2022)



Fuente: Chicago Mercantile Exchange, CME Group. Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de <https://www.cmegroup.com/markets/energy/crude-oil/west-texas-intermediate-wti-crude-oil-calendar-swap-futures.htm>,2022.

A principios de la década de 2000, por ejemplo, vemos un pico significativo que se alinea con el comienzo de la Guerra de Iraq. A finales de la misma década, el precio del petróleo alcanzó nuevos máximos debido a la gran recesión de 2008 y a la posterior recuperación económica. En 2014, un fuerte incremento se relaciona con la crisis en Ucrania y las tensiones en Medio Oriente. Luego, el desplome en 2020 refleja la crisis de la pandemia de COVID-19 y el subsiguiente descenso en la demanda global.

1.3.6. Situación actual del mercado del petróleo

Según las estimaciones actuales, aproximadamente el 79.4% de las reservas privadas de petróleo del mundo se encuentran en los países miembros de la OPEC y el 64.5% de estas reservas están ubicadas en países del Medio Oriente. Asimismo, se estima que Venezuela cuenta con el mayor volumen de reservas de petróleo en el mundo (25.50%), seguido de Arabia Saudita (22.40%). En el cuadro 1 se destacan las reservas de petróleo en los países de la OPEC:

Cuadro 1 Participación de la OPEC en las reservas mundiales de crudo, 2022

| País | Producción en millones de barriles | Porcentaje de la producción total |
|----------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Venezuela | 302.81 | 25.50% |
| Arabia Saudita | 267.03 | 22.40% |
| Irán | 155.6 | 13.10% |
| Irak | 145.02 | 12.20% |
| Kuwait | 101.5 | 8.50% |
| EAU | 97.8 | 8.20% |
| Libia | 48.36 | 4.10% |
| Nigeria | 36.97 | 3.10% |
| Argelia | 12.2 | 1.05% |
| Ecuador | 8.27 | 0.70% |
| Angola | 8.16 | 0.70% |
| Congo | 2.98 | 0.30% |
| Gabón | 2 | 0.20% |
| Guinea | 1.1 | 0.10% |
| Total | 1189.8 | 100% |

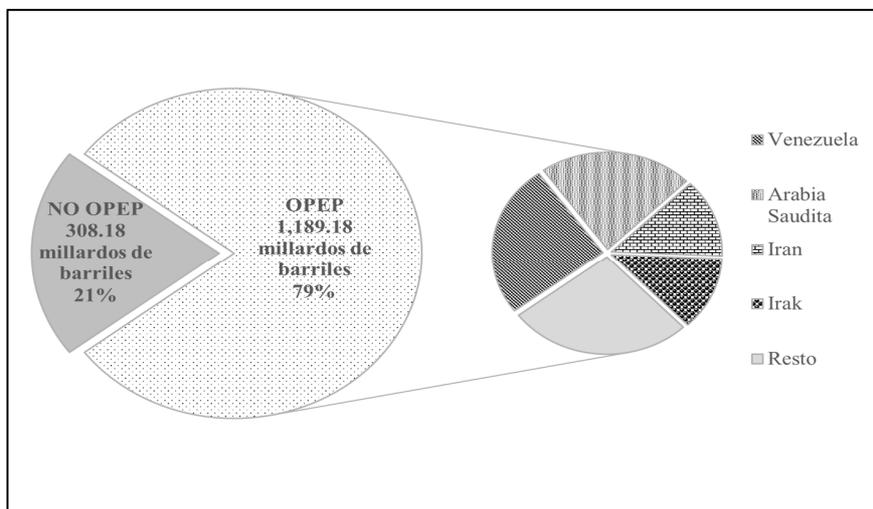
Fuente: Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEC). Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm,2022.

Los países miembros, según OPEC (2022), han incrementado sus reservas de petróleo en los últimos años, por ejemplo, adoptando las mejores prácticas en la industria, realizando exploraciones intensivas y recuperaciones mejoradas. Como resultado, las

reservas probadas de petróleo de la OPEC ascienden actualmente a 1,189.82 miles de millones de barriles (párr.1).

La gráfica 3, ilustra de manera efectiva la dominante posición de la OPEC en las reservas mundiales de petróleo crudo. Según las estimaciones en 2022, la OPEC controlaba aproximadamente el 79% de estas reservas, lo que representa una gran mayoría de la gráfica.

Gráfica 3 Participación de la OPEC en las reservas mundiales de crudo, 2022



Fuente: Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEC). Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm, 2022.

Dentro de la OPEC, algunos países sobresalen particularmente por su cuota de reservas. Por ejemplo, Venezuela, pese a su agitada situación económica y política, ostenta una de las mayores reservas del mundo. Arabia Saudita, otro miembro clave de la OPEC, también posee un porcentaje considerable de las reservas mundiales de petróleo crudo. Otros miembros importantes de la OPEC con cuotas significativas incluyen países como Irán, Iraq y los Emiratos Árabes Unidos.

El 21% restante de la gráfica, representa las reservas de petróleo de todos los países no miembros de la OPEC. Entre estos, los grandes productores incluyen a países como Rusia, Canadá, y Estados Unidos.

Esta gráfica demuestra claramente la influencia dominante de la OPEC en el ámbito global del petróleo crudo, así como la diversidad de fuentes que contribuyen a las reservas mundiales de petróleo.

Respecto al nivel de producción, los países que registran mayor volumen de producción de petróleo, principalmente EE. UU. y Arabia Saudita, compiten por ser el mayor poder dentro del mercado petrolero. A continuación, en el cuadro 2 se destaca el nivel de producción de los principales países productores:

Cuadro 2 Principales países productores, millones de barriles de petróleo por día

| País | Millones de barriles por día (mbd) |
|----------------|------------------------------------|
| EE. UU. | 19.77 |
| Rusia | 11.16 |
| Arabia Saudita | 9.9 |
| Canadá | 5.81 |
| China | 5.02 |
| Irak | 4.25 |
| Brasil | 3.82 |
| EAU | 2.85 |
| Kuwait | 2.54 |
| Irán | 2.45 |

Fuente: Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEC). Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de [https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/OPEC_MOMR_December_2022%20\(archive\).pdf](https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/OPEC_MOMR_December_2022%20(archive).pdf), 2022.

Los EE.UU, encabeza la lista, con una producción que supera los 19 mbd, gracias a su sólida industria de petróleo de esquisto que se desarrolló rápidamente en las últimas dos décadas. Rusia, aunque no es miembro de la OPEC, es un gran jugador en el mercado mundial de petróleo con una producción también en torno a los 11 mbpd. Arabia Saudita, uno de los miembros más influyentes de la OPEC, con una producción alrededor de 10 mbpd, ha dependido de las cuotas de la OPEC.

Otros miembros de la OPEC, como Irán e Iraq, también son productores significativos, con millones de barriles por día. Canadá, a pesar de no ser miembro de la OPEC, también tiene una considerable producción de petróleo.

1.3.7. Producción de petróleo en Guatemala.

Según el Ministerio de Energía y Minas (MEM, 2007), la exploración petrolera en Guatemala se ha llevado a cabo alrededor de 60 años con una producción aproximada de 17,500 barriles al día provenientes de las cuencas petroleras Petén Norte y Petén Sur, el petróleo es transportado por medio de un oleoducto el cual proviene del Departamento de Alta Verapaz y de Petén, ambos se convergen en la estación de bombeo Raxruja siguiendo en una sola línea, el crudo es transportado a la terminal petrolera Piedras Negras en Santo Tomás de Castilla, Departamento de Izabal, donde el crudo es exportado para su refinamiento (párr 1-8).

1.4. Precio del petróleo y su relación con la actividad económica

El petróleo se utiliza directa y/o indirectamente como producto energético en las distintas actividades económicas. Siendo un producto energético, es de suma importancia en la mayoría de los sectores de la actividad económica, de forma indirecta afecta a cada sector mediante los costos de producción, mientras afecta en forma directa al sector de transporte y la producción de energía eléctrica, entre otros. Por su parte, el consumidor final es susceptible a las variaciones de precios energéticos afectando de manera directa los ingresos disponibles.

Es importante señalar que el efecto final de los choques del precio del petróleo y sus derivados sobre las métricas de la actividad económica depende de su capacidad para adquirir y transferir bienes y servicios con el resto del mundo, que dependerá de las barreras arancelarias y tratados comerciales; además del tamaño de las economías. Es decir, durante la crisis financiera del 2008 el incremento acelerado de los precios del petróleo y sus derivados, en conjunto a otros factores como la incertidumbre y la quiebra financiera de varias entidades bancarias, afectó el desenvolvimiento económico y elevó los precios al consumidor de los países tomadores de precios, incluido Guatemala, en donde se notó una disminución del ritmo de crecimiento de la actividad económica medida por el PIB además del aumento significativo de los precios energéticos.

1.4.1. Transmisión de los choques de petróleo

Como se mencionó anteriormente, dependiendo de varios factores, como el grado de apertura comercial y la cadena de comercialización, la variación de precios internacionales se transmite directa o indirectamente los precios locales. Existen varios autores que describen los diversos canales de transmisión de los choques de los precios internacionales hacia las variables económicas locales. La explicación del fenómeno, de conformidad con Brown & Yücel (2002), se describe a continuación:

La transmisión de choques por el lado de la oferta consiste, principalmente, en el impacto negativo sobre la producción causada por el aumento de los costos marginales productivos a medida que aumenta el precio del petróleo. Se destaca que, algunas de las mayores crisis de precios de petróleo fueron causadas por las acciones de oferta de los miembros de la OPEC. De igual forma, incertidumbres geopolíticas en combinación con los riesgos asociados con la comercialización del petróleo ha conducido a que el precio del energético alcance máximos históricos cada vez mayores a lo largo de la historia.

El efecto balance real se considera como la situación en la que la oferta de los bienes y servicios no se ajustan a la creciente demanda, incluido el petróleo y sus derivados. Cabe mencionar que las crisis de precios del petróleo han sido precedidas por una creciente

demanda. Un ejemplo a estos factores se evidencia en el alza de los precios del petróleo durante 2003-2008 donde se caracterizó por una intensiva utilización de las refinerías a nivel mundial y por el cierre de las refinerías que no se adaptaron lo suficientemente rápido a la creciente demanda de combustibles más ligeros.

El efecto transferencia de riqueza que se refiere al deterioro de los términos de intercambio debido a la transferencia de precios de los países exportadores hacia los países importadores de petróleo, comúnmente denominado balance en la factura petrolera.

El efecto inflacionario analiza la inflación generada en una economía a raíz del precio de los bienes y servicios importados. El efecto de ajuste sectorial se genera a través del impacto de los choques de precios internacionales en los diversos sectores de la actividad económica, como el mercado laboral, que al cambiar los costos de producción relativos en algunas industrias se modifican los costos variables como las plazas de trabajo disponibles. Finalmente, el efecto inesperado se centra en la incertidumbre sobre el precio del petróleo y su impacto no cuantificado (pp. 198-208).

1.4.2. Transmisión de los choques de petróleo hacia los precios locales en Guatemala

Un autor que describe los diversos canales de transmisión de los choques de los precios internacionales hacia Guatemala es Ruiz (2004), donde demostró la relación directa entre el precio del petróleo y la inflación guatemalteca ya que comprueba que durante la década de los setenta, el aumento de precios internacionales de petróleo, en el cual los precios del petróleo pasaron de US\$3 hasta US\$40 previo a la crisis petrolera de 1973 incidió positiva y significativamente como factor principal de la inflación en Guatemala. En su investigación, destacó varios canales de transmisión por los cuales un incremento del precio del petróleo incidió en las variables macroeconómicas guatemaltecas.

- a) El aumento del precio del petróleo genera una transferencia de renta de los países importadores hacia los países exportadores de petróleo.

- b) El aumento del precio del petróleo aumenta los costos de producción, deteriora las ganancias y presiona el nivel general de precios.
- c) El precio del petróleo tiene un impacto en los mercados financieros, producto de los cambios reales y esperados sobre los beneficios, la política monetaria y la inflación;
- d) Dependiendo de la duración del incremento de los precios del petróleo, el cambio en los precios relativos generará incentivos a los productores de energía a aumentar las cantidades producidas.

Por otra parte, también se destacó que la transmisión de los efectos de los precios de los bienes y servicios comercializados en el exterior a la inflación interna se da por medio de la importación de los derivados del petróleo, como la gasolina.

CAPÍTULO II: REFLEXIONES ESENCIALES DE LA INFLACIÓN

2. Descripción de la inflación

Para el desarrollo de la presente investigación, es necesaria una definición del concepto de inflación, conocer sus causas y sus implicaciones para el desarrollo del sistema económico.

La Real Academia Española (2023) caracteriza el término de inflación como “una elevación leve pero persistente en el nivel general de precios.” (párr. 1). La tasa de inflación representa el incremento porcentual interanual del nivel de precios. Para medir el nivel de precios en una economía, se recopila la información por medio de encuestas para generar indicadores agregados como el Índice de Precios al Consumo o como el Deflactor implícito del producto interno bruto.

2.1. Concepto y definición de inflación

Según, el Consejo de Normas Internacionales de Contabilidad (NIC) explica el proceso inflacionario, como “Una medida para cuantificar los cambios de los precios en el tiempo como resultado de diversas fuerzas económicas y sociales; que en contraposición a las fuerzas específicas que únicamente causan cambios significativos en los precios individuales independientemente de cómo se comporten otros precios” (párr. 5).

En este contexto, es posible adjudicar el concepto de inflación y economía de mercado, debido a que los precios se determinan generalmente por las fuerzas de oferta y demanda.

En lo que respecta al índice de precios al consumidor (IPC), el Manual del Fondo Monetario Internacional (FMI), (2006) lo define como “Un índice que mide el ritmo al que los precios de los bienes y servicios de consumo cambian de un mes (o de un trimestre)

a otro” (p.47). Menciona que estos precios se recopilan en los comercios y demás puntos de venta minoristas para luego calcular el promedio de los cambios de los precios entre un período y otro para todos los productos considerados usando como ponderaciones los montos promedio que los hogares gastan en ellos.

Estos indicadores, son métricas oficiales regularmente compilados y publicados por instituciones gubernamentales de cada país; publicándose mensualmente, por lo general alrededor de diez días después de finalizado el último mes o trimestre.

El IPC se utiliza con frecuencia, como variable representativa del índice general de la inflación para la economía en su totalidad, debido a la periodicidad y puntualidad de publicación. Ha llegado a ser una estadística importante para la determinación de políticas, en especial las de índole monetaria. En las leyes y en una gran diversidad de contratos privados suele caracterizarse como la medida apropiada de la inflación a los fines del reajuste de pagos (por ejemplo, salarios, alquileres, intereses y beneficios de la seguridad social) para dar cuenta de los efectos de la inflación. Por lo tanto, puede tener implicancias financieras importantes y de amplio alcance para los gobiernos y las empresas, así como para los hogares.

Sin embargo, según Dornbusch et al., (2009) “también debe aclararse que entre el crecimiento económico y el IPC existe una estrecha relación y a pesar de no ser parte del estudio, es importante conocer dicha relación que afirman que a corto plazo la búsqueda por reducir la inflación solo se puede lograr a través de la reducción del crecimiento económico, haciendo que exista una “*tasa de sacrificio*” o porcentaje de producción que se pierde por cada punto en que se reduce la inflación. De acuerdo con los autores las variables están relacionadas” (p. 145).

En sus inicios el IPC se utilizó para medir y compensar la pérdida adquisitiva del salario, producto de la inflación, ajustándolo en proporción a la variación porcentual del IPC, lo que se conoce como indexación. Actualmente esta variable es importante para medir la

inflación y la pérdida de poder adquisitivo de una moneda con respecto a los bienes y servicios que el mercado ofrece.

Por su parte, en los EE. UU. de América el IPC es calculado por *Bureau of Labor Statistics*, (Oficina de Estadísticas Laborales), cuya agencia federal es responsable de medir la actividad del mercado laboral, condiciones de trabajo y cambios en los precios de la economía. Según, U.S. *Bureau of Labor Statistics* (2023), el IPC de EE. UU. se calcula en dos etapas, en la primera se mide el cambio de precio promedio de los artículos en cada una de las 8,018 combinaciones de productos y áreas del IPC y en la segunda se producen los índices agregados promediando las mismas combinaciones.

2.2. Causas de la inflación

Referente a las causas de la inflación, Mankiw, (2014) compila las siguientes corrientes economías de pensamiento: clásica, keynesiana, nueva macroeconomía clásica de y la escuela austriaca de economía, las cuales se describen en el apartado 2.2.1 al 2.2.4 (ver página 31-33).

2.2.1. La explicación de la teoría Clásica

Una de las primeras teorías que explica el fenómeno de inflación es la teoría cuantitativa del dinero. Esta nace en la Escuela de Salamanca en el siglo XVI a partir de la experiencia y su registro en el comportamiento de los precios en la España en su época. Se observó que, en periodos de tiempo de escasez monetaria, se producía una reducción de los precios y en las situaciones de abundancia monetaria, ocurría lo contrario, aumentaban. De forma especial descubrieron el manejo que los gobernantes hacían la moneda, los cuales degradaban las aleaciones de oro o plata y aumentaban la aleación de cobre.

Con esto, las casas de moneda aumentaban sus ingresos para financiar los gastos del gobierno. Siglos después, Irving Fisher formuló la teoría cuantitativa del dinero como relación entre la cantidad de dinero, la velocidad de circulación del dinero, el índice de

precios y el volumen de transacciones de una economía. En esta explicación, la inflación queda directamente relacionada con aumentos de la cantidad de dinero o aumentos de la velocidad de circulación del dinero.

2.2.2. La explicación Keynesiana de la inflación

John Maynard Keynes propone una teoría que se aparta de la explicación cuantitativa indicando que la inflación no es simplemente un fenómeno monetario, sino que se produce cuando la demanda agregada efectiva de bienes y servicios es mayor que la oferta disponible. En este sentido, Keynes enuncia que la demanda de dinero es inestable, depende del ciclo económico y de la expectativa de ganancia futura que pueda tener un agente.

Ambos argumentos son la base para considerar que la inflación se genera por otro tipo de razones más que por elevaciones de la cantidad de dinero. Como ejemplo, en una recesión la creación de dinero no conduce necesariamente un aumento de los precios, sino que depende del estado de la demanda efectiva. Por tanto, los que siguen esta corriente entienden que la inflación está asociada a sucesivos aumentos de la demanda por encima de la oferta y, puesto que la demanda es superior a la oferta, los precios subirán.

2.2.3. La explicación de la Nueva Macroeconomía Clásica (NMC) de la inflación

Esta corriente económica, se desarrolló a partir de los trabajos de economistas como Robert Lucas y Thomas Sargent en los años 1970 y 1980, tiene una visión particular sobre la inflación que se diferencia de la teoría keynesiana tradicional.

Según esta teoría, la inflación es causada por una combinación de expectativas y políticas económicas, y a su vez, argumenta que las expectativas inflacionarias son un factor clave en la determinación de la inflación, debido a que las expectativas de los individuos y las empresas sobre futuros aumentos de precios pueden influir en sus decisiones actuales

sobre gastos e inversiones. Por ejemplo, si las personas esperan que los precios subirán en el futuro, ahora podrían estar más dispuestas a pagar precios más altos, lo que a su vez puede provocar un aumento en los precios.

Es decir, las políticas económicas toman particular relevancia, especialmente las políticas monetarias, debido a su impacto directo sobre las expectativas de inflación. Según la NMC, si el banco central o el gobierno aumenta la cantidad de dinero en circulación sin un aumento correspondiente en la producción de bienes y servicios, esto puede provocar un aumento en los precios.

La NMC también se diferencia de la teoría keynesiana tradicional en su enfoque en la flexibilidad de los precios y salarios. Según la NMC, los precios y salarios son flexibles y se ajustan automáticamente a las fluctuaciones económicas, lo que permite una mayor estabilidad en la economía. En cambio, la teoría keynesiana sostiene que los precios y salarios son rígidos y pueden provocar fluctuaciones económicas si no se ajustan adecuadamente.

2.2.4. La explicación de la Escuela Austríaca de economía de la inflación

El enfoque de la Escuela Austríaca, liderada por economistas como Ludwig Von Mises y Friedrich Hayek, considera que la inflación es causada por un exceso de oferta monetaria, es decir, cuando el gobierno o el banco central aumenta la cantidad de dinero en circulación sin un aumento correspondiente en la producción de bienes y servicios. Sin embargo, uno de los problemas que encuentran en esta formulación es la carencia de una explicación de las variaciones en el valor del dinero.

El valor del dinero, según Von Mises, depende de su calidad, y la calidad del dinero está en función de su capacidad adquisitiva y, por lo tanto, las variaciones en el valor del dinero permiten que en la economía exista un proceso inflacionario, alterando gravemente la estructura productiva de la economía.

2.3. Inflación importada

La inflación importada se refiere a la subida de los precios de los bienes importados, debido a factores externos, como un aumento en el precio del petróleo o una devaluación de la moneda. Esto puede tener un impacto significativo en la economía de un país, ya que los bienes importados son una parte importante de la canasta de consumo de muchas naciones.

Una de las principales causas de la inflación importada es el aumento en el precio de los combustibles. El petróleo es un bien esencial para la economía global, ya que es utilizado en la producción de energía, transporte y manufactura. Un aumento en el precio del petróleo puede tener un efecto dominó en la economía, debido a que, aumenta los costos de producción y transporte, lo que a su vez lleva a un aumento en los precios de los bienes importados.

Otra causa de la inflación importada es la devaluación de la moneda. Cuando una moneda se devalúa, los bienes importados se vuelven más caros para los residentes de ese país. Esto se debe a que los bienes importados se pagan en moneda extranjera, por lo que una moneda más débil significa que se necesita más de esta para comprar los mismos bienes.

La inflación importada también puede ser causada por barreras comerciales, como aranceles y cuotas. Estas medidas proteccionistas pueden aumentar el precio de los bienes importados y también pueden disuadir a los importadores de traer bienes a un país. De igual forma, puede aumentar el costo de vida para los consumidores, ya que los precios de los bienes importados se encarecen. También puede afectar a las empresas que dependen de las importaciones para producir sus productos, debido a que, tendrán que pagar más por los materiales. Además, la inflación importada puede tener un impacto negativo en el crecimiento económico, debido a que, aumenta los costos de producción y puede disuadir a las empresas de invertir en un país.

Hay varias medidas que los gobiernos pueden considerar para abordar la inflación importada. Estas incluyen reducir las barreras comerciales, diversificar las fuentes de importación, y fomentar la competencia entre los proveedores. También pueden implementar políticas fiscales y monetarias para tratar de estabilizar los precios.

La inflación importada en las economías pequeñas y abiertas (como el caso de Guatemala), está determinada por tres elementos básicos:

- a) Por el porcentaje del total que se importa de un determinado país o región. (canasta de importaciones).
- b) Por la inflación local que existe en cada país importador
- c) Por la variación del dólar estadounidense con respecto a monedas de terceros países, ya que estas economías solo tienen acceso a los mercados mundiales a través del dólar.

Así, por el ejemplo, si el dólar se devalúa con respecto al quetzal guatemalteco, y el país realizara importaciones provenientes de los EE. UU., esto ocasionaría inflación importada, debido a que, para obtener una determinada cantidad de dólares se necesitaría una mayor cantidad de quetzales. Respecto a esto, algunos autores afirman lo siguiente:

“El concepto del efecto de los precios fue definido por como la “transmisión directa de la inflación por medio de los bienes comercializados internacionalmente”. Cuando la inflación es transmitida por medio de los efectos de los precios, Frisch nota que “se arguye que el vínculo directo de los precios internacionales constituye (...) inflación importada” (Rodríguez, 2011, p.83 como se citó en Frisch, 1977, p.1308).

Otros autores indican lo siguiente: “Muestra claramente como la inflación importada es un fenómeno que no se debe ignorar ya que justifica que la inflación de un país no es

netamente endógena, sino que tiene componentes exógenos que permiten que el nivel de precios aumente o disminuya” (Rodríguez, 2011, p.83 como se citó en Alemán 1986).

2.4. Inflación en Guatemala

Hasta este punto se han definido las variables necesarias para la investigación que busca establecer la relación de las variaciones del precio internacional del petróleo sobre la inflación. No obstante, falta caracterizar la inflación en Guatemala.

Como se describió con anterioridad, el cálculo del IPC en EE. UU. es una operación muy compleja, sin embargo, no es el objetivo de la investigación desagregar o describir la construcción del IPC del país norteamericano, pero el conocimiento y entendimiento de su composición también es necesario para comprender la relación de los precios del petróleo y la inflación.

La definición oficial del Índice de Precios al Consumidor (IPC) en Guatemala está caracterizada como “la variación promedio en los precios de un grupo de bienes y servicios que responden a los de mayor importancia dentro del gasto de consumo final de los hogares”, Instituto Nacional de Estadística (INE), (2010), párr. 1 como se citó en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos Familiares, (2010). Es decir, mide la evolución de los precios de un grupo de bienes y servicios que consumen las familias del país que a su vez repercute en una pérdida del poder adquisitivo. En Guatemala, de acuerdo con el INE, se realiza el cálculo del IPC por primera vez en el 1983 y su última actualización metodológica se lleva a cabo para incorporar como año base el 2010.

2.4.1. Importancia de la medición del IPC

La medición precisa de la inflación es esencial para la formulación de políticas macroeconómicas, la toma de decisiones empresariales y el planeamiento financiero personal. Según el (INE, 2010), muchos países utilizan el IPC como la mejor medida de la inflación disponible, ya que no existe otro índice que tenga un grado de aceptabilidad

comparable para los usuarios (p. 6). Dentro los principales usos del IPC, el (INE, 2010) destaca los siguientes:

- Utilización coyuntural, para hacer observaciones sobre la variación en los precios en la economía en el corto plazo y el ritmo de inflación
- Utilización económica, para evaluar los resultados de las políticas económicas
- Sirve como deflactor en la economía nacional, para establecer su comportamiento real del consumo privado den las cuentas nacionales.
- Utilización jurídica, para los contratos privados o públicos en los que se estipulan márgenes de variación de precios pactados, conforme a la variación publicada en el IPC. Como lo son contratos de arrendamiento, o contratos de préstamos, entre otros

2.4.2. Metodología de la medición del IPC en Guatemala

Según el (INE, 2010), para calcular el IPC se toma como base la Encuesta de Ingresos y Gastos Familiares (ENIGFAM) 2009 – 2010, con la que se obtiene la estructura del gasto en consumo final de la población, una de las características más importantes de la encuesta. El cálculo del IPC posee las siguientes particularidades:

- a) Pondera 8 regiones de Guatemala por ubicación geográfica que integra los 22 departamentos de la república.
- b) Brinda el número de integrantes por hogar en cada región que, según la ENIGFAM 2009-2010, el número de integrantes promedio de los hogares guatemaltecos es de 4.98 personas en cada hogar.
- c) Establece el lugar de compra, así como la frecuencia de compra por región.
- d) Establece las formas de pago.

Asimismo, el INE (2010), adoptando los criterios establecidos por la Clasificación del Consumo Individual por Finalidades (CCIF) de las Naciones Unidas, determinó la estructura de ponderaciones, habiéndose conformado 12 divisiones, 40 agrupaciones, 84

grupos, 120 subgrupos, 280 gastos básicos y 441 variedades, lo que permite la comparación del IPC a nivel internacional. (p. 12-13). Ilustrado en el cuadro 3 de la siguiente manera:

Cuadro 3 Estructura del IPC. Base diciembre 2010

| <i>Niveles de agregación</i> | <i>Cantidad</i> |
|-----------------------------------|-----------------|
| <i>División de Gasto</i> | 12 |
| <i>Agrupación de Gasto</i> | 40 |
| <i>Clase / Grupo de Gasto</i> | 84 |
| <i>Subclase/Subgrupo de Gasto</i> | 120 |
| <i>Producto/Gasto Básico</i> | 280 |
| <i>Variedad</i> | 441 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE). Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de <https://www.ine.gob.gt/estadisticas/bases-de-datos/indice-de-precios-al-consumidor/>, 2022.

El primer nivel, es decir, el nivel máximo de desagregación, corresponde al de variedad. El conjunto de variedades forma el nivel inmediato superior que es el gasto básico. Los gastos básicos a su vez estructuran los subgrupos. Los grupos están formados por subgrupos. Finalmente, los grupos conforman las agrupaciones, y éstos la división de gasto, que son los niveles que contienen la mayor agregación:

La presente investigación no pretende explicar la metodología de cálculo y la composición total del IPC por sus componentes a cada nivel. Sin embargo, es importante destacar que, las familias guatemaltecas promedio destinan sus gastos principalmente a 12 rubros. Como muestra el cuadro 4:

**Cuadro 4 Ponderaciones a nivel de división de gasto IPC. Base diciembre 2010
(porcentaje)**

| No. | División de Gasto | Base 2010 |
|-----|------------------------------------|-----------|
| 1 | Alimentos y bebidas no alcohólicas | 28.75 |
| 2 | Bebidas alcohólicas y tabaco | 0.28 |
| 3 | Prendas de vestir y calzado | 7.41 |
| 4 | Vivienda, agua, electricidad, gas | 12.61 |
| 5 | Muebles, artículos para el hogar | 5.43 |
| 6 | Salud | 4.22 |
| 7 | Transporte | 10.43 |
| 8 | Comunicaciones | 5.15 |
| 9 | Recreación y cultura | 5.62 |
| 10 | Educación | 3.72 |
| 11 | Restaurantes y hoteles | 9.24 |
| 12 | Bienes y servicios diversos | 7.16 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE). Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de <https://www.ine.gob.gt/estadisticas/bases-de-datos/indice-de-precios-al-consumidor/>, 2022.

Los principales rubros que aportan al cálculo del IPC son: Alimentos y bebidas alcohólicas (28.75%), Vivienda, agua, electricidad y gas (12.61%) seguidamente de Transporte (10.43%). Lo que respecta al precio de los combustibles, según el INE (2010), se deriva principalmente del comportamiento del precio internacional del petróleo, y la variabilidad de precios ha repercutido directa e indirectamente en el comportamiento de la inflación. En el IPC base diciembre 2010 los combustibles tienen una ponderación de 2.90%, ya que incluye la gasolina superior, la gasolina regular y el diésel. (p. 17)

Para la presente investigación es importante destacar que se tomará la recomendación del manual de cambio de base del IPC del INE en la cual sugiere utilizar la métrica para los futuros análisis sobre el comportamiento de la inflación.

CAPÍTULO III: MODELOS PARA EVALUAR EL EFECTO DE LOS CHOQUES DE PETRÓLEO EN LA INFLACIÓN

La relación entre los choques de petróleo y la inflación ha sido objeto de una vasta investigación empírica en la economía. A lo largo de los años, los economistas han aplicado varios métodos para desentrañar esta relación, y el modelo *Vector Autoregression* (VAR) se ha demostrado como un instrumento particularmente útil. En el siguiente apartado se expone algunos documentos de trabajo destacados de cómo los modelos VAR pueden contribuir al entendimiento de este fenómeno.

3. Estudios relevantes para la comprensión de los choques de petróleo y la inflación

Los modelos VAR han sido una herramienta crucial en la comprensión de las dinámicas económicas y financieras, incluyendo el impacto de los choques del precio del petróleo en la inflación. A continuación, se presentan documentos científicos que se han ocupado de este tema en algunos países desarrollados.

En "Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks", Ben Bernanke, Mark Gertler y Mark Watson (1997) abordaron la interacción entre los choques de precios del petróleo y la política monetaria. Mediante el uso de un modelo VAR estructural, demostraron que las respuestas de la política monetaria a los choques del petróleo han sido un factor contribuyente significativo a las fluctuaciones económicas. Su investigación sugiere que una política monetaria más flexible podría ayudar a amortiguar el impacto de los choques de petróleo en la economía.

Por su parte, Kilian (2009), en su trabajo "Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market" trata sobre cómo los diferentes tipos de choques de precios del petróleo afectan a la economía de los EE.UU. Kilian argumenta que los choques de la demanda y la oferta de petróleo tienen diferentes efectos en la economía, y usa un modelo VAR estructural para desentrañar estos efectos.

En particular, Kilian introduce tres tipos de choques de petróleo: choques de oferta de petróleo, choques de demanda agregada de petróleo y choques de demanda específica de petróleo. Sus resultados sugieren que los choques de demanda específicos del petróleo, que se refieren a los choques que afectan la demanda de petróleo por encima de la demanda agregada global, son el principal contribuyente a las fluctuaciones de los precios del petróleo. Kilian concluye que los modelos VAR son una herramienta esencial para separar y entender los diferentes tipos de choques de petróleo y sus efectos en la economía.

El trabajo de Hamilton (2003), ¿"What is an Oil Shock?", ofrece un enfoque innovador para definir y medir los choques de petróleo. Hamilton argumenta que los choques de petróleo no deben definirse simplemente como aumentos en el precio del petróleo, sino más bien como desviaciones del precio del petróleo que están fuera de lo que se esperaba basándose en la información histórica. Para poner a prueba su hipótesis, Hamilton usa un modelo VAR y descubre que su medida de los choques de petróleo es un mejor predictor de la actividad económica en comparación con las medidas tradicionales.

Hamilton también analiza los efectos de los choques de precios del petróleo en la inflación. Descubre que, aunque los choques de petróleo pueden tener un impacto significativo en la inflación en el corto plazo, este impacto tiende a disiparse con el tiempo. Este hallazgo tiene importantes implicaciones para la política monetaria, ya que sugiere que los bancos centrales no necesitan responder a los choques de petróleo ajustando las tasas de interés a menos que los choques tengan un efecto persistente sobre la inflación.

Cabe indicar que, ambos estudios, tanto Kilian (2009) como Hamilton (2003), resaltan la versatilidad y el poder de los modelos VAR para analizar los choques de petróleo. Estos modelos permiten a los investigadores desentrañar los complejos efectos de los choques de petróleo en la economía y proporcionar una visión más matizada de estos efectos en comparación con los métodos de análisis tradicionales.

Dado que las condiciones económicas no son estáticas, Blanchard y Gali (2007), en su trabajo "The Macroeconomic Effects of Oil Price Shocks: ¿Why are the 2000s so different from the 1970s?" utilizó un modelo VAR para explorar cómo han cambiado con el tiempo las respuestas de las economías a los choques del petróleo. Particularmente, notaron una disminución en la influencia del petróleo en la macroeconomía. A través del uso del modelo VAR, pudieron discernir que este cambio estaba parcialmente relacionado con mejoras en la eficiencia del uso del petróleo, avances en la política monetaria y cambios estructurales en la economía. Su análisis ilustra cómo los modelos VAR pueden captar los efectos dinámicos y las interdependencias entre variables a lo largo del tiempo, proporcionando un marco más completo para la comprensión de estos choques.

Por su parte, Peersman y Van Robays (2009) en su trabajo "Oil and the Euro Area Economy", utilizaron un modelo VAR para examinar el impacto de los choques de precios del petróleo en la inflación y el rendimiento económico en la zona euro. Sus resultados sugieren que los choques del precio del petróleo han tenido un efecto significativo en la inflación en la zona euro. La utilización del modelo VAR les permitió determinar la dirección, magnitud y persistencia de los efectos de los choques de precios del petróleo en la inflación. Este trabajo reitera la importancia de los modelos VAR para medir la respuesta de las variables macroeconómicas a los choques de precios del petróleo y su importancia en la política económica y monetaria.

Baumeister y Peersman (2013) en su documento "The Role of Time-Varying Price Elasticities in Accounting for Volatility Changes in the Crude Oil Market" exploran el papel de las elasticidades de precio en la contabilidad de los cambios de volatilidad en el mercado de petróleo. Utilizando un modelo VAR, sugieren que la variación en el tiempo de la elasticidad del precio de la demanda de petróleo crudo ha jugado un papel importante en las fluctuaciones del precio del petróleo. Este estudio subraya cómo los modelos VAR pueden adaptarse para analizar los cambios en la dinámica del mercado de petróleo a lo largo del tiempo.

Las investigaciones mencionadas anteriormente analizaron la economía de países desarrollados, a continuación, se describe los análisis de economías emergentes.

El estudio de Cunado y Perez de Gracia (2005) titulado "Oil Prices, Economic Activity and Inflation: Evidence for some Asian countries", proporciona una visión aún más específica del impacto de los choques de petróleo en las economías emergentes. Utilizando un modelo VAR, los autores concluyeron que, en algunos países emergentes asiáticos, los choques del petróleo tuvieron un impacto significativo en la inflación y en la actividad económica. Utilizando un enfoque basado en un modelo VAR, examinan las interacciones dinámicas entre estas variables durante un período de más de tres décadas, desde 1973 hasta 2004. Los autores consideran tanto los precios internacionales del petróleo como los precios internos del petróleo en cada país, lo que permite una comprensión más detallada de la influencia de los precios del petróleo en la economía de estos países.

El estudio de Cunado y De Gracia (2005) proporciona evidencia de que los choques de petróleo tienen un impacto significativo en la inflación y la producción en estos países. Aunque este impacto tiende a ser temporal, se observa cierta variación en los efectos entre los países. Esta variación parece reflejar las diferencias en la estructura económica y la dependencia del petróleo de cada país. Por ejemplo, en países con una mayor dependencia del petróleo para la producción de energía, los choques de precios del petróleo podrían tener un mayor impacto en la inflación y la producción.

La principal conclusión del estudio es que los modelos VAR pueden ser una herramienta efectiva para analizar la relación entre los precios del petróleo, la actividad económica y la inflación, especialmente en las economías emergentes. También enfatiza la importancia de considerar las diferencias entre los países en términos de su estructura económica y dependencia del petróleo. Por último, el estudio sugiere que los encargados de la formulación de políticas económicas en estas economías emergentes necesitan considerar las fluctuaciones de los precios del petróleo como un factor importante que puede afectar la inflación y la producción.

Callisperis & Martínez (2017) evaluaron por medio de un sVAR la causalidad entre la inflación respecto a la variación de los precios de la gasolina, encontrando evidencia que un incremento en los precios del combustible impacta principalmente al sector industrial de la economía, debido a que el sector incluye actividades como la generación de energía eléctrica y transporte.

Adicionalmente, indican que las respuestas de la inflación ante choques en los precios de los combustibles se originan en general en promedio durante los tres primeros meses posteriores al choque, con un posterior retorno a su trayectoria esperada en cero.

Por medio de un modelo de vector de corrección de errores (VEC) y un modelo estructural de vectores autorregresivos (sVAR), el impacto del alza de los precios de las gasolinas de distintos octanajes sobre los precios en México durante el período de 2002-2009, no generó inflación, aludiendo a tres factores principales que impidieron dicha propagación: Primero, reducido gasto de las familias en el rubro gasolina, combinado con la inelasticidad de la demanda de gasolina. Segundo, poco peso de la gasolina como insumo del proceso productivo; y, por último, la alta participación del gobierno federal en la fijación de los precios de las gasolinas casi independientemente del movimiento de los precios internacionales del petróleo (Cervantes et al., 2011).

En resumen, el uso de los modelos VAR ha permitido a los investigadores desentrañar la compleja dinámica entre los choques de petróleo y la inflación. Estos modelos han proporcionado una visión más matizada y sofisticada de cómo diferentes tipos de choques de petróleo pueden afectar la economía. La flexibilidad de los modelos VAR y su capacidad para acomodar múltiples variables endógenas los convierte en una herramienta valiosa para los economistas que buscan entender y prever los efectos de los choques de petróleo.

3.1. Evaluaciones realizadas para el caso de Guatemala

Por medio de la revisión literaria de fuentes afines, se recopila información sobre la relación de la variación de los precios internacionales del petróleo y sus efectos sobre Guatemala, se establece un marco para la realización de nuestra investigación

En el estudio de Iraheta et al. (2008), utilizaron tres metodologías econométricas sVAR, regresiones sucesivas y datos de panel. En este estudio, se estimó el impacto de los precios de los combustibles en la inflación general de los países miembros del CMCA: El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y República Dominicana durante el período de 1996 a 2007 (pp. 271-293).

En el estudio se concluye que, la inflación responde débilmente a cambios en los precios de los combustibles principalmente por la existencia de rigideces domésticas, asociadas con subsidios dirigidos principalmente al transporte, al gas licuado del petróleo y a la generación de energía eléctrica, además de la participación de algunos gobiernos promovida por el incremento de las tasas impositivas.

Una justificación de por qué la presente investigación no tomara en cuenta los choques por el lado de la demanda se fundamenta en el documento de Galindo (2015), donde concluye que “la gasolina es considerada un bien inelástico, en el caso de Guatemala, al ser muy difícil la sustitución de su consumo ante subidas inesperadas del precio del bien, donde con base en la evidencia empírica de 63 estudios distintos reportan un promedio para la elasticidad precio de la demanda a largo plazo de -0.44” (p. 8).

CAPITULO IV. MODELO ECONOMETRICO PARA DETERMINAR UN VAR ESTRUCTURAL.

En el campo de la econometría, la construcción de modelos econométricos VAR estructurales ha sido una herramienta utilizada para analizar las relaciones y dinámicas entre series temporales económicas. Estos modelos generalizan los modelos autorregresivos univariantes al introducir series temporales multivariadas.

Una regresión univariante es un modelo de una sola ecuación donde sus valores actuales se explican por sus valores rezagados, por consiguiente, un VAR es un modelo de n-variables y n-ecuaciones, que expresa cada variable como una función lineal de sus propios valores pasados, considerando los valores pasados de todas las demás variables y un término de error no correlacionado en serie.

Bajo estas premisas, los modelos VAR brindan un enfoque coherente y creíble para la descripción de datos, el pronóstico, la inferencia estructural y el análisis de políticas para poder realizar pronósticos de variables macroeconómicas y análisis de políticas.

Este capítulo tiene como objetivo presentar la metodología por pasos para elaborar un modelo sVAR, tomando como referencia la metodología propuesta por Sims (1980).

4. Especificación del modelo VAR

En primer lugar, es necesario especificar las variables endógenas⁷ que se incluirán en el modelo. Estas variables deben ser seleccionadas con cautela, teniendo en cuenta su relevancia teórica y la disponibilidad suficiente de los datos. la importancia de la

⁷ Una variable endógena es aquella cuyo valor está determinado por las relaciones establecidas dentro del modelo en el que está incluida. Una variable exógena, por el contrario, es aquella cuyo valor está determinado por factores externos al modelo en el que se incluyan.

especificación del modelo por medio de la selección lógica de variables ya que ellas mismas de por sí, no puede explicar el fenómeno analizado, como lo indica Sims (1980):

“La mayoría de los economistas estaría de acuerdo en que hay muchas variables macroeconómicas cuyas fluctuaciones cíclicas son de interés, y además estaría de acuerdo en que las fluctuaciones de estas series están interrelacionadas. Parecería seguir casi tautológicamente que los modelos estadísticos que involucran un gran número de variables macroeconómicas deberían ser el escenario dentro del cual las teorías macroeconómicas confrontan la realidad y, por lo tanto, entre sí. Sin embargo, aunque existen modelos macroeconómicos estadísticos a gran escala y, según algunos criterios, son exitosos, una profunda vena de escepticismo sobre el valor de estos modelos recorre esa parte de la profesión económica que no participa activamente en construirlos o usarlos. Todavía es raro que la investigación empírica en macroeconomía sea planificada y ejecutada dentro del marco de uno de los grandes modelos.” (pp. 1-3)

Siguiendo la propuesta por Sims (1980) para la especificación del modelo VAR, se describe la sugerencia de pasos fundamentales para especificar un modelo de este tipo.

4.1. Selección de variables endógenas

Como primer paso para la especificación de un modelo VAR es la selección de las variables endógenas que se incluirán en el modelo. Estas variables deben ser relevantes desde el punto de vista teórico y tener un impacto potencial en el fenómeno económico a investigar. Es esencial considerar cuidadosamente las relaciones económicas y la disponibilidad de datos al elegir estas variables.

4.1.1. Determinación del orden de rezago

Una vez seleccionadas las variables endógenas, se debe determinar el orden de rezago adecuado del modelo VAR. El orden de rezago especifica cuántos períodos anteriores se

deben incluir en el modelo para capturar la dependencia temporal de las variables. Este paso implica la realización de análisis exploratorios de datos, como la función de autocorrelación, para identificar la presencia de autocorrelación en las series temporales y seleccionar el orden de rezago óptimo.

Este paso implica la determinación de cuántos periodos de retraso (l) deberían ser incorporados en el modelo. La inclusión de demasiados retrasos puede llevar a problemas de multicolinealidad y a la sobreestimación de los parámetros del modelo. Por el contrario, la inclusión de muy pocos retrasos puede dar lugar a la omisión de información relevante. Por lo tanto, es esencial seleccionar un número apropiado de retrasos.

Para determinar el número óptimo de retrasos, generalmente se utilizan criterios de información como el Criterio de Información de Akaike (AIC) o el Criterio de Información Bayesiano (BIC). Ambos criterios buscan minimizar la cantidad de información perdida por el modelo. En otras palabras, buscan un equilibrio entre la bondad de ajuste del modelo y la complejidad de este. Específicamente, el AIC se centra en la verosimilitud del modelo y penaliza el exceso de parámetros, mientras que el BIC agrega una penalización más severa para los modelos con un mayor número de parámetros.

4.1.2. Evaluación de la estabilidad de las series

Una vez que se han recogido los datos, un paso fundamental en la construcción de cualquier modelo econométrico basado en series temporales es verificar la estabilidad de las series, también conocida como estacionariedad. En el contexto de los modelos VAR, la estacionariedad de las series temporales es crucial, ya que los modelos VAR están basados en la suposición de que las series son estacionarias.

La estacionariedad se refiere a la propiedad de una serie temporal de tener una media y una varianza constantes en el tiempo. En otras palabras, la estructura de los datos no cambia a lo largo del tiempo. Si una serie temporal no es estacionaria, puede presentar

una tendencia o una estacionalidad, lo que puede dar lugar a resultados engañosos en el análisis del modelo VAR.

Para evaluar la estacionariedad de las series, una herramienta comúnmente utilizada es la Prueba de Dickey-Fuller Aumentada (ADF). Esta prueba estadística examina la presencia de una raíz unitaria en una serie temporal, que es una indicación de no estacionariedad. La hipótesis nula de la prueba ADF es que la serie tiene una raíz unitaria (es decir, es no estacionaria), mientras que la hipótesis alternativa es que la serie no tiene una raíz unitaria (es decir, es estacionaria).

4.2. Estimación del modelo VAR y análisis de causalidad

Una vez especificado el modelo VAR, el siguiente paso es la estimación del modelo. Esto se puede hacer mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). En este proceso, los parámetros del modelo se estiman de tal manera que minimicen la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los valores pronosticados por el modelo. La estimación de los parámetros es un paso esencial para hacer inferencias económicas y estadísticas.

Además de la estimación del modelo, otro elemento crucial en el análisis de un modelo VAR es la prueba de causalidad de Granger. Este análisis examina si los valores pasados de una variable pueden ser útiles para predecir otra variable. En otras palabras, se busca entender si existe una "causalidad" en el sentido de Granger entre las variables. Es importante recordar que la causalidad de Granger no implica causalidad en el sentido estricto, pero puede proporcionar una idea de las relaciones dinámicas entre las variables.

La interpretación económica del modelo VAR estimado se basa tanto en los coeficientes del modelo como en los resultados de la prueba de causalidad de *Granger*. Los coeficientes del modelo indican el efecto directo de un cambio en una variable sobre la variable dependiente en el próximo periodo, mientras que la prueba de causalidad de

Granger puede proporcionar una idea de las relaciones de interdependencia entre las variables a lo largo del tiempo

4.3. Identificación de las relaciones estructurales

La identificación de las relaciones estructurales es un paso crítico en la construcción del modelo VAR estructural. Aquí, se pueden aplicar técnicas de descomposición de la varianza, como el método de Cholesky o el enfoque de la matriz de correlación. Estas técnicas permiten determinar la estructura causal entre las variables endógenas y establecer restricciones en el modelo VAR original.

Dicha identificación en un modelo VAR es fundamental para entender la causalidad entre las variables endógenas. No obstante, los modelos VAR estándar no proporcionan información directa sobre la estructura causal. Solo nos indican las correlaciones entre las variables.

La aplicación de técnicas de descomposición de la varianza es una de las formas más comunes de identificar estas relaciones causales. En particular, dos enfoques populares para la descomposición son el método de Cholesky y el enfoque de la matriz de correlación.

El método de Cholesky⁸ supone un cierto orden causal entre las variables basado en el orden en que aparecen en el sistema VAR. Se asume que la primera variable en el sistema no es afectada por ninguna de las variables que siguen, la segunda solo es afectada por la primera, y así sucesivamente. A partir de estas suposiciones, se realiza una descomposición de Cholesky de la matriz de covarianza de los errores para identificar

⁸ Descomposición de Cholesky es un procedimiento en álgebra lineal que descompone una matriz hermitica definida positiva en el producto de una matriz triangular inferior y su transpuesta. Es decir, si se tiene una matriz \mathbf{A} , esta puede ser descompuesta como $\mathbf{A} = \mathbf{L}\mathbf{L}^T$ donde \mathbf{L} es una matriz triangular inferior con entradas diagonales estrictamente positivas y \mathbf{L}^T representa la conjugada transpuesta de \mathbf{L} .

los efectos causales. Sin embargo, la principal limitación de este enfoque es que el orden de las variables importa, y los resultados pueden ser muy sensibles a este orden.

En contraposición, el enfoque de la matriz de correlación intenta identificar la estructura causal sin hacer suposiciones fuertes sobre el orden de las variables. Este enfoque involucra la descomposición de la matriz de correlación de los errores. El resultado es una serie de coeficientes que pueden ser interpretados como medidas de la influencia causal de una variable sobre otra.

Es importante destacar que ambos enfoques tienen limitaciones y sus resultados deben interpretarse con precaución. También es relevante señalar que hay otras técnicas de identificación que pueden ser utilizadas, como las restricciones de signo y las restricciones de cero.

4.4. Estimación del modelo VAR Estructural

Utilizando la matriz de relaciones estructurales obtenida en el paso anterior, se procede a estimar el modelo VAR estructural restringido. Se utilizan los mismos métodos de estimación mencionados en inciso 4.2 para obtener los coeficientes del modelo.

4.5. Análisis del modelo estimado

El análisis de la dinámica de un modelo VAR estructural implica entender cómo las distintas variables endógenas en el modelo reaccionan a choques en otras variables a lo largo del tiempo. Una herramienta común para llevar a cabo este análisis es la función de impulso-respuesta, que muestra cómo una variable responde a un choque unitario en otra variable, manteniendo constantes todos los demás choques.

Para obtener las funciones de impulso-respuesta, primero necesitamos identificar las relaciones estructurales en el modelo VAR. Como se mencionó anteriormente, esto a

menudo se logra a través de la descomposición de Cholesky o del enfoque de la matriz de correlación.

Una vez que tenemos las relaciones estructurales identificadas, podemos calcular las funciones de impulso-respuesta. Estas funciones nos muestran cómo una variable particular en el sistema responde a lo largo del tiempo a un choque en otra variable. De esta forma, podemos analizar tanto la magnitud como la duración de la respuesta a diferentes choques.

La interpretación de las funciones de impulso-respuesta puede dar una visión significativa de la dinámica del sistema. Por ejemplo, si observamos que una variable responde positivamente a un choque en otra variable y luego vuelve gradualmente a su nivel inicial, esto puede indicar una relación temporal positiva pero no permanente entre las dos variables.

Respecto a la interpretación de los coeficientes estimados del modelo sVAR, estos representan las relaciones de interdependencia temporal entre las variables endógenas. Cada coeficiente de un modelo VAR refleja el cambio esperado en una variable endógena debido a un cambio unitario en otra variable endógena en un período de tiempo anterior, manteniendo constantes las demás variables.

Por lo tanto, estos coeficientes pueden ser interpretados en términos de las relaciones económicas teóricas que representan. Por ejemplo, en un modelo VAR que incluye la producción y la inflación, un coeficiente positivo en la producción del período anterior en la ecuación de la inflación podría ser interpretado como evidencia de una curva de Phillips a corto plazo, que sugiere que un aumento en la producción en el período anterior puede llevar a un aumento en la inflación.

Es importante destacar que estos coeficientes deben interpretarse con cuidado, y siempre dentro del contexto de todo el modelo. Además, la significatividad estadística de los coeficientes es crucial, y deben realizarse las pruebas adecuadas para confirmarla.

4.6. Funciones Impulso - Respuesta

Las funciones de impulso-respuesta son una herramienta crucial en la metodología de los modelos VAR. Estas funciones permiten analizar cómo una variable dentro del sistema VAR responde a lo largo del tiempo a un choque o impulso en otra variable del sistema. En términos más concretos, una función de impulso-respuesta mide el efecto acumulativo de un choque de una desviación estándar en una de las variables sobre las variables actuales y futuras del sistema.

Una de las principales fortalezas de las funciones impulso-respuesta es su capacidad para capturar la dinámica de interacción entre las variables en el sistema VAR. Al observar las respuestas de las variables a diferentes choques, los investigadores pueden obtener una comprensión más profunda de las relaciones de interdependencia entre las variables.

En términos técnicos, el cálculo de las funciones impulso-respuesta generalmente implica la descomposición de Cholesky de la matriz de varianza-covarianza del error del modelo VAR. Para calcular las funciones de impulso-respuesta, dado que los residuos de un VAR son típicamente correlacionados, es necesario 'ortogonalizar' los choques para que se pueda interpretar un "choque de una unidad" en una variable en particular. Sin embargo, el orden en el que las variables son introducidas en el VAR afectará a la descomposición de Cholesky y, por tanto, a las funciones de impulso-respuesta resultantes. Debido a esto es importante para tener en cuenta al interpretar los resultados del análisis de impulso-respuesta el orden identificado en el modelo estructural.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LOS CHOQUES DEL PRECIO INTERNACIONAL DEL PETRÓLEO PARA GUATEMALA.

5. Análisis econométrico

El análisis econométrico es una herramienta fundamental en la investigación económica debido que permite cuantificar relación entre variables económicas. La principal ventaja de utilizar estas técnicas es identificar y cuantificar las relaciones causales entre variables, esto permite establecer relaciones causa-efecto para estimar predicciones más precisas sobre el comportamiento futuro.

El análisis de series de tiempo multivariadas ha sido un tópico importante aplicado en el estudio de fenómenos económicos durante las últimas tres décadas. Como lo indica (Enders 2014), este análisis se enfoca en capturar muchas relaciones dinámicas interesantes utilizando modelos de ecuaciones múltiples. A diferencia del análisis univariante, las técnicas multivariantes permiten analizar formalmente las interrelaciones entre dos o más variables.

5.1. Hipótesis y objetivos

Este estudio se propone determinar la razón económica por la cual los choques de precio de petróleo se transfieren de inmediato a la inflación en Guatemala. La hipótesis principal sugiere un comportamiento especulativo de oferta como la causa subyacente. Para probar esta hipótesis, se utiliza un modelo sVAR, que permita analizar la respuesta de la inflación guatemalteca a las fluctuaciones en los precios internacionales del petróleo y sus derivados utilizando herramientas como las funciones impulso respuesta. Este modelo también nos permitirá evaluar el impacto conjunto de estas variables sobre la inflación, de acuerdo con la teoría económica.

El modelo sVAR se seleccionó debido a su capacidad para analizar series temporales, permitiendo identificar las relaciones dinámicas entre las diferentes variables a lo largo del tiempo. Dicho esto, el modelo será de gran utilidad para describir cómo las fluctuaciones en los precios internacionales del petróleo afectan la inflación en Guatemala debido a que estas variaciones podrían generar nuevas condiciones económicas o modificar condiciones existentes, provocando cambios estructurales en el nivel general de precios, lo que a su vez puede afectar el crecimiento económico a largo plazo del país.

5.2. Selección de energéticos como variables independientes

El petróleo, por encima de otros *commodities*⁹, es un bien primordial y actualmente el más utilizado para la producción, debido a que, sus derivados energéticos se han convertido en el principal insumo para la mayoría de las actividades en una economía.

El precio del petróleo tiene un papel preponderante en la determinación de la inflación, una relación que se entiende en el marco de la teoría económica y se confirma empíricamente. Según el Fondo Monetario Internacional (2020), los incrementos en los precios del petróleo suelen traducirse en un aumento en el costo de vida y, por ende, en la inflación. Este incremento se produce porque el petróleo es un insumo esencial en muchas industrias y su encarecimiento implica un aumento de los costos de producción que, a menudo, se trasladan a los consumidores en forma de precios más elevados.

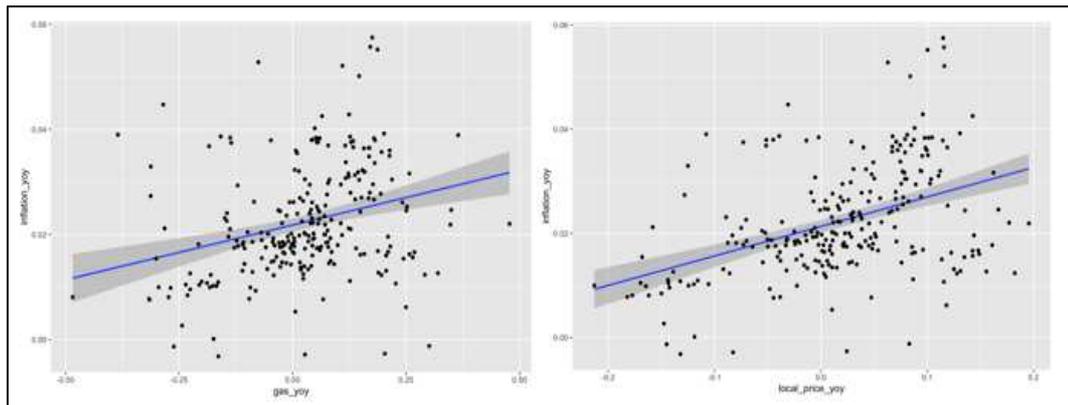
De esta manera, los cambios en los precios del petróleo pueden tener un efecto de "trickle down" en la economía, afectando la inflación a través de cambios en los costos de producción, transporte y combustibles como la gasolina. Esta relación subraya la importancia del precio del petróleo como un factor determinante en la inflación y la estabilidad económica a nivel mundial.

⁹ Nombre que se les da a la mayoría de las materias primas, aquellos materiales que su destino final es para uso comercial, y que tienen como principal característica, que no han sido procesados por lo que carecen de valor agregado, se encuentran sin alguna característica específica lo que lo hace homogénea frente a los diferentes ofertantes. Ejemplos de commodities: trigo, maíz, oro, plata, gas natural, platino, café, entre otros.

Por otra parte, para identificar la relación de corto plazo entre las variables consideradas, se realizó un modelo de regresión de mínimos cuadrados ordinarios (*LSR*, por sus siglas en inglés) para encontrar alguna relación estadísticamente significativa.

De la gráfica 4, se observa que las variables que mejor explican el comportamiento de la inflación es el precio del petróleo y el precio de los combustibles en el mercado local al observar que los coeficientes son estadísticamente significativos. Para evitar problemas de multicolinealidad se incluyó la variable del precio de la gasolina por tener alta correlación (casi perfecta) con el precio del petróleo.

Gráfica 4 Mínimos cuadrados ordinarios, relación positiva de las variables sobre la inflación



Fuente: elaboración propia en el programa R con datos del Instituto Nacional de Estadística (INE). Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de <https://www.ine.gob.gt/estadisticas/bases-de-datos/indice-de-precios-al-consumidor/>, 2022.

5.3. Selección, descripción y depuración de Variables

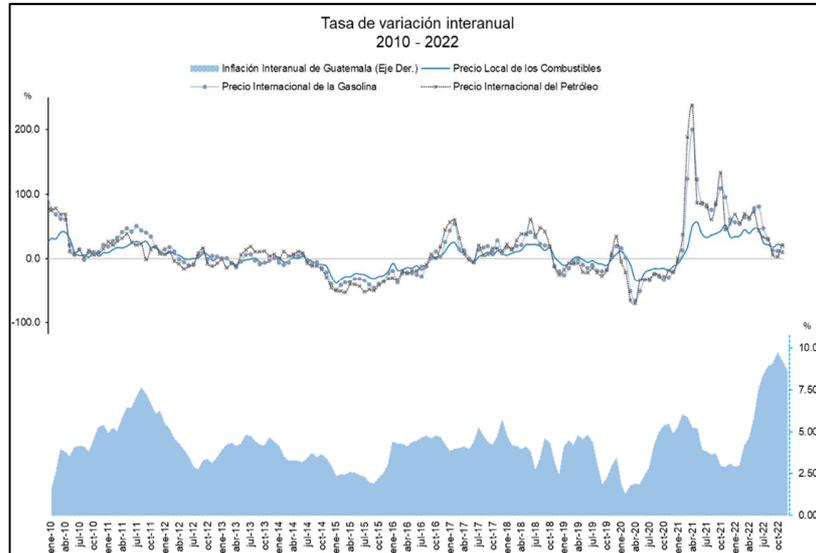
Se analizaron cuatro series de tiempo relevantes en términos interanuales: inflación, precio de combustibles, precio internacional de la gasolina y precio internacional del petróleo. La elección de variables interanuales en lugar de mensuales para un modelo VAR está motivada, en primer lugar, a que el uso de datos interanuales puede ayudar a

eliminar la estacionalidad, un problema común en series temporales que puede complicar la interpretación de los resultados. Debido a que las fluctuaciones mensuales pueden reflejar patrones estacionales o volatilidad de corto plazo más que tendencias económicas subyacentes de largo plazo, para la presente investigación, se utilizarán los datos interanuales, para minimizar los efectos del ruido blanco y las anomalías que a menudo ocurren en frecuencias de tiempo más cortas.

Cabe indicar que, un modelo VAR con datos mensuales necesitaría considerar más rezagos para capturar la dinámica de las variables a lo largo del tiempo, lo cual podría complicar el modelo y aumentar los requisitos computacionales.

La inflación es un indicador clave de la salud económica de un país, debido a que mide la tasa de cambio de los precios de los bienes y servicios en un período de tiempo determinado. El precio de combustibles es una medida importante de la economía local, por el impacto directo en los costos de producción y en los precios de mercado. El precio internacional de la gasolina y el precio internacional del petróleo son indicadores importantes de la industria energética global. Estos precios tienen un impacto significativo en la economía global y en la política energética de los países. A continuación, se presenta gráficamente las variables seleccionadas, además de incluir un análisis descriptivo sobre su comportamiento durante el rango temporal.

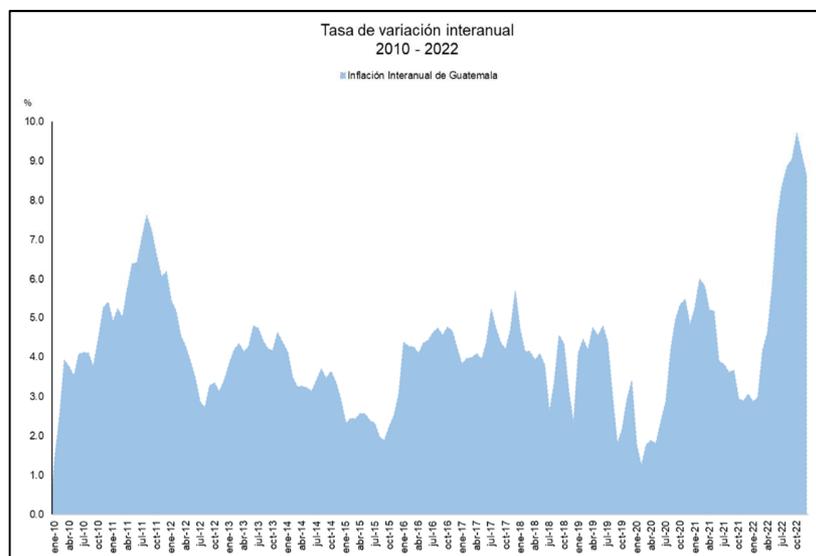
Gráfica 5 Variables seleccionadas (variación interanual)



Fuente: elaboración propia, empleando datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), Ministerio de Energía y Minas (MEM) y Mercantil Exchange of Chicago. Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de <https://mem.gob.gt/que-hacemos/hidrocarburos/comercializacion-downstream/precios-combustible-nacionales/>, 2022.

En la gráfica 5, se observa la información para la inflación se obtuvo del Instituto Nacional de Estadística de Guatemala (INE). Los precios al consumidor de los combustibles en el mercado local fueron obtenidos del Ministerio de Energía y Minas (MEM) como promedio indexado a diciembre del 2010, con información de precios observados de gasolina súper, gasolina regular y diésel. Por otra parte, el precio internacional del petróleo y de la gasolina fueron obtenidos del precio de cierre del contrato futuro del West Texas Intermediate (WTI) y del precio de cierre del contrato futuro "Reformulated Gasoline Blendstock for Oxygen Blending (RBOB), ambos cotizados en la bolsa de valores de Chicago.

Gráfica 6 Índice de precios al consumidor de Guatemala (variación interanual)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE) Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de Índice de precios al consumidor – Instituto Nacional de Estadística (ine.gob.gt), 2022.

Durante el período de 2010 a 2022, la inflación en Guatemala, como se observa en la gráfica 6 mostró un comportamiento variable y estuvo sujeta a diferentes factores económicos y eventos tanto internos como externos. En general, la economía guatemalteca experimentó un entorno de inflación moderada, con fluctuaciones que reflejaban las condiciones económicas y las políticas implementadas durante ese período.

En los primeros años de la década, después de la crisis financiera global de 2008, Guatemala enfrentó un entorno de inflación relativamente estable. Las políticas monetarias y fiscales prudentes ayudaron a mantener la inflación bajo control. Sin embargo, en algunos años se observaron aumentos puntuales en la inflación debido a factores como la volatilidad en los precios de los alimentos y los combustibles, así como eventos climáticos que afectaron la producción agrícola.

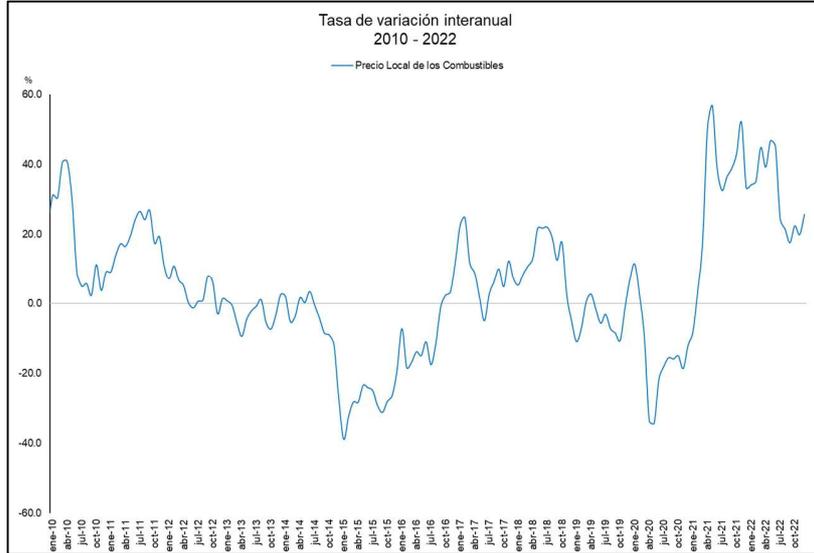
Durante el período analizado, también hubo momentos en los que la inflación en Guatemala se mantuvo por debajo de las expectativas. Esto se debió a la implementación

de políticas monetarias restrictivas y a un entorno económico más lento, lo que resultó en una demanda interna moderada.

Es importante mencionar que, en algunos años, Guatemala experimentó presiones inflacionarias derivadas de eventos externos. Por ejemplo, los cambios en los precios internacionales de los alimentos y los combustibles tuvieron un impacto directo en la inflación del país debido a su dependencia de las importaciones. Además, eventos climáticos adversos, como sequías o inundaciones, también influyeron en la disponibilidad y el costo de los alimentos, afectando así la inflación interna.

Cabe indicar que el Banco de Guatemala desempeñó un papel fundamental en el control de la inflación a través de la implementación de políticas monetarias adecuadas. La entidad supervisó de cerca los indicadores económicos y ajustó las tasas de interés y la liquidez en el sistema financiero para influir en las condiciones crediticias y mantener la inflación dentro de los límites deseados.

Gráfica 7 Índice de precio de los combustibles en el mercado guatemalteco (variación interanual)



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM). Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de <https://mem.gob.gt/que-hacemos/hidrocarburos/comercializacion-downstream/precios-combustible-nacionales/>, 2022.

Durante el período comprendido entre 2010 y 2022, el precio de los combustibles en Guatemala, como se muestra en la gráfica 7, experimentó fluctuaciones notables, influenciado en gran medida por los precios internacionales del petróleo y otros factores económicos globales. Es importante destacar que los precios de los combustibles en Guatemala, publicados por el Ministerio de Energía y Minas, están estrechamente vinculados al mercado internacional, ya que no se determinan en el mercado local debido a la baja elasticidad de la demanda.

En general, los precios internacionales del petróleo crudo fueron el principal factor que influyó en los precios de los combustibles en Guatemala durante este período. Cuando los precios del petróleo crudo subieron en el mercado internacional, los precios de los combustibles en Guatemala también tendieron a aumentar. Esto se debe a que

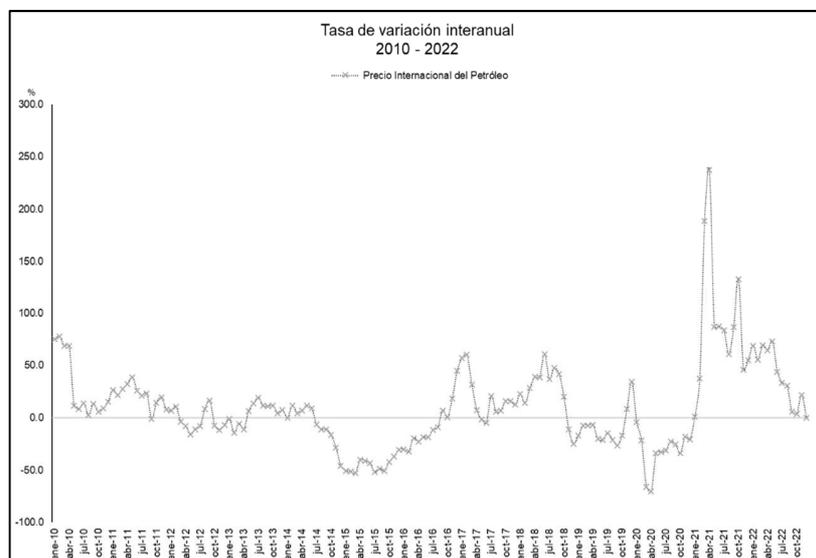
Guatemala es un importador neto de petróleo y depende en gran medida de las importaciones para satisfacer su demanda interna de combustibles.

La influencia del mercado internacional en los precios de los combustibles en Guatemala se debe a la falta de capacidad del país para establecer precios internos basados en la oferta y la demanda local. La elasticidad de la demanda de combustibles en Guatemala es baja, lo que significa que los cambios en los precios tienen un impacto limitado en la cantidad demandada. Como resultado, los precios internos de los combustibles están indexados principalmente a los precios internacionales del petróleo.

Durante este período de tiempo, se observaron fluctuaciones en los precios de los combustibles en Guatemala debido a varios factores, como la volatilidad en los precios internacionales del petróleo, los eventos geopolíticos y las políticas de producción de los principales países exportadores de petróleo. Los aumentos o disminuciones en los precios internacionales del petróleo crudo se reflejaron directamente en los precios de los combustibles en Guatemala.

Es importante tener en cuenta que los precios de los combustibles en Guatemala también están sujetos a impuestos y regulaciones gubernamentales que pueden afectar su nivel final. Sin embargo, la influencia del mercado internacional sigue siendo el factor dominante en la determinación de los precios de los combustibles en el país.

Gráfica 8 Precio internacional del petróleo WTI (variación interanual)



Fuente: Mercantil Exchange of Chicago. Consultado el 31 de diciembre de 2022. Recuperado de <https://mem.gob.gt/que-hacemos/hidrocarburos/comercializacion-downstream/precios-combustible-nacionales/>, 2022.

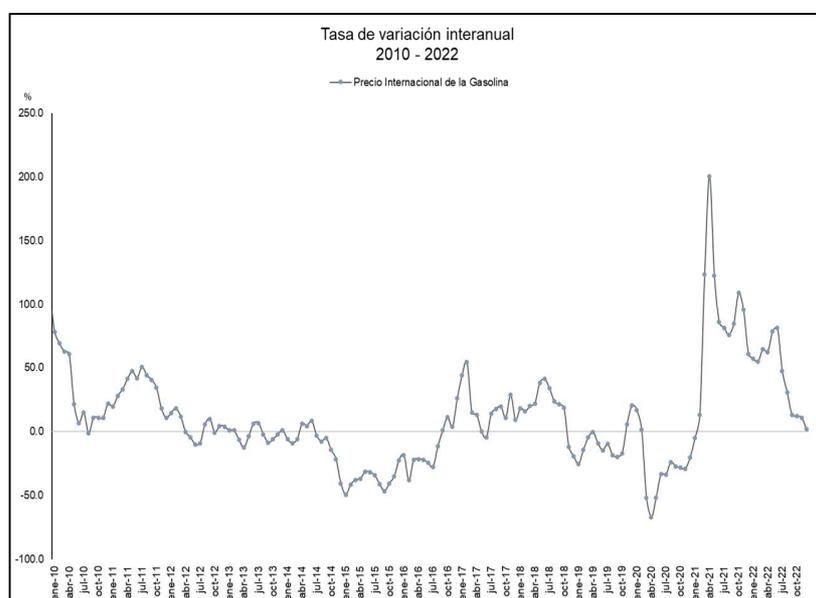
Como se observa en la gráfica 8, durante el período comprendido entre 2010 y 2022, el precio del petróleo WTI experimentó cambios significativos y eventos clave que impactaron el mercado energético a nivel global. Al inicio de la década, después de la crisis financiera de 2008, el precio del petróleo WTI se recuperó gradualmente debido a una combinación de factores, como la creciente demanda de los mercados emergentes y los recortes en la producción de la OPEC.

Sin embargo, en 2014, el mercado petrolero experimentó un cambio drástico cuando la sobreoferta y la producción masiva de petróleo de esquisto en los EE.UU. Unidos llevaron a una caída abrupta en los precios del petróleo. Esto desencadenó un período de volatilidad y un prolongado colapso de los precios que duró hasta 2016. A partir de entonces, el precio del petróleo WTI comenzó a recuperarse gradualmente a medida que los recortes de producción liderados por la OPEC y sus aliados redujeron el exceso de oferta y equilibraron el mercado. Sin embargo, en 2020, el mercado petrolero se vio

afectado por la pandemia de COVID-19, que generó una reducción significativa en la demanda global de petróleo debido a las restricciones de viaje y el cierre de industrias.

Como resultado, los precios del petróleo WTI cayeron a niveles históricamente bajos, llegando incluso a territorio negativo en abril de 2020. A medida que la economía global se recupera gradualmente, se observa una recuperación en el precio del petróleo WTI en los últimos años, aunque persisten ciertos desafíos y volatilidad en el mercado.

Gráfica 9 Precio internacional de la gasolina RBOB (variación interanual)



Fuente: Mercantil Exchange of Chicago. Consultado el 31 de diciembre de 2022.

Durante el período de 2010 a 2022, el precio internacional de la gasolina experimentó fluctuaciones significativas, como se observa en la gráfica 9, influenciado por diversos factores económicos y eventos geopolíticos. En particular, el mercado estadounidense desempeñó un papel clave en el comportamiento del precio, con una estrecha relación con los inventarios reportados por la Administración de Información de Energía (EIA, por sus siglas en inglés).

Desde principios de la década de 2010, el precio internacional de la gasolina mostró una tendencia general al alza debido a factores como la creciente demanda global, especialmente de economías emergentes, y tensiones geopolíticas en Oriente Medio y otras regiones productoras de petróleo. Sin embargo, a partir de mediados de 2014, el mercado petrolero experimentó una transformación significativa. La sobreoferta de petróleo y los altos niveles de inventarios, especialmente en los Estados Unidos, comenzaron a ejercer presión a la baja sobre los precios de la gasolina.

La producción de petróleo de esquisto en los Estados Unidos, impulsada por avances tecnológicos en la extracción, contribuyó a un aumento sustancial de la oferta en el mercado estadounidense. Esto llevó a un incremento en los inventarios de petróleo y productos derivados, incluyendo la gasolina, que fueron reportados por la EIA. La sobreoferta resultante ejerció una presión a la baja sobre los precios de la gasolina, beneficiando a los consumidores en los Estados Unidos, pero afectando a los países exportadores de petróleo.

En 2020, la pandemia de COVID-19 tuvo un impacto significativo en el mercado de la gasolina a nivel mundial. Las restricciones de movilidad y los cierres de industrias redujeron drásticamente la demanda de combustible, lo que llevó a una disminución histórica en los precios internacionales de la gasolina. Además, los inventarios de la EIA alcanzaron niveles récord debido a la falta de capacidad de almacenamiento y la disminución de la demanda.

A medida que la economía global se recupera gradualmente, se observa una recuperación en los precios internacionales de la gasolina en los últimos años. Sin embargo, los inventarios reportados por la EIA continúan siendo un factor crucial en el análisis del mercado estadounidense y su impacto en los precios internacionales de la gasolina. La gestión de los inventarios y las perspectivas de demanda siguen siendo elementos clave para tener en cuenta para comprender y pronosticar el comportamiento futuro de los precios de la gasolina.

5.4. Calibración del modelo

Con el fin de identificar relaciones a largo plazo, primero se utilizó el método *X11 ARIMA* para extraer el componente estacional de las series, luego se procedió a transformar las series por medio de logaritmos naturales con el fin de normalizar la distribución de los errores, así como, la varianza y la covarianza, en otras palabras, para evitar problemas de heteroscedasticidad; además de la facilidad de interpretar los resultados finales como un modelo *LOG-LOG*.

Siguiendo la metodología propuesta por (Sims, 1980). Para verificar la estacionariedad, se realizó una prueba de raíz unitaria *Augmented Dickey Fuller* con tendencia e intercepto a un nivel de significancia de 5% para cada una de las series. Los resultados, indican que las series de tiempo seleccionadas son estacionarias al no presentar raíz unitaria (véase anexo 1, página 81)¹⁰.

Tras constatar la estacionariedad de las series¹¹, es decir no existe relación entre el incremento de cada valor y el valor inmediato anterior, se concluye que es correcto buscar una relación a largo plazo de las variables descartando una relación espuria entre las variables. Adicionalmente, se analizó la estabilidad del modelo en su conjunto por medio de una prueba de raíces unitarias, concluyendo que el modelo no tiene raíces unitarias.

Una vez seleccionadas las variables a utilizar, se prosiguió a la selección de los rezagos en el modelo por medio de la prueba de criterio de rezagos de *Lüktphol* el número óptimo de rezagos según los criterios de información de *Akaike*, *Schwarz* y *Hannan Quinn*. (véase anexo 2, página 82). Determinando que un modelo con 2 rezagos sería lo óptimo

¹⁰ El *p-value* nos muestra la probabilidad obtener el resultado que hemos obtenido suponiendo que la hipótesis nula es cierta. Se suele decir que valores altos de p no permiten rechazar la hipótesis nula, mientras que valores bajos de p sí permiten rechazar la hipótesis nula.

¹¹ Series integradas de orden cero, I (0) Una serie estacionaria en términos generales, es cuando su valor medio es estable. Ejemplo: $y_t = y_{t-1} + u_t$ donde $u_t \sim N(a, s^2)$

para estimar el modelo VAR (2) con tres variables que evalúa la dinámica a corto plazo existente entre las series antes seleccionadas.

Para verificar cointegración, se realizó la prueba de *Johansen Cointegration Test* para descartar una relación espuria entre las variables (véase anexo 3, página 83). Se encontró que existe evidencia estadística para indicar que hay relaciones de cointegración en el modelo¹².

Para descartar autocorrelación de las variables con sus rezagos se analizó de forma gráfica los correlogramas, se constató que todos los correlogramas tienen correlaciones por debajo de los dos errores estándar (véase anexo 4, página 84). Asimismo, se realizó una prueba de *Jarque-Bera* para establecer que los residuos presentan una distribución normal y presentan homocedasticidad (véase anexo 5, página 85).

Por último, para constatar que realmente las variables analizadas son óptimas para explicar la inflación, se realizó la prueba de Causalidad de Granger (véase anexo 6, página 86). Los resultados indican que al menos tres variables son causales en el sentido de Granger lo que nos indica que las variables seleccionadas son estadísticamente mejores (con menos error) para explicar el comportamiento de la inflación que exclusivamente de sus propios rezagos.

¹² La teoría dicta que las variables son cointegradas *CI* (1,1) si existe un vector $\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m]^T$ (posiblemente no único) tal que $\beta^T x_t = \varepsilon_t$, en este caso $\beta^T x_t \neq \varepsilon_t$.

5.5. Descripción e identificación del modelo

En este apartado se describe el modelo a utilizar para cuantificar el impacto del precio internacional del petróleo y el precio local de los combustibles en Guatemala sobre el índice de precios del consumidor (IPC), por medio del modelo de vectores autorregresivos seleccionado anteriormente, con la finalidad de analizar si los cambios de los precios importados generan algún cambio significativo e inmediato sobre la inflación guatemalteca, durante el periodo de enero a 2001 a diciembre de 2022.

Siguiendo la metodología de (Sims, 1980), la idea general de plantear el modelo VAR de forma estructural, es identificar la matriz de efectos contemporáneos para aplicar restricciones necesarias y congruentes con la lógica económica que permitirán evaluar la hipótesis planteada.

Para estimar el modelo estructural, primero se plantea el modelo de forma reducida mediante la ecuación lineal de la inflación (1), la ecuación lineal de precios locales de los combustibles (2) y la ecuación lineal del precio de los combustibles que explican cada una de las variables en función de ella misma rezagada y las otras variables cruzadas con sus respectivos rezagos.

$$CPI_t = b_{10} + b_{12}COM_t + b_{13}OIL_t + \phi_{11}CPI_{t-1} + \phi_{12}COM_{t-1} + \phi_{13}OIL_{t-1} + \alpha_{17}CPI_{t-2} + \alpha_{18}COM_{t-2} + \alpha_{19}OIL_{t-2} + \gamma_1 Z_1 + \varepsilon_{1,t} \quad (1)$$

$$COM_t = b_{20} + b_{21}CPI_t + b_{23}OIL_t + \phi_{21}CPI_{t-1} + \phi_{22}COM_{t-1} + \phi_{23}OIL_{t-1} + \alpha_{27}CPI_{t-2} + \alpha_{28}COM_{t-2} + \alpha_{29}OIL_{t-2} + \gamma_2 Z_2 + \varepsilon_{2,t} \quad (2)$$

$$OIL_t = b_{30} + b_{31}CPI_t + b_{32}COM_t + \phi_{31}CPI_{t-1} + \phi_{32}OIL_{t-1} + \phi_{33}COM_{t-1} + \alpha_{37}CPI_{t-2} + \alpha_{38}OIL_{t-2} + \alpha_{39}COM_{t-2} + \gamma_3 Z_3 + \varepsilon_{3,t} \quad (3)$$

Donde, CPI_t es la métrica de inflación obtenida del Instituto Nacional de Estadística de Guatemala (INE). COM_t son los precios al consumidor de los combustibles en el mercado

local obtenidos del Ministerio de Energía y Minas (MEM). OIL_t , es el precio internacional del petróleo obtenido del precio de cierre mensual del contrato futuro del West Texas Intermediate (WTI).

En este sentido, la ecuación 1 modela y explica que el choque inesperado sobre OIL_t , en la forma de un valor no nulo en la innovación estructural de $\varepsilon_{3,t}$, afecta directamente a OIL_t , pero también incide sobre CPI_t y COM_t a través de la presencia de OIL_t como variable explicativa de las variables restantes. Lo mismo para las ecuaciones 2 y 3. Cabe indicar que, CPI_t, COM_t, OIL_t son variables estacionarias, y $\varepsilon_{1,t}, \varepsilon_{2,t}, \varepsilon_{3,t}$ son procesos de ruido blanco con media cero y varianzas $\sigma_{\varepsilon_{1,t}}^2, \sigma_{\varepsilon_{2,t}}^2, \sigma_{\varepsilon_{3,t}}^2$ y con covarianza Σ_u .

Con base a las ecuaciones (1), (2) y (3), con tres variables endógenas y asumiendo, por simplicidad, que no habrá choques externos (vector $z = 0$.), se plantea el siguiente modelo matricial VAR (1,2) en la ecuación (4), junto a su representación de forma compacta ecuación (5):

$$\begin{bmatrix} 1 & -b_{12} & -b_{13} \\ -b_{21} & 1 & -b_{23} \\ -b_{31} & -b_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} CPI_t \\ COM_t \\ OIL_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \\ b_{30} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \phi_{13} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \phi_{23} \\ \phi_{31} & \phi_{32} & \phi_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} CPI_{t-1} \\ COM_{t-1} \\ OIL_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \theta_{11} & \theta_{12} & \theta_{13} \\ \theta_{21} & \theta_{22} & \theta_{23} \\ \theta_{31} & \theta_{32} & \theta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} CPI_{t-2} \\ COM_{t-2} \\ OIL_{t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \varepsilon_{3,t} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$By_t = \Gamma_0 + \Phi_1 y_{t-1} + \Theta_2 y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (5)$$

En donde:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} & -b_{13} \\ -b_{21} & 1 & -b_{23} \\ -b_{31} & -b_{32} & 1 \end{bmatrix}$$

No obstante, el modelo mostrado en la ecuación (5) no se podrá estimar directamente debido a los efectos de retroalimentación de las variables contemporáneas; de este modo para estimarlo se eliminar dicho efecto. Para lograr esto, se multiplica por la inversa de B para obtener la forma reducida, como se observa en las ecuaciones (6) y (7).

$$B^{-1}By_t = B^{-1}\Gamma_0 + B^{-1}\Phi_1y_{t-1} + B^{-1}\Theta_2y_{t-2} + B^{-1}\varepsilon_t \quad (6)$$

$$Y_t = A_0 + A_1Y_{t-1} + A_2Y_{t-2} + u_t \quad (7)$$

En donde:

$$A_0 = B^{-1}\Gamma_0; A_1 = B^{-1}\Phi_1; A_2 = B^{-1}\Theta_2$$

$$u_t = B^{-1}\varepsilon_t \quad (8)$$

Con el modelo planteado de forma reducida, queda lo siguiente; Y_t es un vector columna que incluye las variables del modelo; especificando que el modelo VAR es de segundo orden, es decir, cada variable tendrá dos rezagos en cada ecuación por lo que $s = 2$. Recordando que u_t es el nuevo el vector innovaciones, representado en la ecuación (8), es decir, procesos sin autocorrelación, con $Var(u_t) = \Sigma_u$ constante.

Cabe indicar que, los elementos (i, j) en las matrices A_s ; $1 \leq s \leq 2$ cuantifican el efecto directo o parcial de un cambio porcentual en Y_j en el instante t sobre los valores numéricos de Y_i al cabo de s periodos, es decir, sobre el vector $Y_{i,t+s}$. La columna j de la matriz A_s mide el efecto que un cambio porcentual en Y_j en el instante t tiene sobre el vector Y_{t+s} . Cabe indicar que, el elemento i -ésimo en u_t es el componente de y_{it} que no puede ser previsto utilizando el pasado de las variables que integran el vector y_t .

Una vez estimado el modelo en su forma reducida (véase anexo 7, página 87) se prosigue con la identificación, para lo que se utiliza el procedimiento de descomposición de *Cholesky* (asumiendo cero restricciones en el largo plazo), de acuerdo con la metodología de Stock Watson (2001), la cual indica lo siguiente:

“Algunos choques no tienen efectos acumulativos a largo plazo sobre una o más de las variables endógenas aludiendo a la teoría económica de la neutralidad del dinero y la implicación de que las variables nominales no tienen efectos a largo plazo sobre las reales” (p.103).

Para implementar las restricciones a largo plazo, primero es necesario observar cómo se acumulan los efectos de los choques en función del tiempo para observar las relaciones causales entre las variables. Además, para que el modelo sea congruente con la teoría económica, es necesario agregar restricciones estructurales al modelo VAR reducido calculado previamente, y, por último, examinar el impacto que tendrán los choques individuales en otras variables.

Mencionado lo anterior, el objetivo de esta identificación es utilizar la teoría económica (en lugar de utilizar únicamente la descomposición de Cholesky *per se*) para recuperar las innovaciones estructurales (8) de los residuos $u_{1,t}$, $u_{2,t}$ y $u_{3,t}$.

De acuerdo con lo anterior, se asume que la inflación de Guatemala, por ser una variable de una economía pequeña, no tenga incidencia en los mercados internacionales, por lo tanto, no tendría incidencia sobre las variaciones del precio internacional de los productos energéticos considerados para el presente modelo. Asimismo, se espera que los precios locales de los combustibles tengan incidencia más directa con la inflación local por tratarse de un componente incluido en la cuantificación de esta.

Por último, se espera que el precio internacional del petróleo tenga incidencia positiva sobre ambas variables por tratarse de la materia prima para la fabricación de combustibles, además, de estar incluido de forma indirecta por medio del precio de los combustibles. En este caso, para identificar el modelo estructural a partir de las estimaciones del VAR restringido, es necesario imponer las restricciones¹³ al modelo estructural, ilustrado de la ecuación (9) en donde se identifican los choques sobre el modelo Var (1,2) por medio de sus componentes estocásticos:

$$\begin{bmatrix} u_{1,t} \\ u_{2,t} \\ u_{3,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\alpha_{12} & -\alpha_{13} \\ 0 & 1 & -\alpha_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \varepsilon_{3,t} \end{bmatrix} \quad (9)$$

¹³ Restricciones para aplicar en el modelo: $\frac{(n^2-n)}{2} = 3$

Cabe resaltar que la ecuación (9), se puede representar de forma lineal como la multiplicación de la matriz de los coeficientes alfa por la matriz de los errores, como se muestra en las ecuaciones (10), (11) y (12)

$$u_{1,t} = \varepsilon_{1,t} + \alpha_{12,t}\varepsilon_{2,t} + \alpha_{1,t}\varepsilon_{1,t} \quad (10)$$

$$u_{2,t} = \varepsilon_{2,t} + \alpha_{23,t}\varepsilon_{3,t} \quad (11)$$

$$u_{3,t} = \varepsilon_{3,t} \quad (12)$$

Con el modelo especificado e identificado se busca establecer los efectos que existen entre las variables antes mencionadas con la inflación de Guatemala durante el periodo establecido (véase anexo 8, página 88).

5.6. Discusión de resultados

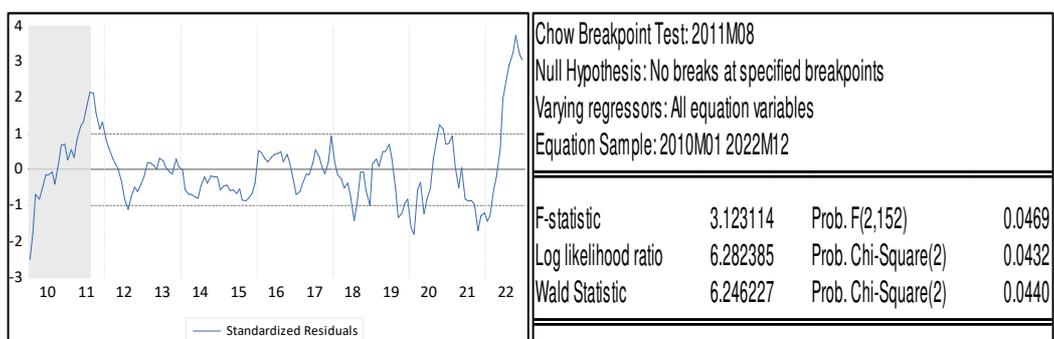
Para obtener un resultado preciso y confiable del modelo, es importante realizar tanto un análisis estático como uno dinámico de los datos. El análisis estático permite comprender la relación entre las variables en un momento específico, mientras que el análisis dinámico permite analizar cómo las variables interactúan a lo largo del tiempo. La combinación de ambos proporcionará una visión completa de la dinámica de las variables seleccionadas.

5.6.1. Análisis estático

Uno de los beneficios de utilizar un modelo VAR, es analizar las variables cruzadas como si se tratasen de múltiples modelos de mínimos cuadrados ordinarios (LSR) variable por variable (véase anexo 9, página 89). Cabe indicar que, al transformar las variables en logaritmos, las betas estimadas son una elasticidad.

No obstante, al analizar la estructura de los residuos de las variables regresoras se encontró evidencia estadística para confirmar presencia de cambios estructurales. En la gráfica 10 se observa de un punto de quiebre en el periodo comprendido del mes 1 de 2010 hasta el mes 8 de 2011 (zona sombreada). Aunque la probabilidad de cometer error tipo I es alta por la cercanía de la probabilidad de la *prueba F* con α ($0.0469 \cong 0.050$).

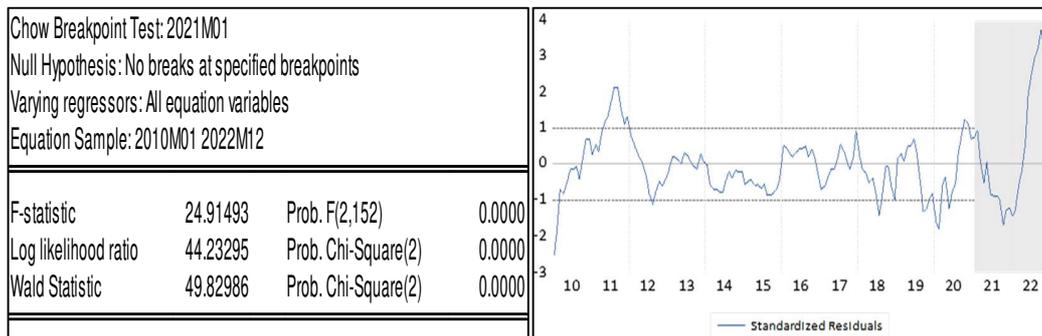
Gráfica 10 Prueba de quiebres estructurales de Chow. 2011M08.



Fuente: elaboración propia, utilizando R

En la gráfica 11 se observa de un punto de quiebre en el periodo comprendido del mes 1 de 2021 hasta el mes 12 de 2022 (zona sombreada). La probabilidad de la prueba F confirma que el quiebre estructural en esta temporalidad es estadísticamente significativa debido a que la probabilidad de cometer error tipo I es nula.

Gráfica 11 Prueba de quiebres estructurales de Chow. 2021M01



Fuente: elaboración propia, utilizando R

Para la interpretación del análisis econométrico, se incorporó variables dicótomas para categorizar los resultados como un comportamiento de las variables en “condiciones normales”, cuando las series de datos no son afectadas por incertidumbre y alta volatilidad en los mercados y “condiciones de riesgo” cuando si son afectadas por incertidumbre y alta volatilidad.

Cuadro 5 Resumen MCO: efectos de las variables independientes sobre la inflación en “condiciones normales”, negrita betas estimados

| Variables | Inflación | | | Petróleo |
|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Precio local | 0.045*** (0.007) | | | |
| Gasolina | | 0.015*** 0.004 | | 0.890*** 0.020 |
| Petróleo | | | 0.018*** 0.004 | |
| Constante | 0.058*** | 0.062*** | 0.060*** | 0.003 |
| Observaciones | 144 | 144 | 144 | 144 |
| R ² | 0.321 | 0.0256 | 0.279 | 0.891 |
| Ajustado_R ² | 0.316 | 0.0250 | 0.273 | 0.891 |
| Residual σ^2 . | 0.001 | 0.01 | 0.01 | 0.052 |
| F Estadístico | 59.434*** | 42.655*** | 48.036*** | 1021.059*** |
| Nota | | *p<0.1; | **p<0.05; | ***p<0.01 |

Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

El efecto directo, en “condiciones normales”, como se observa en el cuadro 5, medido por la beta correspondiente del modelo MCO individual de los efectos del precio internacional del petróleo sobre la inflación, indica de una relación positiva de la inflación aproximadamente en 0.018% cuando los precios internacionales de petróleo varían en 1.0%.

Por su parte, el efecto indirecto, medido conjuntamente las betas estimadas del modelo MCO individual de las variables del precio de la gasolina internacional, el petróleo internacional y precio los combustibles locales sobre la inflación, indica una relación positiva de la inflación aproximadamente en 0.078% cuando las variables conjuntas varían en 1.0%.

Cabe destacar los siguientes resultados, la elasticidad precio internacional del petróleo - inflación es de 0.018%, en tanto que la elasticidad precio internacional de la gasolina - inflación (0.018%). Asimismo, es importante mencionar la relación de los precios internacionales, debido a que, la gasolina es derivada del petróleo, la elasticidad precio internacional del petróleo sobre el precio internacional de la gasolina es prácticamente la unidad. A nivel local, se encontró que la incidencia de los precios locales de los combustibles sobre la inflación es de 0.045%, recordando que *ceteris paribus* aplica a todas las elasticidades anteriores.

Cuadro 6 Resumen MCO: efectos de las variables independientes sobre la inflación en “condiciones de riesgo”, negrita betas estimados

| Variables | Inflación | | | Petróleo |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Precio local | -0.019*** (0.002) | | | |
| Gasolina | | -0.021*** 0.003 | | 0.009* 0.015 |
| Petróleo | | | -0.020*** 0.002 | |
| Constante | 0.058*** | 0.062*** | 0.060*** | 0.003 |
| Observaciones | 144 | 144 | 144 | 144 |
| R ² | 0.321 | 0.0256 | 0.279 | 0.891 |
| Ajustado_R ² | 0.316 | 0.0250 | 0.273 | 0.891 |
| Residual σ^2 . | 0.001 | 0.01 | 0.01 | 0.052 |
| F Estadístico | 59.434*** | 42.655*** | 48.036*** | 1021.059*** |
| Nota | | *p<0.1; | **p<0.05; | ***p<0.01 |

Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

El efecto directo, en “condiciones de riesgo”, como se observa en el cuadro 6, medido por la beta correspondiente del modelo MCO individual de los efectos del precio internacional del petróleo sobre la inflación, indica de una relación negativa de la inflación

aproximadamente en 0.020% cuando los precios internacionales de petróleo varían en 1.0%. La razón podría explicarse debido a que, durante estos periodos, caracterizados por altos precios energéticos, los bancos centrales optan por mantener una postura restrictiva de su política monetaria para contener las presiones inflacionarias.

Por su parte, el efecto indirecto, medido conjuntamente las betas estimadas del modelo MCO individual de las variables del precio de la gasolina internacional, el petróleo internacional y precio los combustibles locales sobre la inflación, indica una relación positiva de la inflación aproximadamente en 0.060% cuando las variables conjuntas varían en 1.0%.

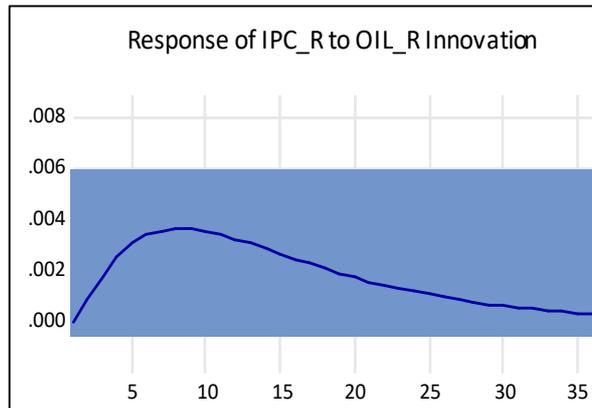
5.6.2. Análisis dinámico

Las funciones de impulso-respuesta son una herramienta crucial en la metodología de los modelos VAR. Estas funciones miden el efecto acumulativo de un choque de una desviación estándar en una de las variables sobre las variables actuales y futuras del sistema estimado.

Éstas se estiman a partir del modelo estimado sVAR (1,2) y muestran cómo se desvía la trayectoria del IPC influenciada con un choque en específico (véase anexo 10, página 90). Dentro de los principales resultados se encuentran los siguientes:

La respuesta de la inflación ante la perturbación de una desviación estándar del precio internacional del petróleo es positiva, estadísticamente significativa, alcanza su mayor efecto al noveno mes y se diluye en un horizonte de diecisiete meses, como se muestra en la gráfica 12.

Gráfica 12 Funciones Impulso Respuesta del modelo VAR: Respuesta de una variación estándar en el precio internacional del petróleo internacional sobre la inflación de Guatemala

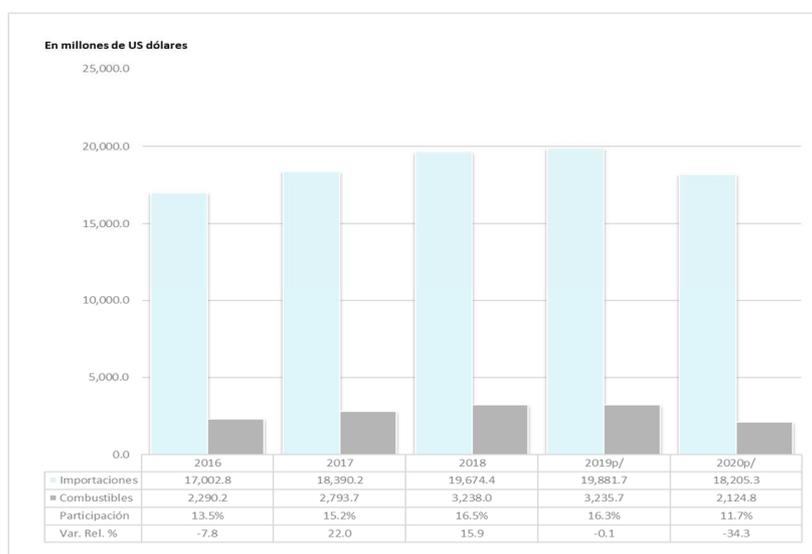


Fuente elaboración propia, empleando R, 2022.

Es importante destacar que, Guatemala no importa directamente petróleo, sino productos derivados del petróleo, como la gasolina o el diésel, materias primas utilizadas en la mayoría de los sectores productivos como un insumo energético indispensable para el desarrollo de sus actividades.

En la gráfica 13, se observa que las importaciones de dichos combustibles representan en promedio un 13% de las importaciones.

Gráfica 13 Comparativa del monto total de las importaciones vs importaciones de combustible en Guatemala, millones de dólares



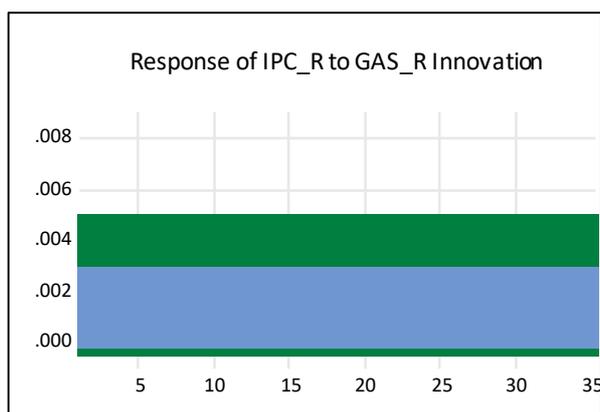
Fuente: Declaraciones únicas centroamericanas (DUCA) y Facturas y declaraciones únicas centroamericanas (FYDUCA) de importación, 2022.

Con lo expuesto en la gráfica 13, se permite enfocar el análisis hacia la respuesta de la inflación ante la perturbación de una desviación estándar en el precio internacional de la gasolina. Para esto, se utiliza una modificación al modelo inicial, realizando el procedimiento descrito de la ecuación 1 a la ecuación 9, al cambiar la variable de precio internacional de petróleo por el precio internacional de la gasolina, como se muestra en la ecuación 10:

$$\begin{bmatrix} 1 & -b_{12} & -b_{13} \\ -b_{21} & 1 & -b_{23} \\ -b_{31} & -b_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} CPI_t \\ COM_t \\ GAS_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \\ b_{30} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \phi_{13} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \phi_{23} \\ \phi_{31} & \phi_{32} & \phi_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} CPI_{t-1} \\ COM_{t-1} \\ GAS_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \theta_{11} & \theta_{12} & \theta_{13} \\ \theta_{21} & \theta_{22} & \theta_{23} \\ \theta_{31} & \theta_{32} & \theta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} CPI_{t-2} \\ COM_{t-2} \\ GAS_{t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \varepsilon_{3,t} \end{bmatrix} \quad (13)$$

El resultado de la modificación expuesta en la ecuación 13, permite establecer la función impulso-respuesta con una respuesta similar a la del petróleo, positiva, estadísticamente significativa, alcanza su mayor efecto al octavo mes y desaparece en un horizonte de quince meses, como se observa en la gráfica 14.

Gráfica 14 Funciones Impulso Respuesta del modelo VAR: Respuesta de una variación estándar en el precio internacional de la gasolina sobre la inflación de Guatemala



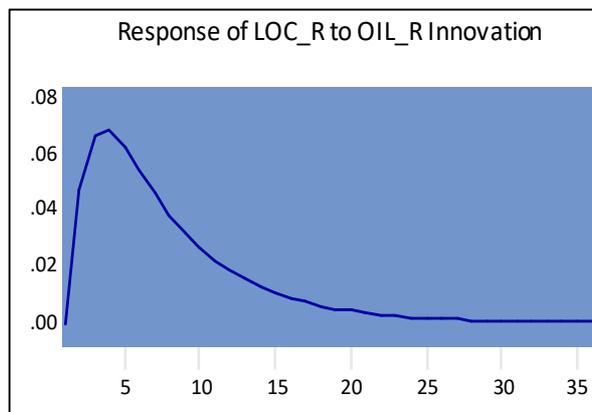
Fuente: elaboración propia, empleando R.

Sin embargo, debido a que Guatemala no importa directamente petróleo crudo, los efectos de las perturbaciones en el precio internacional del petróleo se ven reflejadas en la inflación guatemalteca por medio de los precios locales de los combustibles. Esto implica que los precios se ajustan de una forma más rápida sin considerar la estructura del mercado, que ralentiza dicha transferencia.

Tomando en cuenta la estructura del mercado de los bienes físicos, los tiempos de entregas se espera que los precios en el mercado local se ajustan conforme a la temporalidad de la cadena de suministro. Esto se refleja en la gráfica 18, en la cual se observa que la respuesta de los precios locales de los combustibles ante una perturbación de una desviación estándar en el precio internacional del petróleo reacciona progresivamente y alcanza su máximo a los cuatro meses para luego retornar a su tendencia natural en un periodo de nueve meses.

La especulación se evidencia al comparar las funciones impulso-respuesta de las gráficas 12 y 14, con la gráfica 15, donde se evidencia una reacción más prominente de los precios locales de los combustibles por los precios internacionales.

Gráfica 15 Funciones Impulso Respuesta del modelo VAR: Respuesta de una variación estándar en el precio internacional del petróleo sobre el precio de los combustibles en Guatemala



Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

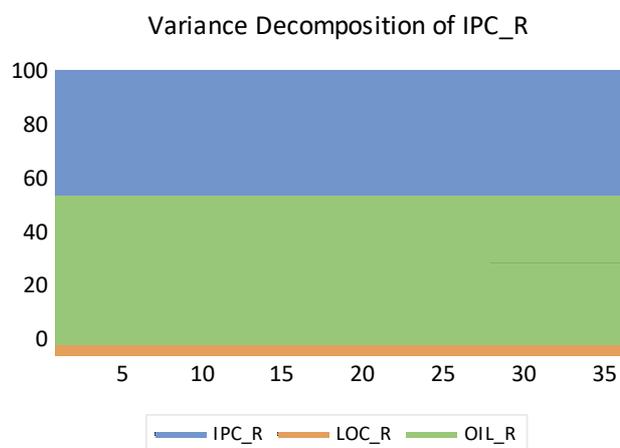
Con lo expuesto anteriormente, se considera que el efecto “*overshooting*” sobre los precios de los combustibles a nivel local tiene una respuesta más inmediata a comparación de la inflación.

Esto se puede observar con la descomposición de la varianza del error de predicción, que explica el porcentaje de error cometido al pronosticar una variable a lo largo del tiempo debido a un choque específico. En otras palabras, ¿cuánto de la variabilidad en la variable dependiente se explica por sus propios choques frente a los choques en las otras variables del sistema?

En la gráfica 16, se observa que la varianza del error de predicción del IPC se debe a su totalidad por choques de sus propios rezagos y en el largo plazo disminuye aproximadamente a 75%. En la medida que el tiempo transcurre, el precio internacional

del petróleo toma relevancia estadística sobre dicha varianza al explicar hasta un 50% en el largo plazo. En este sentido, se demuestra que los choques del precio internacional del petróleo estadísticamente no deberían contribuir inmediatamente a la variación de la inflación en el corto plazo.

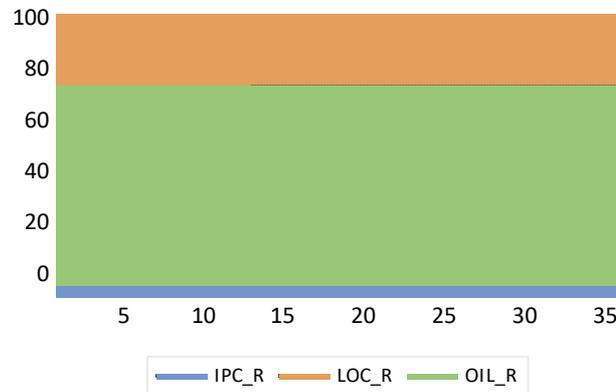
Gráfica 16 Descomposición de la varianza de la inflación en Guatemala (porcentaje)



Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022

Caso contrario, en la gráfica 17, se observa que la varianza del error de predicción del precio de los combustibles decae abruptamente en el corto plazo en tanto que la relevancia estadística de los choques del precio del petróleo aumenta hasta un 80% en el largo plazo.

Gráfica 17 Descomposición del error de predicción de la varianza de los combustibles en Guatemala (porcentaje)



Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022

5.7. Evaluación de hipótesis: Demostración por contradicción

Luego del análisis previo, se da por rechazada la hipótesis que plantea que el motivo por el cual los choques de los precios internacionales del petróleo se ven reflejados inmediatamente en la inflación guatemalteca es especulativo; debido a que el efecto de los choques del precio internacional del petróleo sobre la inflación es menos errático de cómo reaccionan los precios de los combustibles a nivel local atribuido teóricamente como un efecto inflacionario de primera ronda dada la importancia de los combustibles como insumo directo sobre otros. Esto se demuestra al observar la divergencia entre el comportamiento de las funciones impulso-respuesta de la inflación en comparación al comportamiento de los combustibles a nivel local ante los choques de los precios internacionales del petróleo. El motivo especulativo queda descartado al momento en que la inflación general reacciona en menor medida que el precio de los combustibles.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó el fenómeno de transmisión de precios por medio de un modelo estructural de vectores autorregresivos (sVAR) para demostrar que, en condiciones normales, la hipótesis de que el aumento de los precios internacionales del petróleo causa inflación en Guatemala, por efectos de primera vuelta y no por efectos especulativos como se planteó. El análisis del modelo sugerido llevó a la conclusión de que las variables no actúan conforme a la teoría en épocas designadas como recesiones, momentos marcados por la incertidumbre y una volatilidad del mercado notoria. En el contexto de este modelo, se observó que las variables pierden su relevancia estadística. Por lo tanto, se utilizaron variables dicótomas para prevenir inconvenientes de relevancia estadística.
2. En condiciones económicas normales, la variación del precio internacional del petróleo tiene efectos estadísticamente significativos, sobre la inflación de Guatemala, aunque su magnitud es moderada. Esto se refleja en la gráfica número 12 (ver página 69), en la cual se observa la función impulso-respuesta de una variación estándar en el precio internacional del petróleo sobre la inflación de Guatemala, donde se visualiza el aumento, que alcanza su máximo efecto al noveno mes para luego retornar gradualmente a su estado estacionario al décimo octavo mes.
3. Factores de mercado, como las cadenas de distribución, tasas impositivas y márgenes de ganancia sobre el precio de los combustibles a nivel nacional retrasan el efecto de segunda vuelta de las variaciones del precio internacional sobre la inflación. Ejemplificando lo anterior, algunos gravámenes absolutos hacen que una proporción del precio local no varíe conforme el comportamiento del precio internacional, entonces la magnitud esperada del choque se vuelve menor en el mercado local.

RECOMENDACIONES

1. Se aconseja la utilización de modelos sVAR, para la realización de futuras investigaciones que requieran determinar la temporalidad con la que se transmiten los choques de los precios internacionales sobre las variables guatemaltecas.
2. Se sugiere modelar los efectos de los choques de precios internacionales, en condiciones normales, para fundamentar el diseño de políticas energéticas, principalmente para la determinación óptima de los gravámenes o subsidios que influyan en los precios de los combustibles.
3. Se propone utilizar un índice de precios que emplee una metodología dinámica donde se recalculen las ponderaciones periódicamente para recolectar de una forma más completa los efectos de demanda no captados ante la variación de los precios internacionales.
4. Para evaluar los efectos de largo plazo, se plantea usar modelos de equilibrio general estocástico dinámico para explicar y predecir los comovimientos de las series temporales a lo largo del ciclo económico, para realizar el análisis de políticas, factor no considerado dentro la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali Ahmed, H. J., & Wadud, M. (2011). Role of oil price shocks on macroeconomic activities: An SVAR approach to the Malaysian economy and monetary responses. *ELSEVIER*, 39(12), 8062–8069. <https://cutt.ly/l7lY5D0>
- Alom, F., Ward, B. D., & Hu, B. (2013). Macroeconomic effects of world oil and food price shocks in Asia and Pacific economies: application of SVAR models. *Wiley Online Library*, 37(3), 327–372. <https://cutt.ly/l7lUilW>
- Bachmeier, L. (2008). Monetary policy and the transmission of oil shocks. *ELSEVIER*, 30(4), 1738–1755. <https://cutt.ly/l7lUgBh>
- Barsky, R. B., & Kilian, L. (2001). Do We Really Know that Oil Caused the Great Stagflation? A Monetary Alternative. *NBER/Macroeconomics Annual*, 16(8389). <https://doi.org/10.3386/w8389>
- Baumeister, C., & Peersman, G. (2013). "The Role of Time-Varying Price Elasticities in Accounting for Volatility Changes in the Crude Oil Market". *Journal of Applied Econometrics*, 28(7), 1087-1109.
- Bernanke, B. S., Gertler, M., & Watson, M. (1977). Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks. *Brookings Papers on Economic Activity*. <https://cutt.ly/E7lUjOP>
- Blanchard, O. J., & Gali, J. (2007). "The Macroeconomic Effects of Oil Price Shocks: Why are the 2000s so different from the 1970s?". NBER Working Paper No. 13368.
- Britannica, T. E. of E. (2023). Ida Tarbell. In *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/biography/Ida-Tarbell>
- Brown, S. P. A., & Yücel, M. K. (2002). Energy prices and aggregate economic activity: an interpretative survey, *The Quarterly Review of Economics and Finance*,. *ELSEVIER*, 42(2), 193–208. <https://cutt.ly/07lUloO>
- Callisperis, E. A., & Martínez, J. A. (2017). *Políticas de precio en el sector hidrocarburífero*. <https://cutt.ly/y7lUbgU>
- Cervantes, M., López Sarabia, P., & Montiel Alejo, J. (2011). Impacto económico del aumento en el precio de la gasolina en México: un análisis de cointegración

y vectores autorregresivos. *Estocástica: Finanzas y Riesgos*, 1(2), 63–93. <http://estocastica.azc.uam.mx/index.php/re/article/view/53/50>

Consejo Monetario Centroamericano. (2008). *Impacto del Incremento de los Precios del Petróleo y de los Combustibles en del Petróleo y de los Combustibles en la Inflación de Centroamérica y República Dominicana*. <https://cutt.ly/r7IUWTE>

Cunado, J., & Perez de Gracia, F. (2005). "Oil Prices, Economic Activity and Inflation: Evidence for some Asian countries". *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 45(1), 65-83.

Crynes, B., Albright, L. F., & Tan, L.-F. (2003). Thermal Cracking. In *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (pp. 613–626). <https://cutt.ly/l7IIOMp>

Díaz, E. (2020). *La evolución del petróleo y su panorama actual*. <https://www.ig.com/es/ideas-de-trading-y-noticias/historia-del-petroleo>

Dornbusch, R., Fischer, S., & Startz, R. (2009). *Macroeconomía* (J. Mares Chacón (ed.); Décima). McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. <https://cutt.ly/F7IUUe4>

Enders, W. (2015). *Applied Econometric Time Series* (Cuarta).

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (A. Monroy & J. Cortés (eds.); Quinta). <https://fvela.files.wordpress.com/2012/10/econometria-damodar-n-gujarati-5ta-ed.pdf>

Ley del impuesto a la distribución de petróleo crudo y combustibles derivados del petróleo, Pub. L. No. Decreto número 38-92, 14 (1992). <https://www.minfin.gob.gt/images/archivos/leyes/tesoreria/Decretos/DECRETO DEL CONGRESO 38-92.pdf>

Fondo Monetario Internacional (FMI). (2006). *Manual del índice de precios al consumidor Teoría y práctica* (OIT, FMI, OCDE, O. E. de las C. Europeas, O. de las N. Unidas, & B. Mundial (eds.)). <https://cutt.ly/37IUDoO>

Fondo Monetario Internacional (FMI). (2020) *World Economic Outlook, April 2020*. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/04/14/weo-april-2020>

- Furceri, D., Loungani, P., & Zdzienicka, A. (2016). The Effects of Monetary Policy Shocks on Inequality. *Working Paper*, 2(245), 43. <https://doi.org/9781475563092/1018-5941>
- Galindo, L. M., Samaniego, J. L., Alatorre, J. E., Carbonell, J. F., & Reyes, O. (2015). Meta-análisis de las elasticidades ingreso y precio de la demanda de gasolina: implicaciones de política pública para América Latina. *REVISTA CEPAL*, 117, 8–25. <https://cutt.ly/Q7IUkpl>
- Hamilton, J. D. (1983). Oil and the Macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*, 91(2), 228–248. <https://www.jstor.org/stable/1832055>
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2010). *Índice de Precios al Consumidor*. Departamento de Estadísticas Continuas. <https://cutt.ly/k7IUXjr>
- Iraheta, J. M., Blanco, C. M., & Medina, M. Á. (2008). modelos macroeconómicos de la banca central: Centroamérica y República Dominicana. In *Transmisión de inflación entre los países miembros del Consejo Monetario Centroamericano* (Primera, pp. 271–293). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://cutt.ly/v7IUMTD>
- Kilian, L. (2009). "Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market". *American Economic Review*, 99(3), 1053-1069.
- Kesicki, F. (2010). The Third Oil Price Surge—What's Different This Time? *International Energy Agency (IEA)*, 38(3), 1596–1606. <https://cutt.ly/b7IU2k5>
- Landmarks, A. C. S. N. H. C. (2009). *Development of the Pennsylvania Oil Industry*. <https://cutt.ly/27IU70m>
- Lanteri, L. N. (2014). Determinantes de los precios reales del petróleo y su impacto sobre las principales variables macroeconómicas: eu, España, Noruega y Argentina. *Economía: Teoría y Práctica • Nueva Época*, 41(2448–7481), 1–26. <https://www.scielo.org.mx/pdf/etp/n41/n41a3.pdf>
- Mankiw, G. (2014). *Macroeconomía* (S. A. Antoni Bosch editor (ed.); Octava). Worth Publishers. <https://doi.org/978-84-95348-94-4>
- Marte, O. F., & Villanueva, B. (2007). Los precios internacionales del petróleo, el PIB real y los precios en la economía dominicana. *ciencia y sociedad*,

XXXII(2), 190–216. <https://www.redalyc.org/pdf/870/87032205.pdf>

McLeroy, P. G., Atwater, G., & Riva, J. (2023). Petroleum. In *Britannica* (p. 1). <https://www.britannica.com/science/petroleum>

MEM. (2007). *Exploración y explotación petrolera en Guatemala*. <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/1.-Año-2007-Numero-1-Historia.pdf>

OPEC. (2022). *OPEC share of world Crude Oil Reserves, 2021*. <https://cutt.ly/97llw9v>

OPEC. (2023). *Brief History*. <https://cutt.ly/i7lltzz>

Parry, I. W. H., & Small, K. A. (2005). Does Britain or the United States Have the Right Gasoline Tax? *AMERICAN ECONOMIC REVIEW*, 95(4), 1276–1289. <https://doi.org/10.1257/0002828054825510>

Peersman, G., & Van Robays, I. (2009). "Oil and the Euro Area Economy". *Economic Policy*, 24(60), 603-651.

Rodríguez, H. Y. (2011). Estudio del fenómeno de inflación importada vía precios del petróleo y su aplicación al caso colombiano mediante el uso de modelos var para el período 2000-2009. *Estudios Generales*, 27(121), 79–97. <http://www.scielo.org.co/pdf/eg/v27n121/v27n121a05.pdf>

Ruiz, J. (2004). *Una valoración de la evolución reciente del precio del petróleo*. <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/InformesBoletinesRevistas/BoletinEconomico/04/Fich/be0412-art1.pdf>

Smil, V. (2017). *Energy and Civilization a history/Vaclav Smil* (V. Smil (ed.); Energy in). Massachusetts Institute of Technology. <https://cutt.ly/M7lltd6>

STATISTICS, U. S. B. O. L. (2023). *HandBook of Methods*. <https://www.bls.gov/opub/hom/cpi/calculation.htm#estimation-of-price-change-in-the-consumer-price-index>

Stock, J. H., & Watson, M. W. (2001). Vector Autoregressions. *Journal of Economic Perspective*, 15(4), 101–115. <https://cutt.ly/17llgE3>

Taghizadeh-Hesary, F., Yoshino, N., Hossein Abadi, M. M., & Farboudmanesh, R. (2015). *The Response of Macro Variables of Emerging and Developed Oil Importers to Oil Price Movements*. 529, 1–15. <https://cutt.ly/17llkK4>

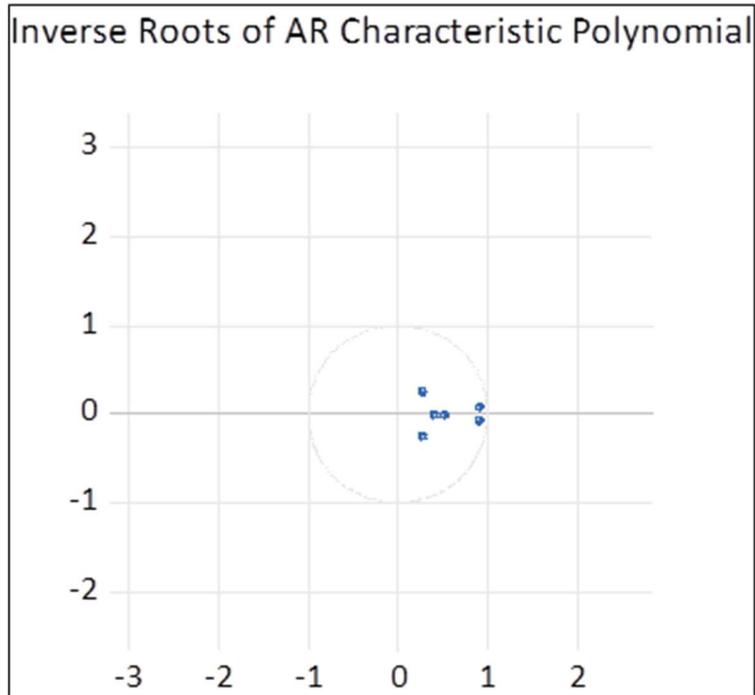
U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS, D. of C. P. and P. I. (2023). *Consumer Price Index*. <https://www.bls.gov/cpi/>

Wells, B. A. W. and K. . (2022). *History of the 42-Gallon Oil Barrel*. <https://cutt.ly/571lbm6>

Wiley. (1984). Testing for the Effects of Oil-Price Rises using Vector Autoregressions. *International Economic Review*, 25(2), 459–484. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2526209>

ANEXOS

Anexo 1 Prueba de raíz unitaria para las variables



Elaboración propia, empleando R, 2022.

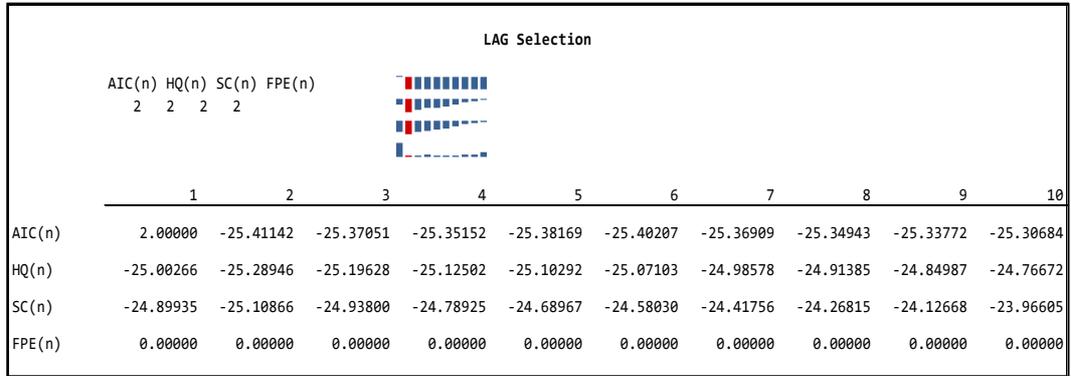
Anexo 2 Prueba de cointegración de Johansen

| |
|--|
| Sample: 2010M01 2022M12 |
| Lags interval (in first differences): 1 to 2 |
| Endogenous variables: IPC_R LOC_R OIL_R |
| Deterministic assumptions: Case 3 (Johansen-Hendry-Juselius): Cointegrating relationship includes a constant. Short-run dynamics include a constant. |

| Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace) | | | | |
|---|------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| Hypothesized No. of CE(s) | Eigenvalue | Trace Statistic | 0.05 Critical Value | Prob.** Critical Value |
| None * | 0.107568 | 41.88358 | 29.79707 | 0.0013 |
| At most 1 | 0.038673 | 14.68421 | 15.49471 | 0.0660 |
| At most 2 * | 0.021759 | 5.257768 | 3.841465 | 0.0218 |
| Trace test indicates 1 cointegrating equation(s) at the 0.05 level | | | | |
| * denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level | | | | |
| **MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values | | | | |
| Unrestricted Cointegration Rank Test (Max-eigenvalue) | | | | |
| Hypothesized No. of CE(s) | Eigenvalue | Max-Eigen Statistic | 0.05 Critical Value | Prob.** Critical Value |
| None * | 0.107568 | 27.19937 | 21.13162 | 0.0062 |
| At most 1 | 0.038673 | 9.426437 | 14.26460 | 0.2524 |
| At most 2 * | 0.021759 | 5.257768 | 3.841465 | 0.0218 |
| Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating equation(s) at the 0.05 level | | | | |
| * denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level | | | | |
| **MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values | | | | |

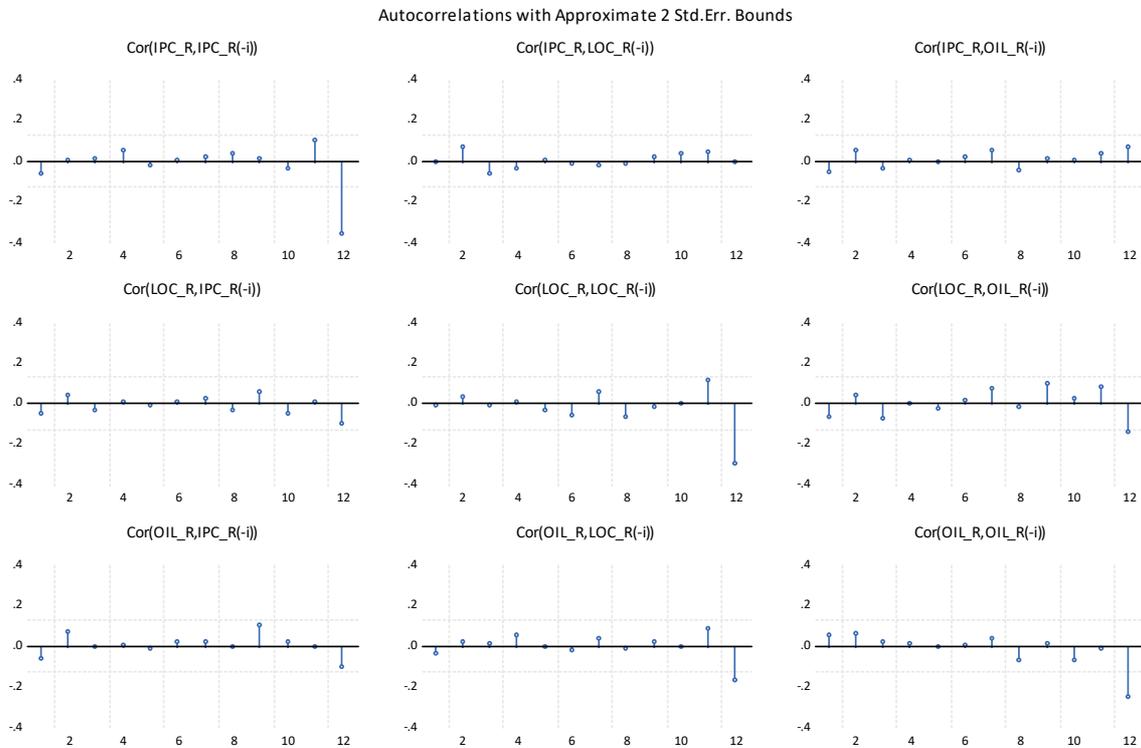
Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

Anexo 3 Criterios de información de Akaike, Schwarz y Hannan Quinn para selección de rezago del modelo



Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

Anexo 4 Correlogramas, autocorrelaciones dentro una banda de dos desviaciones estándar



Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

Anexo 5 Test de Causalidad de Granger

```
Granger Causality

Granger causality H0: Petroleo do not Granger-cause Inflacion Combustibles
data: VAR object reduced3
F-Test = 72.346, df1 = 4, df2 = 729, p-value < 2.2e-16

$Instant

H0: No instantaneous causality between: Petroleo and Inflacion Combustibles
data: VAR object reduced3
Chi-squared = 21.224, df = 2, p-value = 2.462e-05
```

Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

Anexo 6 Prueba de normalidad de los residuos de Jarque-Bera

```
Normality Test

JB-Test (multivariate)

data: Residuals of VAR object reduced3
Chi-squared = 290.62, df = 6, p-value < 2.2e-16

$Skewness

Skewness only (multivariate)

data: Residuals of VAR object reduced3
Chi-squared = 5.6705, df = 3, p-value = 0.1288

$Kurtosis

Kurtosis only (multivariate)

data: Residuals of VAR object reduced3
Chi-squared = 284.95, df = 3, p-value < 2.2e-16
```

Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

Anexo 7 Estimación Var Reducido (1,2)

Vector Autoregression Estimates
 Sample (adjusted): 2010M01 2022M12
 Included observations: 144 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

| | IPC_R | LOC_R | OIL_R |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| IPC_R(-1) | 1.369450 (0.05865) [23.3499] | 0.503481 (0.48153) [1.04558] | 4.106408 (1.71625) [2.39266] |
| IPC_R(-2) | -0.430159 (0.05780) [-7.44283] | -0.453130 (0.47452) [-0.95492] | -4.377321 (1.69126) [-2.58820] |
| LOC_R(-1) | -0.012503 (0.00774) [-1.61485] | 0.761863 (0.06357) [11.9844] | -0.072617 (0.22658) [-0.32050] |
| LOC_R(-2) | 0.005166 (0.00532) [0.97066] | -0.121983 (0.04370) [-2.79152] | 0.163736 (0.15574) [1.05131] |
| OIL_R(-1) | 0.006040 (0.00228) [2.65295] | 0.312485 (0.01869) [16.7162] | 1.074909 (0.06663) [16.1334] |
| OIL_R(-2) | 0.000907 (0.00320) [0.28372] | -0.141272 (0.02624) [-5.38335] | -0.248978 (0.09353) [-2.66197] |
| C | 0.002975 (0.00083) [3.56817] | 0.003127 (0.00685) [0.45671] | 0.021640 (0.02440) [0.88691] |
| R-squared | 0.953704 | 0.944391 | 0.815952 |
| Adj. R-squared | 0.952561 | 0.943018 | 0.811408 |
| Sum sq. resids | 0.007035 | 0.474227 | 6.024137 |
| S.E. equation | 0.005381 | 0.044176 | 0.157451 |
| F-statistic | 834.3051 | 687.7959 | 179.5515 |
| Log likelihood | 955.0578 | 428.7067 | 110.9762 |
| Akaike AIC | -7.584463 | -3.373654 | -0.831810 |
| Schwarz SC | -7.485862 | -3.275053 | -0.733209 |
| Mean dependent | 0.051287 | 0.044960 | 0.065275 |
| S.D. dependent | 0.024703 | 0.185063 | 0.362562 |
| Determinant resid covariance (dof adj.) | | 1.24E-09 | |
| Determinant resid covariance | | 1.14E-09 | |
| Log likelihood | | 1509.704 | |
| Akaike information criterion | | -11.90963 | |
| Schwarz criterion | | -11.61383 | |
| Number of coefficients | | 21 | |

Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

Anexo 8 Estimación Var Estructural (1,2)

Vector Autoregression Estimates (with restrictions)
 Sample (adjusted): 2010M01 2022M12
 Included observations: 250 after adjustments
 Restrictions: @VEC(L1) = "NA, 0, 0, NA, NA, 0, NA, NA, NA", @VEC(L2) =
 "NA, 0, 0, NA, NA, 0, NA, NA, NA"
 Iterated GLS convergence achieved after 3 iterations
 Standard errors in () & t-statistics in []

| | IPC_R | LOC_R | OIL_R |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| IPC_R(-1) | 1.357079 (0.05716) [23.7415] | 0.000000 --- | 0.000000 --- |
| IPC_R(-2) | -0.418403 (0.05633) [-7.42792] | 0.000000 --- | 0.000000 --- |
| LOC_R(-1) | -0.012298 (0.00761) [-1.61505] | 0.770009 (0.05938) [12.9684] | 0.000000 --- |
| LOC_R(-2) | 0.004818 (0.00523) [0.92088] | -0.133575 (0.03995) [-3.34382] | 0.000000 --- |
| OIL_R(-1) | 0.006064 (0.00224) [2.70240] | 0.313510 (0.01830) [17.1349] | 1.081949 (0.06195) [17.4637] |
| OIL_R(-2) | 0.001001 (0.00315) [0.31800] | -0.137925 (0.02523) [-5.46698] | -0.208888 (0.06178) [-3.38110] |
| C | 0.003005 (0.00081) [3.69033] | 0.005577 (0.00286) [1.94798] | 0.008609 (0.01012) [0.85032] |
| R-squared | 0.953695 | 0.944121 | 0.810391 |
| Sum sq. resids | 0.007036 | 0.476530 | 6.206149 |
| Mean dependent | 0.051287 | 0.044960 | 0.065275 |
| S.D. dependent | 0.024703 | 0.185063 | 0.362562 |
| Determinant resid covariance | | 1.28E-09 | |
| Log likelihood | | 1505.768 | |
| Akaike information criterion | | -11.92615 | |
| Schwarz criterion | | -11.71486 | |
| Number of coefficients | | 15 | |
| Number of restrictions | | 6 | |

Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

Anexo 9 Regresión lineal por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios

Dependent Variable: IPC_R
Method: Least Squares
Sample: 2010M01 2022M12
Included observations: 144

Dependent Variable: IPC_R
Method: Least Squares
Sample: 2010M01 2022M12
Included observations: 144

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. | Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------|------------|-------------|--------|
| C | 0.058625 | 0.001869 | 31.36963 | 0.0000 | C | 0.059953 | 0.001894 | 31.64689 | 0.0000 |
| LOC_R | 0.045643 | 0.007154 | 6.379674 | 0.0000 | OIL_R | 0.018273 | 0.003748 | 4.875660 | 0.0000 |
| (@DATE>@DATEVAL("2009M12") AND ... | -0.019166 | 0.002647 | -7.239537 | 0.0000 | (@DATE>@DATEVAL("2009M12") AND ... | -0.020186 | 0.002717 | -7.428283 | 0.0000 |
| R-squared | 0.321598 | Mean dependent var | 0.051559 | R-squared | 0.279496 | Mean dependent var | 0.051559 | | |
| Adjusted R-squared | 0.316149 | S.D. dependent var | 0.024792 | Adjusted R-squared | 0.273709 | S.D. dependent var | 0.024792 | | |
| S.E. of regression | 0.020502 | Akaike info criterion | -4.924736 | S.E. of regression | 0.021129 | Akaike info criterion | -4.864526 | | |
| Sum squared resid | 0.104665 | Schwarz criterion | -4.882719 | Sum squared resid | 0.111160 | Schwarz criterion | -4.822509 | | |
| Log likelihood | 623.5167 | Hannan-Quinn criter. | -4.907829 | Log likelihood | 615.9302 | Hannan-Quinn criter. | -4.847619 | | |
| F-statistic | 59.01944 | Durbin-Watson stat | 0.105751 | F-statistic | 48.29577 | Durbin-Watson stat | 0.113199 | | |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | | Prob(F-statistic) | 0.000000 | | | | |

Dependent Variable: IPC_R
Method: Least Squares
Sample: 2010M01 2022M12
Included observations: 144

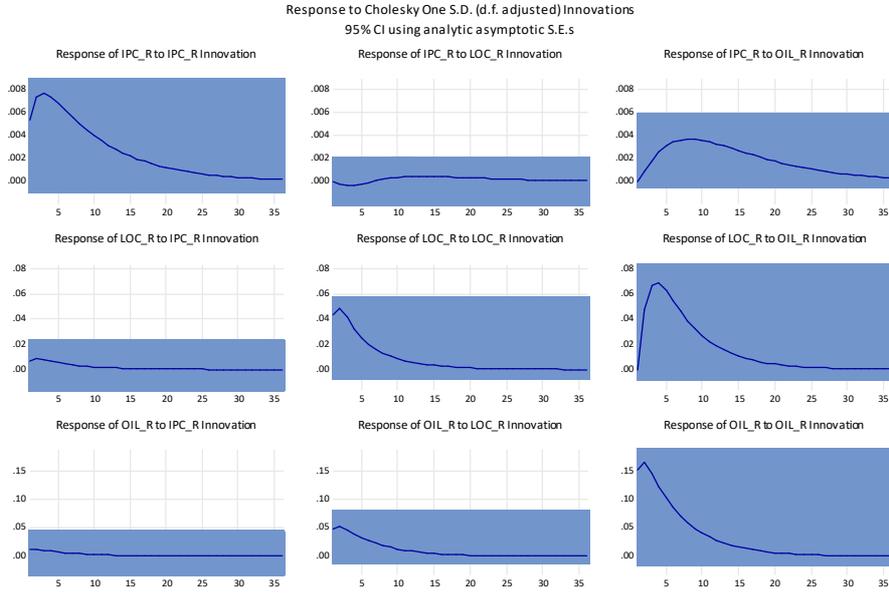
Dependent Variable: GAS_R
Method: Least Squares
Sample: 2010M01 2022M12
Included observations: 144

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. | Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------|------------|-------------|--------|
| C | 0.060451 | 0.001921 | 31.47107 | 0.0000 | C | 0.003145 | 0.010159 | 0.309540 | 0.7572 |
| GAS_R | 0.015676 | 0.004015 | 3.904017 | 0.0001 | OIL_R | 0.893707 | 0.020098 | 44.46681 | 0.0000 |
| (@DATE>@DATEVAL("2009M12") AND ... | -0.020928 | 0.002749 | -7.613530 | 0.0000 | (@DATE>@DATEVAL("2009M12") AND ... | 0.009127 | 0.014573 | 0.626288 | 0.5317 |
| R-squared | 0.256236 | Mean dependent var | 0.051559 | R-squared | 0.891384 | Mean dependent var | 0.063140 | | |
| Adjusted R-squared | 0.250262 | S.D. dependent var | 0.024792 | Adjusted R-squared | 0.890511 | S.D. dependent var | 0.342432 | | |
| S.E. of regression | 0.021467 | Akaike info criterion | -4.832752 | S.E. of regression | 0.113308 | Akaike info criterion | -1.505585 | | |
| Sum squared resid | 0.114749 | Schwarz criterion | -4.790735 | Sum squared resid | 3.196824 | Schwarz criterion | -1.463568 | | |
| Log likelihood | 611.9268 | Hannan-Quinn criter. | -4.815845 | Log likelihood | 192.7037 | Hannan-Quinn criter. | -1.488678 | | |
| F-statistic | 42.89174 | Durbin-Watson stat | 0.109523 | F-statistic | 1021.736 | Durbin-Watson stat | 1.142116 | | |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | | Prob(F-statistic) | 0.000000 | | | | |

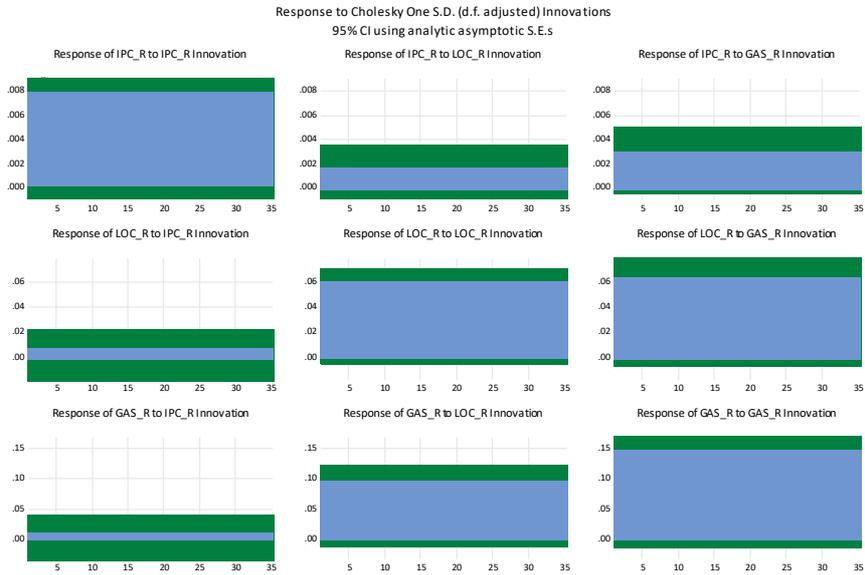
Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.

Anexo 10 Funciones impulso respuesta del Var (1,2)

Petróleo



Gasolina



Fuente: elaboración propia, empleando R, 2022.