



BANCO DE GUATEMALA

Documentos de Trabajo

CENTRAL BANK OF GUATEMALA

Working Papers

No. 132

**EFFECTO DE LOS PRECIOS INTERNACIONALES DE
LAS MATERIAS PRIMAS SOBRE LA INFLACIÓN
TOTAL Y SUS COMPONENTES EN UN MODELO DE
EQUILIBRIO GENERAL DINÁMICO PARA
GUATEMALA***

Año 2014

Autores:

Hilcías Estuardo Morán Samayoa
Jouseline Clara Genoveva Salay de Velásquez

*Trabajo ganador del 2do. lugar, reconocimiento otorgado por el Jurado Calificador del Certamen Permanente de Investigación sobre Temas de Interés para la Banca Central Dr. Manuel Noriega Morales, Edición XXV





BANCO DE GUATEMALA

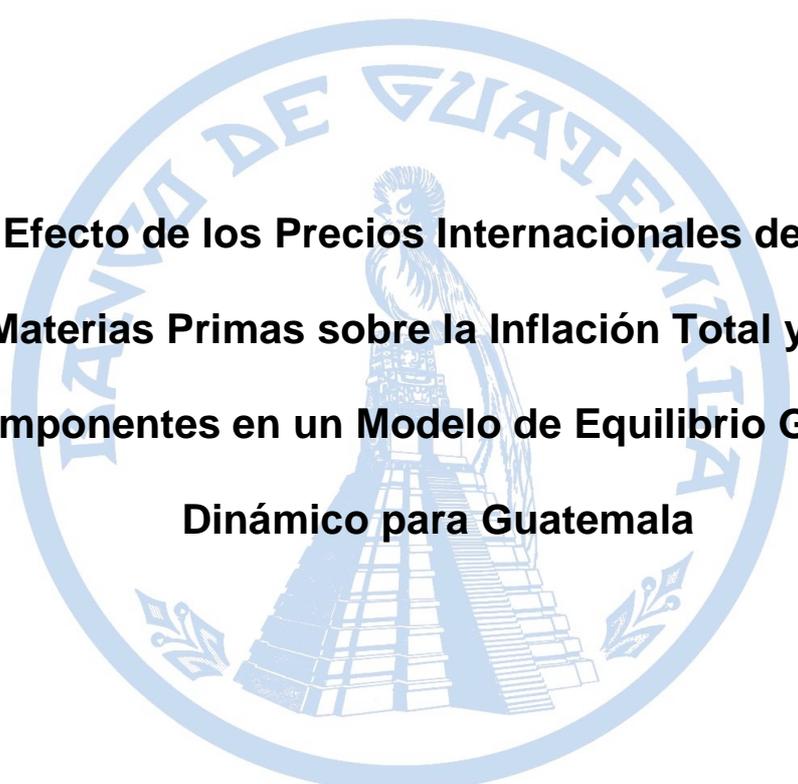
La serie de Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala es una publicación que divulga los trabajos de investigación económica realizados por el personal del Banco Central o por personas ajenas a la institución, bajo encargo de la misma. El propósito de esta serie de documentos es aportar investigación técnica sobre temas relevantes, tratando de presentar nuevos puntos de vista que sirvan de análisis y discusión. Los Documentos de Trabajo contienen conclusiones de carácter preliminar, las cuales están sujetas a modificación, de conformidad con el intercambio de ideas y de la retroalimentación que reciban los autores.

La publicación de Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de los miembros de la Junta Monetaria del Banco de Guatemala. Por lo tanto, la metodología, el análisis y las conclusiones que dichos documentos contengan son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no necesariamente representan la opinión del Banco de Guatemala o de las autoridades de la institución.

*****©*****

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is a publication that contains economic research documents produced by the Central Bank staff or by external researchers, upon the Bank's request. The publication's purpose is to provide technical economic research about relevant topics, trying to present new points of view that can be used for analysis and discussion. Such working papers contain preliminary conclusions, which are subject to being modified according to the exchange of ideas, and to feedback provided to the authors.

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is not subject to previous approval by the Central Bank Board. Therefore, their methodologies, analysis and conclusions are of exclusive responsibility of their authors, and do not necessarily represent the opinion of either the Central Bank or its authorities.



**Efecto de los Precios Internacionales de las
Materias Primas sobre la Inflación Total y sus
Componentes en un Modelo de Equilibrio General
Dinámico para Guatemala**

Febrero 2014

Contenido

1	Introducción.....	4
2	Análisis de la inflación y sus componentes en Guatemala	11
3	Descripción del modelo	16
3.1	Hogares.....	16
3.1.1	Hogares <i>ricardianos</i>	17
3.1.2	Hogares <i>no ricardianos</i>	22
3.1.3	Demanda de trabajo y decisiones salariales.....	23
3.2	El sector distribuidor.....	29
3.2.1	Productores del bien de consumo final y el bien de inversión.....	30
3.2.2	Firma productora de bienes finales.....	32
3.3	Productores del bien intermedio.....	33
3.3.1	Firmas importadoras.....	35
3.4	Política monetaria.....	37
3.5	Inflación total	38
3.6	Sector externo	39
3.7	Sistema dinámico y condiciones de equilibrio	41

4	Estimación del modelo	42
4.1	El algoritmo	42
4.2	Estimación	44
4.2.1	Estimación bayesiana	45
4.2.2	Calibración	47
4.3	Distribuciones iniciales y posteriores	48
4.4	Descripción de los datos	49
5	Resultados	52
5.1	Bondad de ajuste	52
5.2	Funciones impulso respuesta	53
5.3	Análisis de un <i>shock</i> de inflación no subyacente sobre la inflación	54
5.4	Análisis de descomposición histórica de varianza	55
6	Comentarios finales	59
	Bibliografía	62

1 Introducción

En una publicación reciente el Fondo Monetario Internacional sostiene que los precios de las materias primas (energéticas y no energéticas) suelen tener efectos más significativos y más prolongados sobre la inflación en las economías en las cuales los alimentos representan una proporción elevada de las canastas de consumo y en las economías donde las expectativas inflacionarias no están firmemente ancladas [11]. Este parece ser el caso de Guatemala, un país donde el esquema de mentas de inflación se estableció recientemente (año 2005) y donde las expectativas de inflación medidas por la encuesta de expectativas a analistas económicos, realizada periódicamente por el Banco de Guatemala, reflejan que las mismas no están fuertemente ancladas, pues tienden a comportarse más como la inflación pasada que como la inflación proyectada o establecida como meta de inflación por la autoridad monetaria. Por otro lado, la participación de la agrupación de alimentos dentro de la canasta del índice de precios al consumidor (IPC) en los países emergentes o en desarrollo como Guatemala es por lo general más alta que lo observado en las economías avanzadas. En efecto, la ponderación del rubro de alimentos (excluyendo bebidas alcohólicas y tabaco) dentro de la canasta del IPC de Guatemala es de 28.8 por ciento. Este dato contrasta con la ponderación mediana de las economías avanzadas (17 por ciento).¹

Tomando en consideración las características de la economía guatemalteca, uno podría esperar que choques a los precios internacionales de las materias

¹ De acuerdo a [11], la ponderación mediana de alimentos dentro de la canasta del IPC para las economías emergentes es de 31 por ciento, mientras que la de las economías avanzadas es de 17 por ciento.

primas energéticas y no energéticas se manifiesten de forma significativa sobre la inflación doméstica en Guatemala. En este estudio, se desarrolla y estima un modelo de equilibrio general dinámico de tipo neokeynesiano para una economía pequeña y abierta con el objeto de analizar el impacto de alzas en el precio internacional de los *commodities* sobre la inflación total y la inflación subyacente. El esquema analítico desarrollado en este documento es similar al utilizado por otros bancos centrales que también operan bajo un esquema monetario de metas de inflación.² El modelo incorpora un bien no transable, hábitos de consumo, se incluye una prima de riesgo, la cual es función del nivel de deuda externa y del tipo de cambio, una proporción de los hogares enfrenta restricciones de liquidez, esto limita el arbitraje intertemporal del consumo, reflejando el relativamente poco desarrollado sistema financiero, el efecto traspaso ante variaciones en el tipo de cambio hacia los precios domésticos es imperfecto y por la importancia de las remesas en la economía nacional (aproximadamente 10 por ciento del PIB), una proporción de los hogares reciben remesas del exterior. El modelo se estima por métodos bayesianos utilizando datos trimestrales macroeconómicos para el período 2003-2013.

El modelo desarrollado en este artículo es parecido al desarrollado por [4], el cual está relacionado a la literatura que incluye remesas en un marco de equilibrio general dinámico [5, 1, 12]. También está relacionado con la literatura que incluye

² En la actualidad la mayoría de bancos centrales que operan bajo el esquema de metas de inflación utilizan modelos de equilibrio general estocásticos dinámicos (DSGE por sus siglas en inglés) para evaluación de política, generación de pronósticos macroeconómicos de mediano plazo y para simulaciones de política cuando la economía enfrenta diferentes *shocks*. Por ejemplo, el Banco de Chile desarrolló un modelo similar denominado MAS, el Banco de Perú un modelo llamado MEGA-D, el Banco de la República de Colombia el modelo llamado PATACON, etc.

agentes que enfrentan restricciones de liquidez por falta de acceso al mercado financiero [9, 10], esto implica que este tipo de agentes son incapaces de suavizar su consumo y por lo tanto, consumen el total de su ingreso período a período. La justificación para la inclusión de agentes *no ricardianos* en esta economía es variada. Primero, se puede argumentar falta de acceso al mercado financiero, escasa educación financiera, población con necesidades básicas insatisfechas o sin capacidad de ahorro, etc. Considerando el relativo poco desarrollo del sistema financiero guatemalteco, los niveles de pobreza en Guatemala ³ y los bajos niveles de educación de la población,⁴ la inclusión de familias que enfrentan restricciones de liquidez es justificable en este modelo.

Una característica particular de este modelo es la forma como se integra la inflación total. La inflación total se desagrega en dos componentes: inflación subyacente e inflación de otros productos, este último componente incluye la inflación de productos agrícolas, vegetales y legumbres, la inflación de derivados del maíz y trigo, y la inflación asociada a las materias primas energéticas. Esta desagregación de la inflación total y la forma en que se contruyeron las "curvas de Phillips" (para los salarios, para los precios domésticos y para la inflación importada) en este modelo, permiten de forma conjunta identificar los efectos directos e indirectos de los *shocks* de los precios de las materias primas energéticas y no energéticas sobre la inflación total. Los efectos directos se refieren a los efectos que

³ De acuerdo a los resultados de la Encuesta de Nacional sobre Condiciones de Vida del año 2011 (ENCOVI 2011), publicada por el Instituto Nacional de Estadística, se estima que más del 50 por ciento de la población guatemalteca vive en condiciones de pobreza.

⁴ De acuerdo al Censo Nacional de Población del año 2002, el promedio de años de escolaridad alcanzado por la población guatemalteca es 5.0.

tienen los cambios en los precios de los *commodities* sobre la inflación total a través de la inflación asociada a las materias primas en la canasta del IPC, mientras que los efectos indirectos se refieren a los efectos de cambios en los precios de las materias primas sobre la inflación subyacente a través de su efecto sobre las expectativas inflacionarias en las "curvas de Phillips". Esta especificación permite incluir los precios internacionales del maíz, trigo y petróleo como variables observables explicativas del componente de la inflación excluido de la inflación subyacente, lo cual facilita también la generación de pronósticos condicionados al comportamiento esperado de los precios de los *commodities*. Esta interrelación de los precios de los *commodities* e inflación doméstica en este modelo para Guatemala, se cree que es una importante contribución del esquema analítico presentado en este documento.

Los principales resultados de este estudio para la economía guatemalteca, se pueden resumir de la siguiente manera:

1. La mayoría de las razones de estado estacionario simuladas logran acercarse a las relaciones obtenidas de los datos. Las razones simuladas de inversión, exportaciones, remesas y deuda externa a PIB, replican con exactitud las razones empíricas. Sin embargo, la razones de consumo e importaciones a PIB no se alejan un tanto de su contraparte empírica. En general, el modelo simula adecuadamente los datos de cuentas nacionales de la economía guatemalteca.

2. Las funciones de impulso respuesta ante un *shock* de política monetaria muestran que ante un incremento en la tasa de interés de política se produce un efecto negativo sobre la inversión y el consumo, los cuales a su vez

generan una disminución del producto, que finalmente se traducen en una disminución de la inflación subyacente. En el caso del canal de tipo de cambio, debido a la paridad no cubierta de tasas de interés, el incremento en la tasa doméstica origina un mayor ingreso de capitales internacionales, con lo cual se genera una apreciación cambiaria que afecta negativamente a las exportaciones netas. Nuevamente, este efecto disminuye el crecimiento interno y genera presiones desinflacionarias. Estos resultados ilustran la consistencia del modelo que se presenta en este documento.

3. Los resultados del análisis descriptivo reflejan que los incrementos en los precios de las materias primas fueron, aparentemente, más significativos y persistentes en el primer *boom* de precios (2007-2008) que en el segundo periodo (2010-2011).

4. Los resultados de la descomposición histórica de varianza de la inflación subyacente sugieren que los efectos de "segunda vuelta" medidos por el impacto que tiene un *shock* a la inflación resto (inflación no subyacente) sobre la inflación subyacente fueron positivos en el primer *boom* de los precios de los *commodities* (2007-2008), pero no afectaron a dicha inflación en el segundo periodo de alzas (2009-2010). Esto debido a que en el primer *boom* las alzas de los precios de las materias primas se combinaron con presiones de demanda agregada interna. Este resultado es consistente con el análisis presentado por el [11] y con los resultados del análisis descriptivo.

Considerando que el objetivo principal de este artículo es analizar el efecto de los incrementos en los precios de las materias primas energéticas y no

energéticas sobre la inflación y sus componentes, para examinar la descomposición histórica de la inflación el análisis se focaliza en los periodos de mayores alzas en los precios de los *commodities*. Los resultados muestran que, en general, la inflación total fue altamente influenciada por la inflación asociada al comportamiento de los precios de las materias primas (inflación resto en el documento). Durante los periodos de mayores alzas en los precios de las materias primas se observa un efecto significativo de la inflación resto sobre la inflación total, tanto en el periodo pre-crisis como en el periodo post-crisis financiera.

Estos resultados son consistentes con la evidencia presentada en la descripción del fenómeno inflacionario en Guatemala. También se aprecia que de forma consistente con el comportamiento de la actividad económica, medido por la brecha del producto, la demanda doméstica desempeñó un papel más activo en el periodo pre-crisis comparado con su efecto sobre la inflación en el periodo post-crisis. En efecto, durante el periodo pre-crisis la brecha del producto fue positiva, mientras que en el periodo post-crisis la brecha del producto fue negativa. Los efectos de un *shock* a la inflación asociada a los precios internacionales de las materias primas sobre la inflación subyacente son evidentes (pero relativamente poco significativos) en el periodo previo a la crisis financiera global, lo cual demuestra que si los *shocks* a los precios de las materias primas se producen en un momento cuando la economía está sobrecalentada y el banco central carece de alta credibilidad se produce lo que se conoce como efectos de "segunda vuelta" sobre la inflación. Este resultado es también confirmado cuando se examina el segundo *boom* de los precios de *commodities*, donde el efecto traspaso de los precios

internacionales sobre la inflación doméstica fue totalmente nulo. En efecto, la participación del *shock* de la inflación resto sobre la inflación subyacente es negativa. Por lo tanto, en ausencia de presiones de demanda agregada sobre la inflación, se observa que el *shock* de la inflación resto tiene un efecto nulo sobre la inflación de mediano plazo. Así, a pesar de que para el caso de la inflación subyacente el efecto de los precios de las materias primas es levemente positivo, en el caso de la inflación total, es el factor más positivo que explica el comportamiento de la variable a lo largo del periodo analizado en la descomposición de varianza.

En un contexto donde el instrumento de política monetaria es la tasa de interés de corto plazo y de análisis de bienestar, [15] and [16] señalan que una regla de política monetaria óptima es aquella que establece una trayectoria de tasa de interés de política de tal forma que maximiza el bienestar garantizando que los pronósticos de inflación converjan a la meta establecida por el banco central. En este contexto, como lo señala [6], la política monetaria debe reaccionar a cualquier *shock* que afecte el pronóstico de inflación, el cual debe de igualar la meta de inflación en el horizonte de política. Esto parece ser la historia reciente de Guatemala en materia de política monetaria, pues el efecto traspaso sobre de las alzas en los precios de la materias primas sobre la inflación subyacente no ha sido muy significativo, o al menos eso es lo que se demuestra en el ejercicio de descomposición de histórica de varianza realizado en este artículo.

El resto del documento está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta un análisis descriptivo de la inflación en Guatemala. En la siguiente sección aparece la descripción del modelo. En la sección 4 se incluye la

metodología de estimación y la descripción de los datos. En la sección V se presentan los resultados de las simulaciones realizadas y en la última parte se presentan las conclusiones.

2 Análisis de la inflación y sus componentes en Guatemala

Para la política monetaria de Guatemala es importante analizar en detalle el comportamiento histórico de la inflación, dado que su objetivo final es la estabilidad de precios. Existen dos medidas de inflación generalmente conocidas y a las cuales regularmente un banco central da seguimiento. Estas son: (i) la inflación total, que se calcula sobre el índice de precios al consumidor (IPC), el cual que para su construcción utiliza una canasta de consumo promedio para un hogar representativo y (ii) la inflación subyacente, la cual excluye algunos productos cuyos precios son muy volátiles y teóricamente representa la medida de inflación que refleja las presiones inflacionarias de mediano plazo. Ahora bien, para el cálculo de la inflación subyacente no existe una medida única. Si bien la medición puede variar, el objetivo es siempre obtener una tendencia general de mediano plazo de los precios. En este documento, se utiliza una inflación subyacente que excluye productos energéticos (gas propano, diésel y gasolinas), hortalizas, frutas, legumbres, maíz, trigo y sus derivados. Adicionalmente, se genera un índice de precios para los productos excluidos de la inflación subyacente, el cual se utiliza para calcular la inflación denominada no subyacente (o resto); es decir, la inflación de los productos más volátiles de la canasta de consumo, que no tienen efectos de

largo plazo. Así, el índice de precios subyacente tiene una ponderación de 80.8 puntos porcentuales, mientras que el índice de precios del resto de productos representa el restante 19.2 por ciento. En la figura 1 se observa que la inflación no subyacente es bastante más volátil que la inflación total y aún más que la inflación subyacente.

Para el presente análisis son de particular importancia los últimos dos periodos en los que se observa una alta inflación no subyacente, la cual está asociada, en ambos casos, al incremento en los precios internacionales de *commodities*. Los *shocks* sobre precios de *commodities* han sido muy significativos en los últimos años. Entre 2006 y 2007, periodo previo a la crisis, se comienzan a observar alzas sin precedentes en los precios de los *commodities*, que fueron considerados en un principio como temporales. Sin embargo, las alzas persistieron y es a mediados de 2008 en donde se presenta el valor histórico más alto del petróleo. Como señala [6], para analizar el impacto de un *shock* sobre los precios de los *commodities*, es importante investigar la fuente del *shock*. Por ejemplo, la mayoría de los *shocks* sobre precios de petróleo que han generado incrementos inflacionarios y caídas sobre el producto, están relacionados con problemas de oferta. Por otro lado, los más recientes *shocks* sobre precios de *commodities* han sido provocados por una creciente demanda por estos productos, en particular, por demandas originadas en las economías emergentes y que finalmente se traducen en alzas sobre los precios relativos, tanto de energía como de alimentos.

Al enfocarse en los últimos dos *booms* de precios de *commodities*, se observa que el resultado ha sido un incremento sobre la inflación mundial aunque

con menores efectos sobre la actividad económica. En otras palabras, estos *shocks* no se deben a perturbaciones de oferta, sino al incremento de la demanda por *commodities*. Como se presenta en la figura 2, se identifican dos periodos (áreas sombreadas) considerados como *booms* de precios de *commodities*. El primero oscila entre el último trimestre de 2006 y mediados de 2008 y el segundo periodo abarca del último trimestre de 2009 al segundo trimestre de 2011. La figura 2 muestra el comportamiento de la inflación de cereales, la inflación de petróleo y la inflación no subyacente, anteriormente definida.

La inflación de cereales corresponde a la variación interanual (para eliminar efectos estacionales) del índice de cereales de la FAO, considerada como variable indicativa del comportamiento de los precios internacionales de cereales, que de particular importancia para Guatemala son el maíz y el trigo. La inflación de petróleo, también se calcula como una variación interanual, en este caso, sobre los precios históricos del petróleo WTI.

Como se indicó previamente, de acuerdo con el [11], el efecto de las alzas en los precios de las materias primas sobre la inflación doméstica puede variar dependiendo del estado de la actividad económica del país afectado. Por esta razón, en la figura 3 se muestra el comportamiento de la brecha del producto.⁵ Para los dos periodos identificados como *booms* de precios de *commodities* no se esperan efectos negativos sobre la actividad económica, debido a que el origen del *shock* es una creciente demanda por *commodities* y no por problemas de oferta. En el primer

⁵ La brecha del producto es calculada con el filtro Hodrick-Prescott, aplicado a los datos trimestrales de PIB. Este filtro separa una serie en sus componentes tendencial (potencial) y cíclico (brecha).

periodo resaltado se observa una brecha positiva, que indica que el producto se encuentra por encima de su nivel potencial. No obstante, en ese mismo periodo (a finales de 2007) la brecha comienza a disminuir como resultado del menor crecimiento externo producto de la crisis financiera mundial y no como resultado del *shock* en estudio. Por su parte, el segundo periodo (2009Q4 - 2011Q2), etapa posterior a la crisis, se observa una recuperación gradual de la actividad económica, en donde la brecha del producto cambia su tendencia e incluso pasa a ser positiva.

Una vez sustentados los dos periodos definidos para el análisis, retornemos a la gráfica que muestra el comportamiento de las variaciones en precios de los principales *commodities* que influyen sobre la canasta doméstica de consumo (figura 2). En la gráfica se aprecia una estrecha relación entre las variaciones de precios de *commodities* y el componente de inflación no subyacente. Este último, como se indicó anteriormente, en su construcción incorpora cereales como maíz y trigo y productos energéticos influenciados por el comportamiento de los precios del petróleo. Para confirmar la interrelación entre las variables, se estimaron las correlaciones dinámicas entre la inflación total, la inflación subyacente y la inflación no subyacente con adelantos y rezagos de las inflaciones de cereales y de petróleo. Estos resultados se muestran en las tablas 1 y 2.

Como es de esperarse, los adelantos de petróleo y cereales no están correlacionados con las variables domésticas, debido a que el mercado local no puede prever con exactitud el comportamiento futuro de los precios internacionales. Por el contrario, al examinar los rezagos, sí aparecen correlaciones significativas y positivas. En resumen, durante el primer *boom* de precios de *commodities* (muestra

2006Q4-2008Q2), tanto la inflación total como sus componentes (subyacente y no subyacente) muestran una alta correlación contemporánea con las inflaciones de cereales y de petróleo. Mientras que con un rezago, la inflación de cereales muestra una mayor correlación con cualquiera de las mediciones de inflación doméstica, que de manera contemporánea. Los resultados son significativos y positivos a lo largo de dos años de rezagos trimestrales; es decir, que el efecto del incremento de los precios de los cereales fue bastante persistente durante este periodo. Con relación al petróleo, los datos muestran que el impacto fue menor, tanto en magnitud como en persistencia. Únicamente los primeros dos rezagos presentan una correlación positiva con la inflación doméstica y sus componentes. Es importante resaltar que el efecto sobre la inflación subyacente es más fuerte (correlaciones más altas) de forma contemporánea y a lo largo de los dos rezagos.

Por su parte, durante el segundo *boom* de precios de *commodities*, periodo 2009Q4-2011Q2, en su mayoría las correlaciones con la inflación y sus componentes son más bajas en comparación con el primer *boom*, lo que refleja un episodio con menores presiones sobre la inflación doméstica. En el caso de la inflación de cereales, las correlaciones son positivas (aunque de menor magnitud que en el primer periodo) únicamente durante el primer año. Por el contrario, la inflación de petróleo resulta ser más persistente en esta segunda etapa, en donde se presentan correlaciones positivas a lo largo de un año y nuevamente se observa una correlación más alta con la inflación subyacente, aunque menor en comparación con el primer periodo.

A manera de resumen, estos resultados reflejan que los incrementos en los

precios de las materias primas fueron, aparentemente, más significativos y persistentes en el primer *boom* de precios de *commodities* que en el segundo periodo. Esto, es consistente con lo que señala el [11] y es lo que se buscará analizar en el modelo que se presenta en la siguiente sección.

3 Descripción del modelo

El esquema analítico, en general, es un modelo para una economía pequeña y abierta que combina las típicas características de un modelo DSGE con algunas características particulares de la economía guatemalteca. El modelo incluye una proporción de hogares que enfrentan restricciones de liquidez e incorpora remesas del exterior como fuente adicional de ingreso para los hogares.⁶ La economía del modelo está habitada por tres tipos de agentes económicos: los hogares, las empresas y la autoridad monetaria. Las empresas se agrupan en dos grandes sectores: empresas relacionadas con la producción de bienes domésticos y empresas relacionadas con el sector importador. La relación de la economía doméstica con el resto del mundo se materializa por el comercio de bienes y la libre movilidad de capitales, permitiendo un traspaso limitado de los precios de los bienes importados a los bienes domésticos y una prima de riesgo que es función del nivel de endeudamiento externo.

3.1 Hogares

La economía doméstica es habitada por un continuo de hogares indexados por $j \in [0,1]$. Una proporción λ de esos hogares tiene acceso al mercado de

⁶ El ingreso proveniente de remesas del exterior en Guatemala ha representado más del 10 por ciento del PIB en la última década.

capitales donde puede comprar y vender activos financieros, cada hogar de estos puede comprar y vender tanto bonos domésticos como bonos externos. El bienestar o utilidad de estos hogares depende positivamente de su nivel de consumo y depende negativamente de las horas trabajadas. Estos hogares son dueños de las empresas que producen los bienes intermedios diferenciados y de las empresas importadoras de bienes externos, también diferenciados, por lo que reciben el ingreso correspondiente a la renta monopolística generada por dichas empresas. Similar a [9], en este estudio se utiliza el término *agentes ricardianos* para referirse al subconjunto λ de hogares. La proporción restante de hogares, $1 - \lambda$, no posee ningún activo o pasivo financiero, ellos simplemente consumen todo su ingreso corriente período a período. Esta proporción de hogares se denominan *agentes no-ricardianos*. La justificación de la inclusión de agentes *no-ricardianos* en esta economía es variada, se puede argumentar falta de acceso al mercado financiero, escasa educación financiera, población con necesidades básicas insatisfechas o sin capacidad de ahorro, etc.⁷ Considerando el relativo poco desarrollo del sistema financiero, los niveles de pobreza y los bajos niveles de educación de la población guatemalteca, la inclusión de familias que enfrentan restricciones de liquidez es justificable.

3.1.1 Hogares *ricardianos*

La función de utilidad de cada hogar *ricardiano* u optimizador en el momento t está dada por:

⁷ [3] presentan alguna evidencia, fundamentados en estimaciones de la ecuación de Euler modificada, de que existe un número significativo de consumidores no ricardianos en Estados Unidos de América y otros países industrializados.

$$\mathbf{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ z_t^c \log \left(c_{jt}^o - h \left(\frac{g_t^A}{g_{t-1}^A} \right) c_{jt-1}^o \right) - \theta^o \frac{n_{jt}^{o, 1+\gamma_n^o}}{1+\gamma_n^o} \right\} \quad (1)$$

para $t = 0, 1, \dots, \infty$. Los miembros de este hogar representativo derivan utilidad de la canasta de bienes de consumo, c_{jt}^o , pero no disfrutan del tiempo destinado a trabajar, n_{jt}^o . El flujo de utilidad derivado del consumo depende del consumo presente y el consumo pasado, donde el parámetro h representa la formación de hábitos en las preferencias del consumidor, el parámetro θ^o es un parámetro de la oferta laboral, γ_n^o es la elasticidad inversa de la oferta laboral respecto al salario real, $\frac{g_t^A}{g_{t-1}^A}$ representa el crecimiento de la productividad del trabajo y z_t^c es un choque de demanda que captura cambios exógenos en las decisiones de consumo. Se asume que z_t^c sigue un proceso estacionario.

Los hogares tienen acceso a dos tipos de activos: bonos no contingentes externos de un período, B_{jt}^{o*} y bonos contingentes domésticos de un período, B_{jt+1}^o . Se supone que no existen costos de ajuste en la composición del portafolio. Sin embargo, al pedir prestado al exterior, se debe pagar una prima sobre el precio internacional del bono extranjero, la cual está implícita en la tasa de interés externa, i_t^* , que enfrentan los agentes domésticos, y a su vez dicha tasa, es función del cociente entre la posición neta de activos externos y las exportaciones. Este supuesto implica que los hogares toman la prima de riesgo como dada al momento de decidir sus portafolios óptimos. Cada hogar j distribuye su ingreso en consumo, c_{jt}^o , inversión en capital físico, x_{jt} , y en el repago de la deuda externa en moneda nacional, $s_t B_{jt-1}^{o*} (1 + i_{t-1})$, donde s_t es el tipo de cambio nominal corriente. El

ingreso de los hogares *ricardianos* se deriva del ingreso laboral, $W_{jt}^o n_{jt}^o$, de la renta del capital físico, $R_t^k K_{jt-1}^o$, del rendimiento de los bonos domésticos, $B_{jt-1}^o (1 + i_{t-1})$, de la contratación de nueva deuda externa contraída en el período t , $s_t B_{jt}^{o*}$, de los dividendos obtenidos de sus empresas monopolísticas en el mercado de bienes domésticos e importados, D_{jt} y de las remesas provenientes del exterior, $s_t TR_{jt}^{*,o}$. Por consiguiente, cada hogar maximiza su función de utilidad, decide sobre su consumo y la composición de su portafolio, sujeto a la restricción presupuestaria,

$$P_t^c c_{jt}^o + P_t^x x_{jt}^o + B_{jt}^o + s_t B_{jt-1}^{o*} (1 + i_{t-1}^*) = W_{jt}^o n_{jt}^o + R_t^k K_{jt-1}^o + B_{jt-1}^o (1 + i_{t-1}) + s_t B_{jt}^{o*} + D_{jt}^o + s_t TR_{jt}^{*,o}, \quad (2)$$

donde, P_t^c es el precio del bien de consumo, P_t^x es el precio de la inversión, R_t^k es la renta del capital, W_t es el salario nominal y D_{jt}^o son los beneficios recibidos por las empresas de los hogares *ricardianos*. La expresión (2) en términos reales es como sigue:

$$c_{jt}^o + \frac{P_t^x}{P_t^c} x_{jt}^o + b_{jt}^o + \frac{s_t P_t^* (1 + i_{t-1}^*)}{P_t^c (1 + \pi_t^*)} b_{jt-1}^{o*} = w_{jt}^o n_{jt}^o + r_t^k k_{jt-1}^o + b_{jt-1}^o \frac{(1 + i_{t-1})}{(1 + \pi_t)} + \frac{s_t P_t^*}{P_t^c} b_{jt}^{o*} + d_{jt}^o + \frac{s_t P_t^*}{P_t^c} tr_{jt}^{*,o}. \quad (3)$$

La dinámica del capital está dada por la ley de movimiento siguiente:

$$k_{jt}^o = (1 - \delta) k_{jt-1}^o + z_t^x \left[1 - \frac{\psi^x}{2} \left(\frac{x_{jt}^o - x_{jt-1}^o}{x_{jt-1}^o} - g_A \right)^2 \right] x_{jt}^o, \quad (4)$$

donde, z_t^x representa un *shock* tecnológico a la inversión definido como un proceso auto regresivo de orden 1, ψ^x representa el parámetro de ajuste de la función de costo de la inversión (segundo término dentro de corchetes en el lado derecho de la expresión 4) y g_A representa la tasa de crecimiento balanceado de la

economía. Entonces el lagrangeano para el problema de maximización del agente ricardiano j es:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = \mathbf{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t & \left\{ \log \left(c_{jt}^o - h \left(\frac{g_t^A}{g_{t-1}^A} \right) c_{jt-1}^o \right) - \theta^o \frac{n_{jt}^{o,1+\gamma_n^o}}{1+\gamma_n^o} \right. \\ & - \Lambda_{jt}^y \left[c_{jt}^o + \frac{p_t^x}{p_t^c} x_{jt}^o + \frac{b_{jt}^o}{p_t^c} + \frac{s_t p_t^* b_{jt-1}^{o*} (1+i_{t-1}^*)}{p_t^c p_{t-1}^* (1+\pi_t^*)} - w_{jt}^o n_{jt}^o \right. \\ & \left. \left. - r_t^k k_{jt-1}^o - \frac{b_{jt-1}^o (1+i_{t-1}^*)}{p_{t-1}^c (1+\pi_t^*)} - \frac{s_t p_t^* b_{jt}^{o*}}{p_t^c p_t^*} - D_{jt}^o - \frac{s_t p_t^*}{p_t^c} t r_t^{o*} \right] \right. \\ & \left. - \Lambda_{jt}^{x^o} \left[k_{jt}^o - (1-\delta) k_{jt-1}^o - z_t^x \left[1 - \frac{\psi^x}{2} \left(\frac{x_{jt}^o - x_{jt-1}^o}{x_{jt-1}^o} - g_A \right)^2 \right] x_{jt}^o \right] \right\}, \end{aligned}$$

las variables de decisión de este problema son: c_{jt}^o , $\frac{b_{jt}^o}{p_t^c}$, $\frac{b_{jt-1}^{o*}}{p_{t-1}^*}$, x_{jt}^o , k_{jt}^o y n_{jt}^o . Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial c_{jt}^o} = \frac{1}{c_{jt}^o - h \left(\frac{g_t^A}{g_{t-1}^A} \right) c_{jt-1}^o} - \beta \mathbf{E}_t \frac{h \left(\frac{g_{t+1}^A}{g_t^A} \right)}{c_{jt+1}^o - h \left(\frac{g_{t+1}^A}{g_t^A} \right) c_{jt}^o} - \Lambda_{jt}^y = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \left(\frac{b_{jt}^o}{p_t^c} \right)} = -\Lambda_{jt}^y + \beta \mathbf{E}_t \Lambda_{jt+1}^y \frac{(1+i_t)}{(1+\pi_{t+1}^*)} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \left(\frac{b_{jt}^{o*}}{p_t^*} \right)} = -\beta \mathbf{E}_t \Lambda_{jt+1}^y e_{t+1} \frac{(1+i_t^*)}{(1+\pi_{t+1}^*)} + \Lambda_{jt}^y e_t = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial k_{jt}^o} = -\Lambda_{jt}^x + \beta \mathbf{E}_t [\Lambda_{jt+1}^y r_{t+1}^k + \Lambda_{jt+1}^x (1-\delta)] = 0 \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_{jt}^o} &= -\Lambda_{jt}^y \frac{p_t^x}{p_t^c} + \Lambda_{jt}^{x^o} z_t^x \left(\left[1 - \frac{\psi^x}{2} \left(\frac{x_{jt}^o}{x_{jt-1}^o} - g_A \right)^2 \right] - \psi^x \left(\frac{x_{jt}^o}{x_{jt-1}^o} - g_A \right) \frac{x_{jt}^o}{x_{jt-1}^o} \right) \\ &+ \beta \mathbf{E}_t \Lambda_{jt+1}^{x^o} z_{t+1}^x \psi^x \left(\frac{x_{jt+1}^o}{x_{jt}^o} - 1 \right) \left(\frac{x_{jt+1}^o}{x_{jt}^o} \right)^2 = 0, \end{aligned} \quad (9)$$

donde $e_t = \frac{s_t p_t^*}{p_t^c}$.

Las ecuaciones (6)-(9) representan el conjunto de decisiones prospectivas (*forward-looking*) óptimas sobre cuánto trabajar, consumir y ahorrar en la forma de capital físico, bonos domésticos y bonos externos. En cada momento del tiempo, los hogares enfrentan incertidumbre acerca de las trayectorias futuras de dichas variables; sin embargo, en el modelo se supone que dichos hogares tienen pleno conocimiento de la clase de perturbaciones o eventos externos que pueden afectar sus decisiones y, sobre todo, se asume que las familias conocen la probabilidad con la cual dichos eventos pueden ocurrir. Por consiguiente, las familias, en esta economía, pueden formar sus expectativas sobre las trayectorias futuras de dichas variables, las cuales forman parte del conjunto de insumos que se incorporan en las decisiones corrientes.⁸ El plan óptimo, así, expresa una serie de instrucciones sobre la forma de comportarse ante la ocurrencia de cada *shock* o perturbación, tomando en consideración las expectativas acerca del futuro, en lugar de una única decisión sobre cuánto exactamente trabajar, consumir y ahorrar en cada período futuro. Esta es la principal diferencia entre el comportamiento de los agentes *ricardianos* y los agentes *no ricardianos* presentados más adelante.

Las condiciones de optimalidad expresadas en las ecuaciones (6)-(9), en conjunto y en equilibrio, establecen la relación negativa entre la tasa de interés y la demanda agregada (consumo e inversión) que determina el bloque de demanda del modelo. La inclusión de hábitos de consumo hace la dinámica del modelo más

⁸ Las expectativas se supone que son racionales, significando que los agentes incorporan toda la información relevante disponible en el momento que se toman las decisiones y no se cometen errores sistemáticos. De acuerdo a la notación utilizada, $E_t[X_{t+1}]$ representa la expectativa formada en el período t de cualquier variable futura X_{t+1} , como en la ecuación (6), por ejemplo. En adelante, por simplicidad se omitirá la notación de expectativas para variables en $t + 1$.

realista y coherente con los datos. De acuerdo a [8], contrario a lo que sucede en los modelos sin rigideces reales (donde el consumo se ajusta bruscamente), un modelo con hábitos de consumo permite una respuesta suave del consumo a *shocks* de política monetaria y por consiguiente, también permite una respuesta más gradual de la inflación a cambios en la política monetaria.

3.1.2 Hogares *no ricardianos*

Una fracción $1 - \lambda$ de hogares en la economía enfrenta restricciones de liquidez. Estos hogares consumen todo su ingreso período a período, el cual proviene de salarios y remesas del exterior. Estos no suavizan la trayectoria del consumo como respuesta a cambios en los salarios reales y tampoco experimentan sustitución intertemporal del consumo cuando cambia la tasa de interés real. Como es señalado por [10], este comportamiento irracional, desde el punto de vista de la forma estándar de modelar a los consumidores en los modelos estructurales, puede interpretarse como una combinación de miopía, falta de acceso a los mercados financieros o simplemente porque una proporción importante de la población vive en condiciones de subsistencia y su ingreso únicamente es suficiente para satisfacer sus necesidades básicas, como sucede en Guatemala. La función de utilidad de cada período del hogar *no ricardiano* j está dada por

$$U(c_{jt}^r, n_{jt}^r) = \log(c_{jt}^r) - \theta^r \frac{n_{jt}^{r, 1+\gamma_n^r}}{1+\gamma_n^r}, \quad (10)$$

donde la letra “r” superpuesta se utiliza para referirse a variables relacionadas con los agentes *no ricardianos* o restringidos. La restricción presupuestaria para estos agentes es la siguiente:

$$c_{jt}^r = w_{jt}^r n_{jt}^r + \frac{s_t p_t^*}{p_t^c} tr_{j,t}^{*,r}. \quad (11)$$

Por consiguiente, el nivel de consumo del hogar j es igual al ingreso laboral más las remesas recibidas del exterior representadas por el segundo término del lado derecho de la ecuación (11). Nótese que las remesas recibidas por el hogar j están expresadas en moneda nacional y en términos reales.

3.1.3 Demanda de trabajo y decisiones salariales

A continuación se describe el funcionamiento del mercado laboral para los agentes *ricardianos* y *no ricardianos*. En esta economía existe una agencia agregadora que compra trabajo *ricardiano* y *no ricardiano*, la cual vende dicho factor a las firmas productoras de bienes intermedios en un mercado competitivo. Además, existen dos agencias encargadas de empaquetar el trabajo de los hogares *ricardianos* y *no ricardianos*. La agencia de trabajo *ricardiana* agrega los diferentes tipos de trabajo utilizando la siguiente función de producción:

$$n_t^o = \left[\int_0^1 n_{jt}^o \frac{\varepsilon_n^o - 1}{\varepsilon_n^o} dj \right]^{\frac{\varepsilon_n^o}{\varepsilon_n^o - 1}}, \quad (12)$$

donde $0 \leq \varepsilon_n^o < \infty$ es la elasticidad de sustitución entre diferentes tipos de trabajo y n_t^o es la demanda de trabajo total. El empaquetador de trabajo maximiza beneficios sujeto a la función de producción (12), tomando como dado el salario diferenciado, w_{jt}^o y el salario agregado, w_t^o :

$$\max_{n_{jt}^o} w_t^o n_t^o - \int_0^1 w_{jt}^o n_{jt}^o dj$$

$$s. tn_t^o = \left[\int_0^1 n_{jt}^o \frac{\varepsilon_n^o - 1}{\varepsilon_n^o} dj \right]^{\frac{\varepsilon_n^o}{\varepsilon_n^o - 1}}$$

De la condición de primer orden respecto a n_{jt}^o , utilizando la condición de beneficios cero proveniente del mercado competitivo, $w_t^o n_t^o = \int_0^1 w_{jt}^o n_{jt}^o dj$, y después de un poco de algebra se obtiene la función de demanda de trabajo y el salario agregado:

$$(n_{j,t}^o) = \left(\frac{w_{j,t}^o}{w_t^o} \right)^{-\varepsilon_n^o} n_t^o \quad (13)$$

$$w_t^o = \left(\int_0^1 w_{j,t}^{o,1-\varepsilon_n^o} dj \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon_n^o}} \quad (14)$$

Los hogares *ricardianos* establecen sus salarios de la misma forma que en [2]. En cada período, una proporción $1 - \phi_n^o$ de los hogares está habilitado para optimizar sus salario, mientras el resto de hogares, la fracción ϕ_n^o , siguen una regla pasiva de actualización de precios. El parámetro ϕ_n^o es una medida del grado de rigidez nominal. Cuanto mayor es dicho parámetro, menor es la frecuencia con la que los salarios de los agentes *ricardianos* son ajustados.⁹ Por su parte, para aquellos hogares que no pueden optimizar sus precios durante el período t , existe una regla de actualización o de ajuste pasiva, tal que su salario en $t + 1$ está dado por:

$$w_{j,t+i}^o = w_{j,t}^o (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)i} \prod_{s=1}^i \frac{(1+\pi_{t+s-1})^{\chi_w^o}}{(1+\pi_{t+s}^c)} \left(\frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p} \right) \quad (15)$$

⁹ Por ejemplo, un $\phi_n^o = 0.75$ significa que los salarios son ajustados cada cuatro períodos, frecuencia de ajuste= $1/(1-0.75)$. Si las variables temporales tuvieran una frecuencia trimestral, luego los salarios se ajustarían cada año.

donde $w_{j,t}^o = \frac{w_{j,t}^o}{P_t^c}$ y $(1 + \pi_t^c) = \frac{P_t^c}{P_{t-1}^c}$. Este ajuste pasivo implica una actualización que considera un promedio ponderado geométrico de la inflación doméstica pasada, $(1 + \pi_{t+s-1})$, y de la meta de inflación establecida por la autoridad monetaria, $\bar{\pi}$. El grado de indexación es controlado por el parámetro $\chi_w^o \in [0,1]$ y el término $\frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p}$ permite prevenir una alta dispersión de los precios alrededor de la trayectoria de crecimiento de estado estacionario. Por consiguiente, el problema al que se enfrenta el hogar *ricardiano* j , el que puede reoptimizar sus salarios en t es:

$$\begin{aligned} & \max_{w_{j,t}^o} \mathbf{E}_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \phi_n^o)^i \left\{ \Lambda_{j,t+i}^{o,y} w_{j,t+i}^o n_{j,t+i}^o - \theta^o \frac{n_{j,t+i}^{o,1+\gamma_n}}{1+\gamma_n} \right\} \\ \text{s. a. } & n_{j,t+i}^o = \left(\frac{w_{j,t+i}^o}{w_{t+i}^o} \right)^{-\varepsilon_n^o} n_{t+i}^o \\ & w_{j,t+i}^o = w_{j,t}^o (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)i} \prod_{s=1}^i \frac{(1+\pi_{t+s-1})\chi_w^o}{(1+\pi_{t+s}^c)} \left(\frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p} \right) \end{aligned}$$

Los hogares que no ajustan sus precios de manera frecuente, únicamente lo hacen cuando reciben una señal. En cada período, la probabilidad para cualquier hogar de recibir esa señal y ajustar los precios es de $1 - \phi_n^o$. Al resolver el problema descrito se obtiene la siguiente expresión:

$$f_{1,t} = f_{2,t} \quad (16)$$

donde,

$$\begin{aligned} f_{1,t} & \equiv w_{j,t}^o \left(\frac{\varepsilon_n^o - 1}{\varepsilon_n^o} \right) \mathbf{E}_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \phi_n^o)^i \Lambda_{j,t+i}^{o,y} \dots \\ & \left(\frac{w_{j,t}^o}{w_{t+i}^o} \right)^{-\varepsilon_n^o} n_{t+i}^o \left((1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)i} \prod_{s=1}^i \frac{(1+\pi_{t+s-1})\chi_w^o}{(1+\pi_{t+s}^c)} \left(\frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p} \right) \right)^{1-\varepsilon_n^o} \end{aligned}$$

$$f_{2,t} \equiv$$

$$\mathbf{E}_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \phi_n^o)^i \theta^o \left((1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)i} \prod_{s=1}^i \frac{(1+\pi_{t+s-1})\chi_w^o}{(1+\pi_{t+s}^c)} \left(\frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p} \right) \frac{w_{j,t}^o}{w_{t+i}^o} \right)^{-\varepsilon_n^o(1+\gamma_n)} n_{t+i}^{o,(1+\gamma_n)}$$

Todos los hogares *ricardianos* que pueden optimizar sus salarios en este período establecen el mismo salario ($w_{j,t}^o = w_t^{o,op} \forall j$) por la existencia de mercados completos en este modelo, lo cual permite a los hogares cubrirse del riesgo de cambios temporales de salarios. De esta manera, se puede eliminar el subíndice j de todas las variables y escribiendo esas expresiones en forma recursiva las mismas llegan a ser:

$$f_{1,t} = \left(\frac{\varepsilon_n^o - 1}{\varepsilon_n^o} \right) w_{j,t}^{o,op,(1-\varepsilon_n^o)} \Lambda_{j,t}^{o,y} w_t^{o,\varepsilon_n^o} n_t^{op} \dots$$

$$+ \beta \phi_n^o \left(\frac{w_{j,t}^{o,op,(1-\varepsilon_n^o)}}{w_{j,t+1}^{o,op,(1-\varepsilon_n^o)}} \right) \left((1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)} \frac{(1+\pi_t)\chi_w^o}{(1+\pi_{t+1}^c)} \left(\frac{A_t^p}{A_{t-1}^p} \right) \right)^{1-\varepsilon_n^o} f_{1,t+1} \quad (17)$$

$$f_{2,t} = \theta^o \left(\frac{w_{j,t}^{o,op}}{w_t^o} \right)^{-\varepsilon_n^o(1+\gamma_n)} n_t^{o,(1+\gamma_n)} \dots$$

$$+ \beta \phi_n^o \left((1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)} \frac{(1+\pi_t)\chi_w^o}{(1+\pi_{t+1}^c)} \left(\frac{A_t^p}{A_{t-1}^p} \right) \frac{w_{j,t}^{o,op}}{w_{t+1}^o} \right)^{-\varepsilon_n^o(1+\gamma_n)} f_{2,t+1}, \quad (18)$$

resolviendo estas dos ecuaciones se obtiene la expresión para los salarios óptimos, $w_t^{o,op}$. Finalmente, en un equilibrio simétrico y en cada período, una proporción $1 - \phi_n^o$ de hogares *ricardianos* establece $w_t^{o,op}$ como su salario, en tanto que la proporción restante, ϕ_n^o sigue la regla pasiva de indexación de salarios. Por consiguiente, el índice de salarios reales es como sigue:

$$w_t^{o,(1-\varepsilon_n^o)} = \phi_n^o \left(\bar{\pi}^{(1-\chi_w^o)} \frac{\pi_{t-1}^{\chi_w^o}}{\pi_t^c} \left(\frac{A_{t-1}^A}{A_{t-2}^p} \right) \right)^{1-\varepsilon_n^o} w_{t-1}^{o,1-\varepsilon_n^o} + (1 - \phi_n^o) w_t^{o,op,(1-\varepsilon_n^o)}, \quad (19)$$

dicha expresión indica que los salarios reales son un promedio geométrico de los salarios reales pasados y los nuevos salarios óptimos.

Igual que los agentes *ricardianos*, en este modelo también se asume que los agentes *no-ricardianos* establecen sus salarios á la Calvo. Por lo tanto, la función de demanda de trabajo y el salario real de los agentes *no ricardianos* está dado por:

$$(n_{j,t}^r) = \left(\frac{w_{j,t}^r}{w_t^r} \right)^{-\varepsilon_n^r} n_t^r \quad (20)$$

$$w_t^r = \left(\int_0^1 w_{j,t}^{r,1-\varepsilon_n^r} dj \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon_n^r}} \quad (21)$$

La probabilidad de reoptimizar el salario para un agente *no ricardiano* en un período dado es $1 - \phi_n^r$ y la probabilidad de ajustarlo en i períodos sería $1 - \phi_n^{i,r}$. El problema de maximización de estos agentes es equivalente al descrito arriba para los agentes *ricardianos* y está dado por:

$$\max_{w_{jt}^r} E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta^r \phi_n^r)^i \left\{ \Lambda_{jt+i}^{r,y} w_{jt+i}^r n_{jt+i}^r - \theta^r \frac{n_{jt+i}^{r,1+\gamma_n}}{1+\gamma_n} \right\}$$

$$\text{s. an}_{jt+i}^r = \left(\frac{w_{jt+i}^r}{w_{t+i}^r} \right)^{-\varepsilon_n^r} n_{t+i}^r$$

$$w_{j,t+i}^r = w_{j,t}^r (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^r)i} \prod_{s=1}^i \frac{(1+\pi_{t+s-1})^{\chi_w^r}}{(1+\pi_{t+s}^c)} \left(\frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p} \right)$$

De la condición de primer orden de este problema, se obtiene a una solución similar a la de los agentes optimizadores,

$$f_{1,t}^r = f_{2,t}^r \quad (22)$$

en donde,

$$f_{1,t}^r = \left(\frac{\varepsilon_n^r - 1}{\varepsilon_n^r} \right) w_{j,t}^{r,op,(1-\varepsilon_n^r)} \Lambda_{j,t}^{y,r} w_t^{r,\varepsilon_n^r} n_t^r \quad \dots$$

$$+ \beta^r \phi_n^r \left(\frac{w_{j,t}^{r,op,(1-\varepsilon_n^r)}}{w_{j,t+1}^{r,op,(1-\varepsilon_n^r)}} \right) \left((1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^r)} \frac{(1+\pi_t)\chi_w^r}{(1+\pi_{t+1}^c)} \left(\frac{A_t^p}{A_{t-1}^p} \right) \right)^{1-\varepsilon_n^r} f_{1,t+1}^r \quad (23)$$

$$f_{2,t}^r = \theta^r \left(\frac{w_{j,t}^{r,op}}{w_t^r} \right)^{-\varepsilon_n^r(1+\gamma_n)} n_t^{r,(1+\gamma_n)} \quad \dots$$

$$+ \beta^r \phi_n^r \left((1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^r)} \frac{(1+\pi_t)\chi_w^r}{(1+\pi_{t+1}^c)} \left(\frac{A_t^p}{A_{t-1}^p} \right) \frac{w_{j,t}^{r,op}}{w_{t+1}^r} \right)^{-\varepsilon_n^r(1+\gamma_n)} f_{2,t+1}^r \quad (24)$$

Finalmente, el índice de salarios de los hogares restringidos está dado por:

$$w_t^{r,(1-\varepsilon_n^r)} = \phi_n^r \left((1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^r)} \frac{(1+\pi_{t-1})\chi_w^r}{(1+\pi_t^c)} \left(\frac{A_{t-1}^p}{A_{t-2}^p} \right) \right)^{1-\varepsilon_n^r} w_{t-1}^{r,(1-\varepsilon_n^r)}$$

$$+ (1 - \phi_n^r) w_t^{r,op,(1-\varepsilon_n^r)}, \quad (25)$$

nótese que también el índice de salario real es un promedio geométrico de los salarios pasados y de los salarios óptimos, $w_t^{r,op}$. Esto es algo característico del establecimiento de precios á la Calvo.

Además, tanto para los hogares *ricardianos*, como para los *no ricardianos* la proporción de hogares que indexa parcialmente o que sigue la regla pasiva de actualización de salarios lo hace tomando en cuenta la inflación pasada total, π_{t-1} y no la inflación subyacente, π_t^c . Esto es relevante porque define un canal importante de cómo los *shocks* de precios de las materias primas energéticas y no energéticas se propagan en este modelo, lo cual se hará evidente más adelante en la agregación de la inflación total.

Como se mencionó anteriormente, en esta economía existe una agencia encargada de comprar y agregar el trabajo ofrecido por los hogares *ricardianos* y *no ricardianos*, la cual produce un único trabajo agregado el cual vende a las firmas productoras de bienes intermedios. La agencia agregadora de trabajo toma como dado los salarios agregados de la economía, w_t , y los salarios agregados de ambos tipos de hogares, w_t^o y w_t^r , y resuelve el problema de maximización siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{n_t^o, n_t^r} \quad & w_t n_t - w_t^o n_t^o - w_t^r n_t^r \\ \text{s. a.} \quad & n_t = n_t^{o,d \lambda} n_t^{r,d (1-\lambda)}. \end{aligned}$$

De esta manera, las demandas de trabajo son:

$$n_t^{o,d} = \lambda n_t \frac{w_t}{w_t^o} \tag{26}$$

$$n_t^{r,d} = (1 - \lambda) n_t \frac{w_t}{w_t^r}, \tag{27}$$

En equilibrio las demandas de trabajo satisfacen $n_t^{r,d} = (1 - \lambda)n_t^r$ y $n_t^{o,d} = \lambda n_t^o$, donde λ es la proporción de hogares optimizadores y la fracción restante, $(1 - \lambda)$, es la proporción de hogares restringidos de liquidez.

3.2 El sector distribuidor

El sector distribuidor está integrado por dos segmentos. Al final, se tiene un productor de un bien de consumo y un productor de un bien destinado a la inversión, mientras que un productor del bien doméstico final agrega todos los bienes domésticos intermedios para producir el bien doméstico final.

3.2.1 Productores del bien de consumo final y el bien de inversión

En lo más alto de la cadena de distribución, existen dos productores que producen en mercados competitivos un bien de consumo y un bien destinado a la inversión. Estas empresas agregan el consumo e inversión domésticos ($c_{jt}^d, x_{jt}^{o,d}$) con el consumo e inversión importados ($(c_{jt}^f, x_{jt}^{o,f})$). De esta manera, los bienes de consumo e inversión son una especie de bienes compuestos entre bienes importados y domésticos.¹⁰ Para cualquier nivel de consumo e inversión, cada hogar adquiere (demanda) en el período t una combinación de bienes domésticos e importados, de tal manera que minimiza el costo de su canasta compuesta de consumo e inversión. Para ello, cada hogar se enfrenta a los siguientes problemas de minimización:

$$\begin{aligned} \min_{\{c_{jt}^d, c_{jt}^f\}} \quad & P_t^{cd} c_{jt}^d + P_t^{cf} c_{jt}^f \\ \text{s. a.} \quad & c_{jt} = \left[(1 - \alpha^c)^{\frac{1}{\eta^c}} (c_{jt}^d)^{\frac{\eta^c - 1}{\eta^c}} + \alpha^{\frac{1}{\eta^c}} (c_{jt}^f)^{\frac{\eta^c - 1}{\eta^c}} \right]^{\frac{\eta^c}{\eta^c - 1}} \\ \\ \min_{\{x_{jt}^{o,d}, x_{jt}^{o,f}\}} \quad & P_t^{xd} x_{jt}^{o,d} + P_t^{xf} x_{jt}^{o,f} \\ \text{s. a.} \quad & x_{jt}^o = \left[(1 - \alpha^x)^{\frac{1}{\eta^x}} (x_{jt}^{o,d})^{\frac{\eta^x - 1}{\eta^x}} + \alpha^{\frac{1}{\eta^x}} (x_{jt}^{o,f})^{\frac{\eta^x - 1}{\eta^x}} \right]^{\frac{\eta^x}{\eta^x - 1}} \end{aligned}$$

donde η^c y η^x son las elasticidades de sustitución entre bienes importados y domésticos para el consumo y la inversión, respectivamente, α^c y α^x son la

¹⁰ Para facilitar la exposición de la agregación del consumo en esta parte se omiten las identificaciones para agentes *ricardianos* y *no ricardianos*, esto es porque para simplificar el análisis se asume una composición similar de la canasta de consumo para ambos agentes.

participación de los bienes importados dentro de las canastas de consumo e inversión, respectivamente, $P_t^{cd}, P_t^{cf}, P_t^{xd}$ y P_t^{xf} son los precios de los bienes de consumo domésticos e importados, y de los precios de los bienes de inversión domésticos e importados, respectivamente. De las condiciones de primer orden de estos problemas se obtienen:

$$c_t^d = (1 - \alpha^c) \left(\frac{P_t^{cd}}{P_t^c} \right)^{-\eta^c} c_{jt} \quad (28)$$

$$c_{jt}^f = \alpha^c \left(\frac{P_t^{cf}}{P_t^c} \right)^{-\eta^c} c_{jt} \quad (29)$$

$$x_{jt}^{o,d} = (1 - \alpha^x) \left(\frac{P_t^{xd}}{P_t^x} \right)^{-\eta^x} x_{jt}^o \quad (30)$$

$$x_{jt}^{o,f} = \alpha^x \left(\frac{P_t^{xf}}{P_t^x} \right)^{-\eta^x} x_{jt}^o \quad (31)$$

Las expresiones (28)-(31) representan las demandas de bienes de consumo e inversión domésticos e importados, respectivamente. Donde la ecuación para el índice de precios al consumidor es:

$$P_t^c = \left[(1 - \alpha^c) (P_t^{cd})^{(1-\eta^c)} + \alpha^c (P_t^{cf})^{(1-\eta^c)} \right]^{\frac{1}{1-\eta^c}}, \quad (32)$$

de lo anterior es posible calcular la inflación agregada, al dividir la expresión para P_t^c entre P_{t-1}^c ,

$$\pi_t^c = \left[(1 - \alpha^c) (\pi_t^{cd})^{1-\eta^c} \left(\frac{P_{t-1}^{cd}}{P_{t-1}^c} \right)^{1-\eta^c} + \alpha^c (\pi_t^{cf})^{1-\eta^c} \left(\frac{P_{t-1}^{cf}}{P_{t-1}^c} \right)^{1-\eta^c} \right]^{\frac{1}{1-\eta^c}}. \quad (33)$$

El precio relativo de la inversión es:

$$\frac{P_t^x}{P_t^c} = \left[(1 - \alpha^x) \left(\frac{P_t^{xd}}{P_t^c} \right)^{1-\eta^x} + (\alpha^x)^{\frac{1}{\eta^x}} \left(\frac{P_t^{xf}}{P_t^c} \right)^{1-\eta^x} \right]^{\frac{1}{1-\eta^x}} \quad (34)$$

donde los precios relativos asociados a la inversión son $\frac{P_t^{xd}}{P_t^x} = \frac{P_t^y}{P_t^c} \left(\frac{P_t^x}{P_t^c} \right)^{-1}$, $\frac{P_t^{xf}}{P_t^x} =$

$$\frac{P_t^f}{P_t^c} \left(\frac{P_t^x}{P_t^c} \right)^{-1} \text{ y } \frac{P_t^f}{P_t^c} = \frac{s_t P_t^* P_t^{f*}}{P_t^c P_t^*}.$$

3.2.2 Firma productora de bienes finales

El bien doméstico y_t^d se produce por empresas minoristas utilizando una tecnología con retornos constantes de escala,

$$y_t^d = \left(\int_0^1 (y_{i,t})^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}, \quad (35)$$

donde $y_{i,t}$ representa la cantidad de bien intermedio i utilizado como insumo y $\varepsilon > 1$ es la elasticidad de sustitución entre insumos. El problema de maximización de beneficios es

$$\begin{aligned} \max P_t^y y_t^d - \int_0^1 P_{i,t}^y y_{i,t} di \\ \text{s. a } y_t^d = \left(\int_0^1 (y_{i,t})^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}. \end{aligned}$$

Así, del problema de minimización de costos, tomando como dado el precio del bien final, P_t^y y el precio del bien intermedio $P_{i,t}$, se obtiene la demanda de la variedad i :

$$y_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t}^y}{P_t^y} \right)^{-\varepsilon} y_t^d, \quad (36)$$

donde y_t^d es la demanda total por el producto doméstico y $y_t^d = c_t^d + c_t^{d*} + x_t^d$.

Además, el índice de precios al productor, usando la condición de cero beneficios,

está dada por:

$$P_t^y = \left(\int_0^1 (P_{i,t}^y)^{1-\varepsilon} di \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$$

3.3 Productores del bien intermedio

La función de producción para la firma representativa productora de bienes intermedios es dada por:

$$y_{i,t} = A_t z_t^y k_{i,t-1}^\alpha n_{i,t}^{1-\alpha}, \quad (37)$$

donde $A_t = (A_t^p)^{1-\alpha}$ es un *shock* de productividad tal que $\frac{A_t}{A_{t-1}} = \bar{g}^A + \sigma_\xi \xi_t$. De esta manera, las demandas óptimas para el capital y el trabajo son:

$$k_{i,t-1} = mc_{it}^y \alpha \frac{y_{it}}{r_t^k} \quad (38)$$

$$n_{i,t} = mc_{it}^y (1 - \alpha) \frac{y_{it}}{w_t}, \quad (39)$$

donde mc_{it} es el costo marginal de la firma i . Dado que la firma tiene retornos constantes a escala es posible calcular el costo marginal real del nivel de capital y trabajo necesarios para producir una unidad de producto,

$$mc_{it}^{yd} = \left(\frac{1}{\alpha}\right)^\alpha \left(\frac{1}{1-\alpha}\right)^{1-\alpha} \frac{(r_t^k)^\alpha w_t^{1-\alpha}}{A_t z_t^y}. \quad (40)$$

El costo marginal es igual para todas las empresas $mc_{it}^{yd} = mc_t^{yd}$; es decir, todas las firmas tienen la misma tecnología y todas las firmas enfrentan los mismos precios. En una segunda etapa, los productores de bienes intermedios establecen sus precios maximizando beneficios reales descontados. Se asume que establecen dichos precios utilizando el mismo esquema de salarios de los hogares. En cada

período, una fracción $1 - \phi^y$ de firmas puede cambiar sus precios, mientras que las firmas restantes, ϕ^y , siguen una regla pasiva de actualización de precios también similar a la descrita para los salarios de los hogares. El grado de indexación de los precios domésticos es controlada por $\chi_y \in [0,1]$. El problema de maximización de beneficios es:

$$\max_{P_{i,t}} E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^y \beta)^\tau \frac{\Lambda_{t+\tau}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} \left\{ \left(\frac{P_{i,t+\tau}^y}{P_{t+\tau}^c} - mc_{t+\tau}^{yd} \right) \left(\frac{P_{i,t+\tau}^y}{P_{t+\tau}^y} \right)^{-\varepsilon} y_{t+\tau}^d \right\}$$

$$\text{s. a. } P_{i,t+\tau}^y = P_{i,t}^y (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_y)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} (1 + \pi_{t+s-1})^{\chi_y}$$

De la condición de primer orden de este problema se obtiene una solución similar a la de los salarios de los hogares:

$$\frac{P_{i,t}^{y,op}}{P_t^y} = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon-1)} \frac{f_{1,t}^y}{f_{2,t}^y}, \quad (41)$$

donde,

$$f_{1,t}^y = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^y \beta)^\tau \frac{\Lambda_{t+\tau}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} y_{t+\tau}^d \left\{ (mc_{t+\tau}^{yd}) \left[(1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_y)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} \frac{(1+\pi_{t+s-1})^{\chi_y}}{1+\pi_{t+s}^y} \right]^{-\varepsilon} \right\}$$

$$f_{2,t}^y = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^y \beta)^\tau \frac{\Lambda_{t+\tau}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} y_{t+\tau}^d \left\{ \left[(1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_y)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} \frac{(1+\pi_{t+s-1})^{\chi_y}}{1+\pi_{t+s}^y} \right]^{1-\varepsilon} \left(\frac{P_{t+\tau}^y}{P_{t+\tau}^c} \right) \right\}$$

Estas expresiones de forma recursiva son:

$$f_{1,t}^y = y_t^d mc_t^{yd} + (\phi^y \beta) \frac{\Lambda_{t+1}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} \left[(1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_y)} \frac{(1+\pi_t)^{\chi_y}}{1+\pi_{t+1}^y} \right]^{-\varepsilon} f_{1,t+1}^y \quad (42)$$

$$f_{2,t}^y = y_t^d \left(\frac{P_t^y}{P_t^c} \right) + \phi^y \beta \frac{\Lambda_{t+1}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} \left[(1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_y)} \frac{(1+\pi_t)^{\chi_y}}{1+\pi_{t+1}^y} \right]^{1-\varepsilon} f_{2,t+1}^y. \quad (43)$$

Los precios domésticos están dados por:

$$(P_t^y)^{1-\varepsilon} = \phi^y (P_t^r)^{1-\varepsilon} + (1 - \phi^y) (P_t^{op})^{1-\varepsilon},$$

dividiendo por $(P_t^y)^{1-\varepsilon}$, se obtiene

$$1 = \phi^y \left(\frac{P_t^r}{P_t^y} \right)^{1-\varepsilon} + (1 - \phi^y) \left(\frac{P_t^{op}}{P_t^y} \right)^{1-\varepsilon}, \quad (44)$$

donde P_t^r está definido como $P_t^r = P_{t-1}^y \bar{\pi}^{(1-\chi_y)} (\pi_{t-1})^{\chi_y}$.

3.3.1 Firmas importadoras

El sector importador consiste en un continuo de empresas que compran un bien homogéneo en el mercado externo y posteriormente lo convierten en un bien importado diferenciado. En el agregado, las empresas combinan sus bienes diferenciados para obtener un bien final importado, y_t^m . Las diferentes empresas importadoras compran en el extranjero al precio $P_t^{f,*}$. Cada empresa importadora posee un poder monopólico sobre el precio minorista de su variedad. Se supone rigidez de precios al convertir los precios a moneda local para permitir un efecto traspaso incompleto del tipo de cambio hacia los precios de las importaciones. Similar a las empresas productoras de bienes intermedios, las empresas importadoras ajustan sus precios locales de forma irregular, únicamente cuando reciben una señal, la que tiene una probabilidad de $1 - \phi_m$ cada período. Como en el caso de los bienes producidos localmente, al no recibir una señal, la empresa actualiza su precio siguiendo una regla pasiva. Sin embargo, cuando la empresa recibe la señal escoge su nuevo precio maximizando la siguiente expresión:

$$\max E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^m \beta)^\tau \frac{\Lambda_{t+\tau}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} \left\{ \left(\frac{P_{z,t+\tau}^f}{P_{t+\tau}^c} - \frac{m c_{t+\tau}^{ym}}{P_{t+\tau}^c} \right) \left(\frac{P_{z,t+\tau}^f}{P_{t+\tau}^f} \right)^{-\varepsilon_m} y_{t+\tau}^m \right\}$$

$$s. aP_{z,t+\tau}^f = P_{z,t}^f (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} (1 + \pi_{t+s-1}^f)^{\chi_m}$$

donde el costo marginal nominal en moneda doméstica es $mc_t^{ym} = s_t P_t^{f*}$, y_t^m es la demanda total por el producto importado. En este modelo la demanda de bienes importados es la sumatoria de la demanda de bienes de consumo y de inversión importados, $y_t^m = c_t^f + x_t^f$, y $P_t^f = \left(\int_0^1 (P_{z,t}^f)^{1-\varepsilon_m} dz \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon_m}}$. La restricción representa una regla de indexación parcial a la inflación pasada y el grado de indexación está determinado por χ_m .

De la condición de primer orden del problema de maximización anterior se obtiene:

$$\frac{P_{z,t}^f}{P_t^f} = \frac{\varepsilon_m}{(\varepsilon_m - 1)} \frac{f_{1,t}^f}{f_{2,t}^f}$$

donde,

$$f_{1,t}^f = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^m \beta)^{\tau} \frac{\Lambda_{t+\tau}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} y_{t+\tau}^m \left\{ \frac{mc_{t+\tau}^{ym}}{P_{t+\tau}^c} \left[(1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} \frac{(1 + \pi_{t+s-1}^f)^{\chi_m}}{(1 + \pi_{t+s}^f)} \right]^{-\varepsilon_m} \right\}$$

$$f_{2,t}^f = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^m \beta)^{\tau} \frac{\Lambda_{t+\tau}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} y_{t+\tau}^m \left\{ \left[(1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} \frac{(1 + \pi_{t+s-1}^f)^{\chi_m}}{(1 + \pi_{t+s}^f)} \right]^{1-\varepsilon_m} \left(\frac{P_{t+\tau}^f}{P_{t+\tau}^c} \right) \right\},$$

estas expresiones escritas de forma recursiva llegan a ser:

$$f_{1,t}^f = y_t^m \frac{mc_t^{ym}}{P_t^c} + (\phi^m \beta) \frac{\Lambda_{t+1}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} \left[(1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)} \frac{(1 + \pi_t^f)^{\chi_m}}{(1 + \pi_{t+1}^f)} \right]^{-\varepsilon_m} f_{1,t+1}^f \quad (45)$$

$$f_{2,t}^f = y_t^m \frac{P_t^f}{P_t^c} + \phi^m \beta \frac{\Lambda_{t+1}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} \left[(1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)} \frac{(1 + \pi_t^f)^{\chi_m}}{(1 + \pi_{t+1}^f)} \right]^{1-\varepsilon_m} f_{2,t+1}^f \quad (46)$$

La ecuación para el precio óptimo es:

$$\frac{P_{z,t}^{f,op}}{P_t^f} = \frac{\varepsilon_m}{(\varepsilon_m - 1)} \frac{f_{1,t}^f}{f_{2,t}^f} \quad (47)$$

y recordando que el índice de precios está dado por $P_t^f = \left(\int_0^1 (P_{z,t}^f)^{1-\varepsilon_m} dz \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon_m}}$ se tiene que:

$$(P_t^f)^{1-\varepsilon_m} = \phi^m (P_t^{f,r})^{1-\varepsilon_m} + (1 - \phi^m) (P_t^{f,op})^{1-\varepsilon_m},$$

luego dividiendo esta última expresión por $(P_t^f)^{1-\varepsilon_m}$

$$1 = \phi^m \left(\frac{P_t^{f,r}}{P_t^f} \right)^{1-\varepsilon_m} + (1 - \phi^m) \left(\frac{P_t^{f,op}}{P_t^f} \right)^{1-\varepsilon_m}, \quad (48)$$

donde $P_t^{f,r}$ está definido como $P_t^{f,r} = P_{t-1}^f (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)} (1 + \pi_{t-1}^f)^{\chi_m}$

3.4 Política monetaria

La función de reacción del banco central, también conocida como regla de política monetaria está especificada en la forma de una regla de Taylor, como se observa en la ecuación (49):

$$i_t = i_{t-1}^{\rho^i} \left(\bar{i} \left(\frac{1 + \pi_t^c}{1 + \bar{\pi}} \right)^{\gamma_\pi} \left(\frac{y_t^d}{y_{t-1}^d} \frac{1}{\bar{g}^y} \right)^{\gamma_y} \right)^{1-\rho^i} e^{\xi_t^i} \quad (49)$$

donde \bar{i} y $\bar{\pi}$ representan la tasa de interés nominal de mediano plazo y la meta de inflación, también de mediano plazo, respectivamente, y ξ_t^i es un *shock* de política monetaria donde $\xi_t^i \sim N(0, \sigma_{\xi^i})$. De acuerdo con la política monetaria de Guatemala, el instrumento de política utilizado es la tasa de interés de corto plazo. La inclusión de un rezago de la misma tasa de interés de política dentro de la función de reacción obedece a las preferencias de la autoridad monetaria por evitar fluctuaciones significativas en la tasa de interés que puedan generar mayor

volatilidad e incertidumbre sobre las demás variables incluidas en la regla. Así, el parámetro ρ_i controla el grado de suavizamiento de la tasa de interés de política monetaria. En consistencia con la especificación de la ecuación (49), γ_π y γ_y son, respectivamente, las respuestas de mediano plazo de la autoridad monetaria ante desvíos de la tasa de inflación y del crecimiento del producto, respecto a sus valores de estado estacionario.

3.5 Inflación total

En este modelo la inflación total se desagrega en dos componentes: inflación subyacente, π^c , y un componente adicional definido como inflación de otros productos, π^{ot} , que está compuesta por la inflación de vegetales y legumbres, inflación de derivados del maíz y trigo, e inflación asociada a las materias primas energéticas. Esta desagregación de la inflación total y la forma en que se construyeron las curvas de Phillips (para los salarios de los agentes ricardianos y no-ricardianos, para los precios domésticos y para la inflación importada) en este modelo, permiten de forma conjunta identificar los efectos directos e indirectos de los *shocks* de los precios de alimentos y materias primas energéticas sobre la inflación. Los efectos directos de precios se refieren a los efectos que tienen cambios en los precios de estos bienes sobre la inflación total a través de π^{ot} , mientras que los efectos indirectos se refieren a los efectos sobre la inflación subyacente. En el modelo, los efectos indirectos o efectos de segunda vuelta se materializan a través de las reglas pasivas de actualización de precios que siguen los agentes incapaces de optimizar sus precios en el momento t , afectando la

inflación en una proporción de agentes (agentes que no optimizan sus precios, ϕ^y , para la curva de Phillips de la inflación doméstica, por ejemplo) y afectando las expectativas de inflación en la proporción restante de agentes (agentes que pueden optimizar, $1 - \phi^y$ para la inflación doméstica) que en su proceso de optimización de precios toman la regla pasiva de actualización como dada. Tomando en cuenta esta interrelación de los precios de los bienes f en este modelo, en la parte de resultados se presenta el análisis respectivo. La inflación total se define de la siguiente manera:

$$\pi_t = (\pi_t^f)^{1-\kappa^{ot}} (\pi_t^{ot})^{\kappa^{ot}} \quad (50)$$

donde κ^{ot} representa la ponderación en el índice de precios al consumidor (IPC) de la inflación de otros productos. En conjunto estos componentes, para el caso guatemalteco, suman 19.2 puntos porcentuales, mientras que la ponderación restante (80.8%) corresponde a la inflación subyacente.

3.6 Sector externo

Esta economía está relacionada con la economía mundial a través del comercio de bienes y servicios y el mercado de capitales. El comportamiento del segmento importador se describió anteriormente, mientras que el sector exportador y la tasa de interés que enfrenta la economía nacional se describen en esta sección. En este modelo se asume que la demanda de exportaciones nacionales, c_t^{d*} , se comporta de la siguiente manera:

$$c_t^{d*} = \left(\frac{P_t^{e*}}{P_t^*} \right)^{-\varepsilon_e} c_t^* \quad (51)$$

donde c_t^* es la demanda externa y sigue un proceso autorregresivo de orden 1:

$$c_t^* = (c_{t-1}^*)^{\rho^{c^*}} (\bar{c}^*)^{1-\rho^{c^*}} e^{\xi_t^{c^*}}, \quad (52)$$

y donde \bar{c}^* es la media del proceso exógeno y $\xi_t^{c^*} \sim \mathcal{N}(\mathbf{0}, \sigma^{\xi^{c^*}})$. El precio de las exportaciones guatemaltecas se determina en el mercado mundial y se define:

$$\frac{P_t^{e^*}}{P_t^*} = \frac{P_t^y}{s_t} \left(\frac{1}{P_t^*} \right) \left(\frac{P_t^c}{P_t^c} \right) = \frac{P_t^y}{P_t^c} \left(\frac{P_t^c}{s_t P_t^*} \right).$$

De acuerdo con [13], en este modelo se impone la condición que asegura que la deuda externa se aproxime a una determinada relación con respecto a las exportaciones totales

$$i_t^* = \bar{i}_t^* z_t^{i^*} \exp \left\{ \Omega_u \left[\left(\frac{s_t P_t^* b_t^*}{P_t^c} \right) - \bar{b}^* \right] \right\} \quad (53)$$

donde \bar{i}^* es la tasa de interés nominal libre de riesgo, $\frac{s_t P_t^* b_t^*}{P_t^c}$ representa la relación deuda externa a exportaciones, \bar{b}^* es el valor meta de la relación deuda exportaciones, Ω_u es un parámetro que afecta la dinámica del modelo y $z_t^{i^*}$ es un *shock* a la prima de riesgo que sigue un proceso autoregresivo,

$$z_t^{i^*} = (z_{t-1}^{i^*})^{\rho^{z^*}} (\bar{z}^*)^{1-\rho^{z^*}} e^{\xi_t^{z^*}}, \quad (54)$$

y donde \bar{z}^{i^*} es la media del proceso exógeno y $\xi_t^{z^*} \sim \mathcal{N}(\mathbf{0}, \sigma^{\xi^{z^*}})$.

Finalmente, las remesas provenientes del exterior, tr_t^* , la inflación externa, π_t^* , y los precios relativos de los bienes importados se definen de la siguiente manera:

$$tr_t^* = tr_{t-1}^{*} \rho^{tr^*} \bar{tr}^{*(1-\rho^{tr^*})} e^{\xi_t^{tr^*}} \quad (55)$$

$$\pi_t^* = (\pi_{t-1}^*)^{\rho^{\pi^*}} (\bar{\pi}^*)^{1-\rho^{\pi^*}} e^{\xi_t^{\pi^*}} \quad (56)$$

$$\frac{P_t^{f*}}{P_t^*} = \left(\frac{P_{t-1}^{f*}}{P_{t-1}^*} \right)^{\rho^{Pf*}} \left(\frac{\bar{P}^{f*}}{\bar{P}^*} \right)^{1-\rho^{Pf*}} e^{\xi_t^{Pf*}} \quad (57)$$

donde ξ_t^{tr*} , $\xi_t^{\pi*}$ y ξ_t^{Pf*} son procesos estocásticos con media 0 y varianza constante. Del total de remesas recibidas por los hogares guatemaltecos una proporción φ de la población total recibe el valor medio de dichas remesas. Es decir, en este modelo se asume que en el agregado solo una proporción φ de la población recibe remesas del exterior.

3.7 Sistema dinámico y condiciones de equilibrio

Un resumen completo del sistema de ecuaciones dinámico estacionarizado se presenta en el anexo A, al final del documento. Todas las variables en niveles se estacionarizaron utilizando el nivel de tecnología, A_t , para estacionarizar una variable en t . Es decir, cualquier variable $\tilde{X}_t = X_t/A_t$ se define como una variable en estado estacionario o en crecimiento balanceado a la tasa $g^A = A_t/A_{t-1}$, la cual es la tasa a la que crece la economía en este modelo. De igual manera, el anexo B presenta una descripción completa del sistema de ecuaciones en estado estacionario. A continuación se presentan algunas condiciones de equilibrio e identidades que caracterizan a esta economía:

1. Consumo: $c_t = \lambda c_t^o + (1 - \lambda)c_t^r$
2. El capital agregado es: $k_t = \lambda k_t^o$
3. Inversión: $x_t = \lambda x_t^o$
4. Inversión doméstica: $x_t^d = \lambda x_t^{o d}$
5. Inversión de origen importado: $x_t^f = \lambda x_t^{o f}$

6. Deuda externa: $b_t^* = \lambda b_t^{o*}$
7. Demanda agregada doméstica: $y_t^d = c_t^d + c_t^{d*} + x_t^d$
8. Importaciones totales: $y_t^m = c_t^f + x_t^f$
9. Dividendos firmas : $d_t^y = \lambda d_t^{o,y}$ y $d_t^{ym} = \lambda d_t^{o,ym}$
10. Mercado laboral agregado: $n_t = n_t^{o,d\lambda} n_t^{r,d(1-\lambda)}$
11. Mercado laboral *ricardianos*: $n_t^{o,d} = \lambda n_t^o$
12. Mercado laboral *no-ricardianos*: $n_t^{r,d} = (1 - \lambda)n_t^r$
13. Remesas totales: $tr_t^* = \varphi tr_t^*$
14. Remesas *ricardianos*: $tr_t^{o*} = \lambda tr_t^*$
15. Remesas *no-ricardianos*: $tr_t^{r*} = (1 - \lambda)tr_t^*$

4 Estimación del modelo

La estimación se divide en dos etapas. La primera consiste en un algoritmo que encuentra valores para los parámetros del modelo que garanticen el estado estacionario a través de la minimización de criterios de una función de pérdida. En este caso, el criterio es la minimización de las razones en estado estacionario para las variables más relevantes. Consecuentemente, los valores resultantes para los parámetros dentro del algoritmo (también llamados "semillas") son utilizados como los valores *priors* en la segunda etapa, que se refiere a la calibración y estimación bayesiana. A continuación se describen con mayor detalle estas etapas.

4.1 El algoritmo

Una característica principal del modelo es la no linealidad en sus

ecuaciones. El método de resolución para este tipo de modelos consiste en transformar el conjunto de ecuaciones a una estructura lineal tomando como referencia el estado estacionario de las variables. Por ello, y dado que el modelo es no lineal, pueden existir muchos estados estacionarios que garanticen la resolución del mismo, aunque no necesariamente todos estos estados estacionarios tendrán coherencia con los estados estacionarios de las variables observables. Por tanto, este algoritmo encuentra valores para los parámetros de tal forma que las razones simuladas, obtenidas a través de la parametrización del modelo logren acercarse a las razones empíricas calculadas, con los datos de las variables observables. Para ello, el algoritmo busca minimizar la siguiente función de pérdida:

$$\min_{\theta} \sum_{i=1}^n (razones_empiricas_i - razones_teoricas_{i,\theta})^2 \quad (58)$$

donde i representa el número de razones y θ el conjunto de parámetros del modelo. Una vez determinada la función de pérdida, la secuencia de programas o etapas, de manera resumida, es la siguiente:

1. Se establece un conjunto de parámetros (elegidos aleatoriamente) como punto de partida.
2. Se inicializa la rutina optimizadora de parámetros. Dentro de esta rutina y dados los parámetros iniciales se encuentra una segunda optimización que se encarga de encontrar el estado estacionario del modelo y al mismo tiempo calcula la función de pérdida asociada a este conjunto de parámetros.
3. Como segunda etapa, la rutina optimizadora de parámetros determina otro conjunto de parámetros tomando como referencia la función de

pérdida de la etapa anterior para saber en qué dirección moverse dentro del conjunto de posibilidades que posee y así continúa hasta encontrar la mínima función de pérdida.

Las relaciones macroeconómicas que se incluyeron dentro del algoritmo son: cada uno de los componentes de demanda agregada (consumo, inversión, exportaciones e importaciones), remesas y deuda externa respecto al PIB, deuda externa a exportaciones y la proporción de consumo doméstico relativa al consumo total. Una vez establecidas estas razones, el algoritmo se corrió en varias ocasiones para encontrar distintas semillas, ya que si bien éstas garantizan tanto la solución del modelo como las razones de estado estacionario, éstas pueden carecer de intuición alguna. Después de correr el algoritmo y descartar las semillas que no estaban en línea con la intuición económica, se determinó la semilla utilizada en las distribuciones *priors*. Los resultados de este proceso se describen en la siguiente sección.

4.2 Estimación

Existen dos métodos comúnmente utilizados para solucionar y evaluar los modelos de equilibrio general dinámicos: el primero a través de estimación econométrica y un segundo método en el cual se calibran los parámetros del modelo. Los métodos de calibración fueron generalmente utilizados hasta hace pocos años, pero han perdido popularidad ante el avance de nuevos métodos econométricos de estimación y, en parte también, debido a la mejora significativa reciente de los métodos computacionales de solución de dichos modelos. El

enfoque utilizado para obtener las simulaciones en este estudio es una combinación de estimación empírica y de calibración. Cabe notar, como se muestra más adelante, que en su mayoría los parámetros del modelo fueron estimados por métodos bayesianos, utilizando el filtro de Kalman.¹¹ En esta sección se describen los métodos utilizados para la estimación.

4.2.1 Estimación bayesiana

El método de estimación del modelo utiliza métodos de inferencia bayesiana. Esto implica obtener la distribución posterior de los parámetros del modelo a partir de la representación espacio-estado de la versión log-linearizada del sistema de ecuaciones dinámicas que integran el modelo.¹² Para la estimación del modelo se utilizó el método de estimación bayesiana, que es un enfoque de información completo que permite estimar de forma conjunta los parámetros de los modelos de equilibrio general dinámicos. La estimación se basa en la función de probabilidad obtenida de la solución linearizada del modelo. Este método de inferencia permite formalizar el uso de información previa o preexistente (*priors*) para la estimación de modelos estructurales complejos. Dicho enfoque es particularmente relevante en situaciones donde la amplitud de la muestra de los datos utilizados para la estimación es corta, como sucede en Guatemala.

¹¹ Para una discusión más detallada de la metodología utilizada consultar [14] y [7], donde el primero de los autores describe con algún detalle el método empírico de estimación y el segundo presenta una revisión detallada de la literatura sobre la formulación y estimación de los modelos dinámicos estocásticos de equilibrio general, con un énfasis especial en los métodos bayesianos.

¹² Una característica fundamental de los métodos bayesianos es que son capaces de incorporar como *priors* los juicios y opiniones de los encargados de la implementación de la política, de la evolución de la economía (conocimiento experto) y/o permiten utilizar la información proveniente de las fuentes estadísticas a nivel microeconómico (encuestas de hogares, encuestas de empresas y censos de población, por ejemplo).

El enfoque de estimación se basa en el filtro de Kalman, donde un conjunto de variables se toman como no observables o ecuaciones de transición mientras otras variables se introducen como ecuaciones de medida u observables. El sistema de ecuaciones log-linearizado integra un sistema lineal de expectativas racionales que puede resumirse de la siguiente manera:

$$\Gamma_0(\theta)x_t = \Gamma_1(\theta)x_{t-1} + \Psi(\theta)\varepsilon_t + \Pi(\theta)\xi_t \quad (59)$$

donde x_t es un vector que contiene las variables del modelo expresadas en desviaciones logarítmicas con respecto a su valor de equilibrio de largo plazo, el cual incluye las variables endógenas y los procesos exógenos. El vector ε_t contiene las innovaciones tipo ruido blanco de los *shocks* incluidos en el modelo y el vector ξ_t es un vector que incluye los errores de pronóstico de las variables con formación de expectativas racionales. Las matrices Γ_0 , Γ_1 , Ψ y Π son funciones no lineales de los parámetros estructurales incluidos en θ . Así, la solución del sistema en (59) puede ser escrito de la siguiente manera:

$$x_t = \Omega_x(\theta)x_{t-1} + \Omega_\varepsilon\varepsilon_t, \quad (60)$$

donde Ω_x y Ω_ε son funciones de los parámetros estructurales. Ahora se define el vector de variables observables como y_t , el cual es asociado a las variables del modelo a través de la ecuación de medida:

$$y_t = Hx_t, \quad (61)$$

donde H es una matriz que selecciona los elementos de x_t . Las expresiones (60) y (61) corresponden a la representación espacio-estado del vector de variables y_t . De esta manera, si adicionalmente se supone que las innovaciones están

normalmente distribuidas, luego se puede calcular la función de probabilidad condicional de los parámetros estructurales, $\mathcal{L}(\theta|y^T)$, utilizando el filtro de Kalman, donde $y^T = \{y_1, \dots, y_T\}$. Si $p(\theta)$ es una función de distribución inicial (*priors*) de los parámetros estructurales, seguidamente se pueden utilizar los datos de las variables observables y^T para actualizar los parámetros iniciales a través de la función de probabilidad. Así, utilizando el teorema de Bayes se puede estimar la distribución posterior de los parámetros del modelo,

$$p(\theta|y^T) = \frac{\mathcal{L}(\theta|y^T)p(\theta)}{\int \mathcal{L}(\theta|y^T)p(\theta)d\theta}, \quad (62)$$

con el algoritmo Metropolis-Hastings. La lista de parámetros estimados incluidos en el vector θ se presentan en la tabla 5.

4.2.2 Calibración

Como se mencionó en la sección anterior, algunos de los parámetros del modelo fueron calibrados utilizando siempre el criterio de lograr que los valores de estado estacionario de algunas variables se aproximen a los de la economía guatemalteca. La tabla 3 presenta los principales valores de estado estacionario, calibrados en consistencia con los datos macroeconómicos observados. Los restantes parámetros calibrados se detallan en la tabla 4.

Para un mejor entendimiento, los resultados en la tabla 3 se presentan como tasas de crecimiento anuales elevadas al inverso de la cuarta potencia, de tal forma que los datos sean consistentes con la periodicidad trimestral del modelo. Por ejemplo, se asume un crecimiento económico y de la productividad de 3.5 por ciento anual, consistentes con el crecimiento del producto doméstico durante la última

década. La tasa de interés de política se estableció en 5.5 por ciento anual, mientras que la tasa de interés externa congruente con la paridad no cubierta de tasas y la prima de riesgo se determinó en 3.5 por ciento. En el caso de la inflación, para establecer su valor de estado estacionario se utilizó la meta de inflación de mediano plazo anunciada por la autoridad monetaria, 4.0 por ciento anual. Finalmente, los *shocks* en estado estacionario son cero.

4.3 Distribuciones iniciales y posteriores

En general, debido a que para Guatemala no existen estudios previos que fundamenten los valores empíricos de los *priors*, los valores utilizados para las desviaciones estándares de las distribuciones iniciales son relativamente grandes para que reflejan la incertidumbre asociada a dichos parámetros. En las primeras columnas de la tabla 5 se presentan las distribuciones iniciales (*priors*) para cada uno de los parámetros incluidos en el vector θ , así como su media y desviación estándar. Para los parámetros que se encuentran entre 0 y 1 se asumió una distribución *Beta* y para los parámetros con una distribución más amplia se utilizaron las distribuciones *Normal*, *Gamma* o *InvGamma*. En las siguientes columnas de dicha tabla, se presentan los resultados de las distribuciones posteriores obtenidas de la estimación bayesiana. Los resultados que se describen son el valor de la media, la desviación estándar y el los límites inferior y superior dentro del cual se encuentra el valor final obtenido. Para facilidad de lectura, la tabla clasifica los parámetros en categorías relevantes: hogares, firmas, rigideces a la Calvo, regla de política, inflación total y economía. Además, se incluyen los

parámetros de inercia y la desviación estándar de los *shocks*. En general, se observa que para la mayoría de los parámetros existe aprendizaje respecto a las distribuciones iniciales.

4.4 Descripción de los datos

Para la estimación del modelo, el vector de variables observables, y_t , incluye 12 variables que son: (i) tasa de interés nominal de corto plazo, (ii) las remesas enviadas por los migrantes a los hogares guatemaltecos, (iii) la inflación doméstica total y (iv) la inflación no subyacente que incluye los componentes de hortalizas, cereales y combustibles. También se incluyen los componentes de la demanda agregada, en términos reales: (v) producto, (vi) exportaciones, (vii) importaciones, (viii) inversión y (ix) consumo total, que incorpora los consumos privado y público. Y finalmente, tres variables externas: (x) tasa de interés, (xi) inflación y (xii) demanda.

Se utilizó una muestra de datos trimestrales de 2003 a 2013. Todas las variables (con excepción de las tasas de interés) fueron transformadas a tasas de crecimiento anuales trimestralizadas y luego su media histórica fue sustraída. En los casos que fue necesario, los datos se reescalaron alrededor de su valor de estado estacionario (por ejemplo, las variables externas). A continuación se describe cada una de las variables utilizadas para estimar el modelo:

1. **Tasa de interés de corto plazo** (*i*). Es la tasa de interés nominal de política monetaria, cuyo valor de estado estacionario es 5.5 por ciento anual.¹³

¹³ Hasta antes de adoptar el régimen de metas explícitas de inflación a principios de 2005 la información corresponde a la tasa de interés de reportos de 1 a 7 días en moneda nacional, mientras que a partir de 2005 la

2. **Remesas reales** (*Rem*). Se utiliza la información de remesas en dólares publicada por el Banco de Guatemala. Posteriormente, la serie es deflactada por el IPC externo multilateral y luego se obtiene la tasa de variación interanual para eliminar la estacionalidad de los datos.

3. **Inflación total** (π). La medida de inflación utilizada corresponde a la variación interanual del índice total de precios al consumidor.

4. **Inflación no subyacente** (π^{ot}). La medida de inflación utilizada corresponde a la inflación resto o no subyacente que incluye los productos de origen agrícola con alta volatilidad, los productos de maíz y sus derivados, los productos de trigo y los derivados del petróleo. Su ponderación en el índice total de precios al consumidor es 19.24 por ciento.

5. **Producto interno bruto** (*Pib*). Corresponde a los datos trimestrales de las Cuentas Nacionales. Para eliminar la estacionalidad inherente de la serie, para cada dato trimestral se obtiene la suma de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que al calcular la tasa de crecimiento anual sobre la nueva serie, los datos coincidan con las estimaciones oficiales de crecimiento del Banco de Guatemala. Además, basados en el promedio histórico, se considera una tasa de crecimiento del producto potencial de 3.5 por ciento anual.

6. **Exportaciones reales** (*Expo*). Se obtienen de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales. De igual forma que con el PIB, cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

información corresponde a la tasa de interés líder de política monetaria que establece la Junta Monetaria.

7. **Importaciones reales** ($Impo$). Se obtienen de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales. Cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

8. **Inversión real** (x). Se obtiene de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales. Cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

9. **Consumo total real** (c). Se obtiene de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales e incluye el gasto de consumo final de los hogares y del gobierno general. Cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

10. **Tasa de interés externa** (i^*). Esta variable dentro del modelo es la tasa de interés externa libre de riesgo más una prima de riesgo (que es endógena dentro del modelo). La tasa de interés libre de riesgo está representada por la LIBOR a 1 año.

11. **Inflación externa** (π^*). Para esta variable se considera la inflación promedio ponderada de los principales 7 socios comerciales de Guatemala (en su orden, Estados Unidos de América, Unión Europea, El Salvador, México, Costa Rica, Japón y Honduras). Se considera una media de largo plazo de 2.5 por ciento anual, valor que resulta del cálculo del promedio ponderado de las

metas de inflación de los países socios.

12. **Demanda externa** (y^*). Coherente con la estimación de la inflación externa, la demanda externa es un promedio ponderado de las tasas de crecimiento anual del PIB de los 7 principales socios comerciales de Guatemala.

5 Resultados

5.1 Bondad de ajuste

Para evaluar el grado de ajuste del modelo, es conveniente analizar los resultados comparativos de la tabla 6 que muestra las razones de estado estacionario empíricas y simuladas. En el caso de las razones empíricas relacionadas con los componentes de demanda agregada, se obtuvo un promedio simple de la participación histórica de cada componente dentro del PIB real anual (base 2001). Para el cálculo de las remesas, se obtuvo el promedio a partir de 2004, debido a que el año anterior hubo cambios en la medición de las transferencias y los datos no son comparables. Para el resto de variables se utilizó la muestra completa para el cálculo del valor de estado estacionario.

Como se mencionó en la sección anterior, las relaciones macroeconómicas simuladas por el modelo son el resultado de resolver el problema de minimización de la función de pérdida del algoritmo, aunado a la búsqueda de estimaciones consistentes con la teoría económica y los datos observados. Se aprecia en la tabla 6 que la mayoría de las razones de estado estacionario simuladas logran acercarse a las relaciones obtenidas de los datos. Las razones simuladas de exportaciones, inversión, remesas y deuda externa a PIB son las más cercanas a replicar las

razones empíricas. Mientras que, la razón $ConsumoTotal/PIB$ es la que más se aleja del valor histórico observado. Esto se debe a que se incluyó como variable de ajuste al consumo total, a manera de obtener mejores resultados para el resto de componentes del PIB por el lado de la demanda. No obstante, se puede decir que las razones simuladas por el modelo indican un ajuste adecuado del modelo a la economía guatemalteca.

5.2 Funciones impulso respuesta

En este apartado, con el objeto de mostrar la consistencia del modelo, se analizan dos *shocks*. El primero, debido a la importancia que implica para un banco central con metas explícitas de inflación es el *shock* a la tasa de interés de política. El segundo, es el *shock* de remesas, que también se considera relevante al momento de explicar el comportamiento de las principales variables macroeconómicas de la economía guatemalteca. Así, las variables que se detallan son las que típicamente se observan en el análisis de los mecanismos de transmisión de la política monetaria, específicamente, para los canales de demanda o tradicional y de tipo de cambio.

La figura 4 muestra las funciones de impulso respuesta ante un *shock* de política monetaria. Al referirse al mecanismo de transmisión monetaria tradicional de la tasa de interés, el incremento en la tasa de interés tiene un efecto negativo sobre la inversión y el consumo, los cuales a su vez generan una disminución del producto, que finalmente se traducen en una disminución de la inflación. De acuerdo a esta figura, el horizonte de la política monetaria en Guatemala es de

aproximadamente 6 trimestres. Al examinar el canal del tipo de cambio, debido a la paridad no cubierta de tasas de interés, el incremento en la tasa de política monetaria genera un mayor ingreso de capitales internacionales, con lo cual se genera una apreciación cambiaria que afecta negativamente a las exportaciones netas. Nuevamente, este efecto disminuye el crecimiento económico y genera presiones desinflacionarias. Por otro lado, la transmisión del *shock* de remesas dominante es a través del efecto inicial que tiene sobre el tipo de cambio. Como se observa en la figura 5, el ingreso de divisas genera una apreciación del tipo de cambio real que luego produce un incremento de las importaciones (consumo e inversión importado) y deprime las exportaciones. El efecto agregado sobre las exportaciones netas se traduce en una disminución en el crecimiento del producto y en la inflación.

5.3 Análisis de un *shock* de inflación no subyacente sobre la inflación

En esta parte se busca determinar el efecto sobre la inflación ante un *shock* del componente más volátil de la inflación total (denominada inflación resto en este documento). Para ello, se define este *shock* como el incremento en los precios internacionales de *commodities*, tales como cereales y petróleo. Para realizar este análisis se utiliza la inflación no subyacente, la cual incluye los productos de origen agrícola con alta volatilidad, el maíz y sus derivados, los productos derivados del trigo y los derivados del petróleo.

La figura 6 muestra la respuesta de las principales variables macroenómicas

ante un *shock* de oferta. Por el lado del canal de demanda, el incremento en la inflación resto tiene un efecto positivo sobre la inflación total a lo largo de los 30 períodos en los que persiste el *shock* de oferta. El incremento en precios genera una caída del consumo y la inversión, lo cuales a su vez generan una leve disminución del producto. En cuanto al canal de tipo de cambio, el aumento sobre los precios provoca una apreciación del tipo de cambio la cual afecta negativamente a las exportaciones y al producto. Como resultado, se genera un efecto traspaso (*pass-through*), el cual se verifica en la respuesta de la inflación subyacente. La inflación subyacente cae en un inicio debido a la contracción de la demanda, pero a partir del segundo período la dinámica se revierte y se observa un efecto de segunda vuelta, leve pero positivo, que se mantiene hasta el décimo trimestre. Por su parte, el comportamiento de la tasa de interés de política es resultado, inicialmente, de la respuesta ante la caída del producto y la inflación subyacente y posteriormente responde al efecto de segunda vuelta en los precios y al incremento sobre la inflación total.

5.4 Análisis de descomposición histórica de varianza

Como se mencionó con anterioridad, el Banco de Guatemala adoptó el esquema de metas explícitas de inflación en 2005 y además, como las alzas más significativas de los precios internacionales de las materias primas se observaron en el segundo quinquenio de la década anterior, para el análisis histórico de varianza el período muestral cubre 2005Q1-2013Q3. Es importante resaltar, también, que el período seleccionado incluye la reciente crisis financiera mundial.

En las figuras 7-9 se presentan los resultados de la descomposición de varianza para el período analizado, en la cual se muestra cómo los distintos *shocks* incluidos en el modelo afectaron al producto, a la inflación total y a la inflación subyacente en la historia reciente de la economía guatemalteca. Los resultados se presentan en términos de proporciones, es decir que la suma de los *shocks* explica el 100 por ciento de la variable simulada y los efectos pueden ser positivos o negativos. Cabe resaltar que un supuesto relevante en el presente análisis histórico es la baja credibilidad de los agentes económicos ante la posibilidad de que el banco central alcance su objetivo inflacionario. Coherente con el supuesto de baja credibilidad, las reglas de actualización pasiva para el establecimiento de precios definidas en la Sección 3 (descripción del modelo), tanto las del mercado laboral como las de los mercados de bienes domésticos y de bienes importados, han sido modificadas de tal manera que se le asignó un mayor peso al comportamiento pasado de la inflación y en consecuencia, un menor peso a la meta de inflación. Como resultado, se espera que la descomposición de *shocks* presente mayor inercia.

Como se observa en la figura 7, el comportamiento del producto durante el período previo a la crisis financiera global (2006-2007) fue principalmente explicado, en su orden, por la demanda doméstica, la demanda externa y la productividad (oferta). El mayor efecto positivo fue resultado de los *shocks* de demanda doméstica y externa, mientras que, el efecto más negativo se debe a *shocks* a los precios relativos. El *shock* de la inflación no subyacente o resto (que considera el *shock* sobre los precios internacionales de maíz, trigo y petróleo y los impactos asociados a los componentes de productos agrícolas perecederos dentro de la inflación

doméstica) sobre el producto fue positivo, aunque poco significativo. En el año más crítico de la crisis financiera (2009), fueron, en su orden, los *shocks* de oferta, de demanda doméstica y de demanda externa los que tuvieron un mayor impacto negativo sobre el producto. Sin embargo, a diferencia del período previo a la crisis, en el año 2009 parece que la tasa de interés de política afectó también negativamente el comportamiento del producto. Esto podría estar indicando que la tasa de interés de política no se redujo lo suficiente para contener la caída en la actividad económica.

Considerando que el objetivo principal de este artículo es analizar el efecto de los incrementos en los precios de las materias primas energéticas y no energéticas sobre la inflación y sus componentes, para examinar la descomposición histórica de la inflación el análisis se focaliza en los períodos de mayores alzas en los precios de los *commodities* identificados con anterioridad. En la figura 8 se muestra el impacto de los distintos *shocks* sobre la inflación total. En general, la inflación total fue altamente influenciada por la inflación asociada al comportamiento de los precios de las materias primas (inflación resto en la figura). Durante los períodos de mayores alzas en los precios de las materias primas se observa un efecto significativo de la inflación resto sobre la inflación total, tanto en el período pre-crisis como en el período post-crisis. Estos resultados son consistentes con la evidencia presentada anteriormente en la descripción del fenómeno inflacionario en Guatemala. También se aprecia que, de forma consistente con el comportamiento de la actividad económica mostrado en la figura de la brecha del producto, la demanda doméstica desempeñó un papel más activo en el período previo a la crisis

comparado con su efecto sobre la inflación en el periodo posterior a la crisis. En efecto, durante el periodo pre-crisis la brecha del producto fue positiva, mientras que en el periodo post-crisis la brecha del producto fue negativa.

La figura 9 muestra el impacto de los distintos *shocks* sobre la inflación subyacente. Los efectos de un *shock* a la inflación asociada a los precios internacionales de las materias primas sobre la inflación subyacente son evidentes (pero relativamente poco significativos) en el periodo previo a la crisis financiera global, lo cual demuestra que si los *shocks* a los precios de las materias primas se producen en un momento cuando la economía está sobrecalentada y el banco central carece de alta credibilidad se produce lo que se conoce como efectos de "segunda vuelta" sobre la inflación. Este resultado es también confirmado cuando se examina el segundo *boom* de los precios de los *commodities*, donde el efecto traspaso de los precios internacionales sobre la inflación doméstica fue totalmente nulo. En efecto, la participación del *shock* de la inflación resto sobre la inflación subyacente es negativa. Por lo tanto, en ausencia de presiones de demanda agregada sobre la inflación, se observa que el *shock* de la inflación resto tiene un efecto nulo sobre la inflación de mediano plazo. Así, a pesar de que para el caso de la inflación subyacente el efecto de los precios de las materias primas es levemente positivo, en el caso de la inflación total, es el factor más positivo que explica el comportamiento de la variable a lo largo del periodo analizado en las figuras de descomposición de varianza.

En lo que se refiere al *shock* agregado de productividad, el impacto es positivo en el primer período, pero se convierte en el efecto más negativo en el

segundo período. Nuevamente, la explicación de este resultado es el episodio de la crisis financiera. Otro aspecto importante de resaltar es el efecto de la tasa de interés de política sobre la inflación. Los resultados que se presentan en las figuras 8 y 9 parecen indicar que en el período previo a la crisis la política monetaria no se restringió lo suficiente como para contener las presiones inflacionarias y lo contrario sucedió en 2009 cuando la tasa de política monetaria no se redujo lo suficiente para evitar las presiones deflacionarias. Cabe mencionar también que la política monetaria ha sido neutral a partir de 2011.

Al resumir los resultados de esta sección se puede decir que los efectos de “segunda vuelta” medidos por el impacto que tiene un *shock* a la inflación resto (inflación no subyacente) sobre la inflación subyacente fueron positivos en el primer *boom* de los precios de los *commodities* (2007-2008), pero no afectaron a dicha inflación en el segundo período de alzas (2009-2010). Esto debido a que en el primer *boom* las alzas de los precios de las materias primas se combinaron con presiones de demanda agregada interna. Este resultado es consistente con el análisis presentado por el [11].

6 Comentarios finales

En este documento se desarrolló, resolvió y estimó un modelo macroeconómico de equilibrio general para analizar el impacto de los incrementos recientes en los precios de los *commodities* sobre la inflación total y sus componentes. También se presentó evidencia descriptiva del efecto de los dos últimos *booms* de precios de dichos *commodities* sobre la inflación total y la inflación

subyacente. Resumiendo los resultados de esta sección se puede decir que los efectos de "segunda vuelta" medidos por el impacto que tiene un *shock* a la inflación resto (on ifnlación no subyacente) sobre la inflación subyacente fueron positivos en el primer *boom* de los precios de los *commodities* (2007-2008), pero no afectaron a dicha inflación en el segundo periodo de alzas (2009-2010). Esto debido a que en el primer *boom* las alzas de los precios de las materias primas se combinaron con presiones de demanda agregada interna. Este resultado es consistente con el análisis presentado por el [11].

Las alzas de precios de las materias primas, energéticas y no energéticas, siempre representan un reto importante para la autoridad monetaria de un pas o región. El contexto es sumamente relevante para diseñar la mejor respuesta ante dichas perturbaciones de carácter exógeno. Para diseñar la mejor estrategia de respuesta ante esas perturbaciones los hacedores de política deben considerar varios aspectos. Es importante distinguir el tipo de *shock* al que se enfrenta la economía, estos shocks pueden ser de naturaleza transitoria o permanente. Si el alza en los precios de las materias primas es transitoria, lo que tradicionalmente se recomienda, para bancos centrales con alta credibilidad (bancos centrales de economías avanzadas, por ejemplo), es permitir alzas transitorias en la inflación total con el objeto de minimizar fluctuaciones en el producto. Esta recomendación es equivalente a decir que los bancos centrales concentren su atención en la inflación subyacente y no en la inflación total. Consiguientemente, a mediano plazo se alcanza menor volatilidad en el producto y la inflación. En efecto, un banco central puede establecer su meta de inflación en términos de la inflación total, pero si

anuncia una meta de inflación de mediano plazo, automáticamente le resta ponderación a los *shocks* transitorios y en este caso, el efecto es similar a establecer la meta utilizando la inflación subyacente como indicador.

Sin embargo, en un contexto donde el instrumento de política monetaria es la tasa de interés de corto plazo y de análisis de bienestar, [15] and [16] señalan que una regla de política monetaria óptima es aquella que establece una trayectoria de tasa de interés de política de tal forma que maximiza el bienestar garantizando que los pronósticos de inflación convergen a la meta establecida por el banco central. En este contexto, como lo señala [6], la política monetaria debe reaccionar a cualquier *shock* que afecte el pronóstico de inflación, el cual debe de igualar la meta de inflación en el horizonte de política. Esto parece ser la historia reciente de Guatemala en materia de política monetaria, pues el efecto traspaso sobre de las alzas en los precios de la materias primas sobre la inflación subyacente no ha sido muy significativo, o al menos eso fue lo que se demostró con el ejercicio de descomposición de histórica de variación realizado en este artículo. Un ejercicio o análisis que puede ser interesante en un futuro o como una extensión de este estudio, es realizar un análisis de bienestar propiamente dicho con el objeto de evaluar cual puede ser la regla de política monetaria óptima ante perturbaciones de los precios de las materias primas energéticas y no energéticas.

Bibliografía

- [1] P. Acosta, E. Lartey, and F. Mandelman. Remittances and the dutch disease. *Journal of International Economics*, 79:102–116, 2009.
- [2] G. Calvo. Staggered prices in a utility maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12:383–398, 1983.
- [3] John Y. Campbell and Gregory Mankiw. *NBER Macroeconomics Annual*, chapter Consumption, Income, and Interest Rate: Reinterpreting the Time Series Evidence, pages 185–216. MIT Press, Cambridge, 1989.
- [4] R. Caputo, F. Liendo, and J.P. Medina. *Monetary Policy under Inflation Targeting*, chapter New Keynesian Models for the Inflation Targeting period in Chile. Central Bank of Chile, 2007.
- [5] R. Chami, T. Cosimano, and M. Glapen. Beware of emigrants bearing gifts: Optimal fiscal and monetary policy in the presence of remittances. IMF Working Paper 06/61 2006.
- [6] José De Gregorio. Commodity prices, monetary policy and inflation. July 2012.
- [7] Jesús Fernández-Villaverde. The econometrics of dsge models. *SERIEs, Journal of the Spanish Economic Association*, 1:3–49, 2010.
- [8] Jefferrey C. Fuhrer. Habit formation in consumption and its implications for monetary-policy models. *The American Economic Review*, 90(3):367–389, 2000.

- [9] Jordi Gal, J. David López-Salido, and Vallés Javier. Rule-of-thumb consumers and the design of interest rate rules. *Journal of Money, Credit and Banking*, 36(4):739–763, 2004.
- [10] Jordi Gal, J. David López-Salido, and Javier Vallés. Understanding the effects of government spending on consumption. Working Paper 11578, National Bureau of Economic Research, August 2005.
- [11] IMF. World economic outlook: Slowing growth, rising risks. Report, International Monetary Fund, September 2011.
- [12] Federico Mandelman. Monetary and exchange rate policy under remittance fluctuations. March 2011.
- [13] S. Schmitt-Grohe and Martin Uribe. Closing small open economy models. *Journal of International Economics*, 61(1):163–185, 2003.
- [14] F. Schorfheide. Lost function-based evaluation of dsge models. *Journal of Applied Econometrics*, 15(6):645–670, 2000.
- [15] Lars Svensson. Inflation targeting as a monetary policy rule. *Journal of Monetary Economics*, 23:691–720, 1999.
- [16] M. Woodford. The case for forecast targeting as a monetary policy strategy. *Journal of Economic Perspectives*, 21:2–24, 2007.

Tabla 1: Correlaciones dinámicas (2006Q4 - 2008Q2)

Periodo	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
Inflación total									
Cereales	0.79	0.96	0.68	0.87	0.76	0.85	0.93	0.78	0.89
Petróleo	0.91	0.85	0.53	-0.41	-0.83	-0.84	-0.69	-0.84	-0.52
Inflación subyacente									
Cereales	0.73	0.90	0.57	0.73	-0.69	0.80	0.86	0.67	0.82
Petróleo	0.91	0.91	0.66	-0.29	-0.81	-0.79	-0.62	-0.74	-0.52
Inflación no subyacente									
Cereales	0.77	0.94	0.73	0.95	0.76	0.84	0.94	0.82	0.89
Petróleo	0.84	0.73	0.36	-0.48	-0.79	-0.83	-0.70	-0.89	-0.49

Tabla 2: Correlaciones dinámicas (2009Q4 - 2011Q2)

Periodo	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
Inflación total									
Cereales	0.63	0.83	0.68	0.66	0.21	-0.59	-0.78	-0.78	-0.56
Petróleo	-0.09	0.53	0.49	0.61	0.52	-0.09	-0.56	-0.63	-0.58
Inflación subyacente									
Cereales	0.26	0.44	0.43	0.36	-0.23	-0.85	-0.86	-0.59	-0.16
Petróleo	0.05	0.83	0.62	0.40	0.14	-0.50	-0.68	-0.37	-0.13
Inflación no subyacente									
Cereales	0.74	0.93	0.75	0.80	0.36	-0.38	-0.62	-0.76	-0.68
Petróleo	-0.12	0.32	0.36	0.60	0.62	0.18	-0.38	-0.67	-0.72

Tabla 3: Valores de estado estacionario

Definición	Parámetro	Calibración
Tasa de crecimiento	g_{ss}^{yd}	$(1.035)^{1/4}$
Productividad permanente	gA_{ss}	$(1.035)^{1/4}$
Tasa de interés de política	i_{ss}	$(1.055)^{1/4}$
Tasa de interés externa	i_{ss}^{star}	$(1.035)^{1/4}$
Inflación doméstica	$\bar{\pi}$	$(1.04)^{1/4}$
Shock tasa de interés externa	z_{ss}^r	1.00
Shock costo ajuste inversión	z_{ss}^i	1.00
Shock productividad	z_{ss}^y	1.00
Shock demanda doméstica	z_{ss}^d	1.00

Tabla 4: Valores de los parámetros calibrados

Definición	Parámetro	Calibración
Hogares		
Participación consumo importado en consumo total	α^c	0.20
Participación inversión importada en inversión total	α^r	0.50
Firmas		
Participación del capital en la función de producción	α^y	0.54
Elasticidad de sustitución entre insumos finales	ϵ	1.40
Inflación		
Ponderación de la inflación no subyacente	κ^{ot}	0.19
Economía		
Factor de descuento intertemporal	β	1.01
Depreciación del capital	δ	0.02
Elasticidad de sustitución bienes externos	ϵ_e	0.54
Proporción de agentes optimizadores	λ	0.50
Proporción de agentes que reciben remesas	φ	0.30
Inercia de exógenas		
Shock de producción doméstica	ρ^{zy}	0.65
Precio importados en mercado internacional	ρ^{Pf*}	0.85

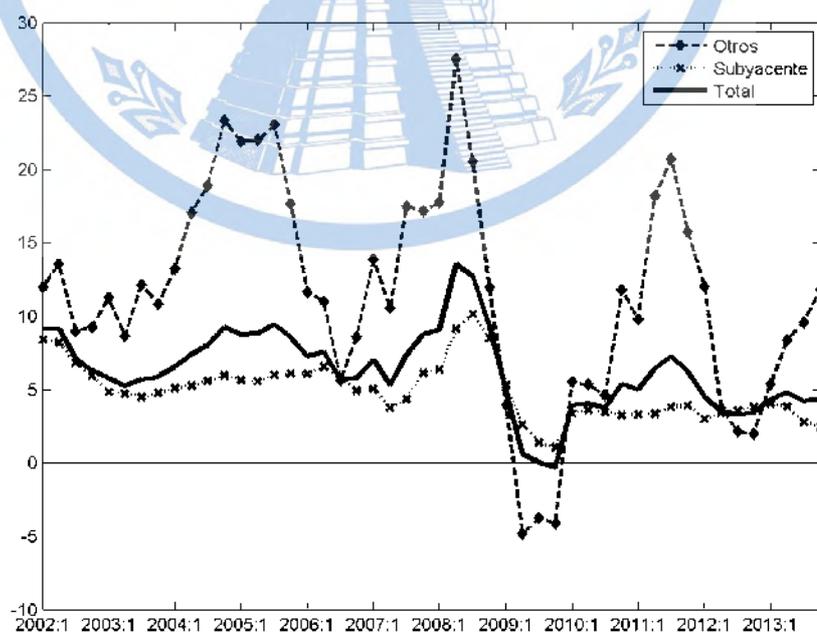
Tabla 5: Distribuciones iniciales y posteriores de los parámetros del modelo

Definición	Distribución inicial (priors)			Distribución posterior				
	Forma Distribución	Media	Desv. Estándar	Valor Media	Desv. Estándar	Lim. Inf.	Lim. Sup.	
Hogares								
Elas. sust. diferentes tipos de trabajo, ag. opt.	ϵ_n^o	gamma	1.16	0.02	1.16	0.02	1.12	1.19
Elas. sust. diferentes tipos de trabajo, ag. res.	ϵ_n^r	gamma	2.56	0.50	2.57	0.49	1.74	3.31
Elasticidad de sustitución entre bienes intermedios	η^c	gamma	1.70	0.30	1.58	0.32	1.02	2.08
Elast. de sustitución inversión doméstica o importada	η^z	gamma	7.41	1.01	6.49	0.97	4.85	8.06
Inv. elasticidad oferta laboral, ag. optimizadores	γ_n^o	gamma	1.74	0.05	1.73	0.05	1.65	1.81
Inv. elasticidad oferta laboral, ag. restringidos	γ_n^r	gamma	1.64	0.05	1.64	0.05	1.56	1.72
Hbito en consumo	\hat{h}	beta	0.80	0.10	0.73	0.10	0.59	0.88
Oferta laboral, agentes optimizadores	θ^o	gamma	0.30	0.1	0.28	0.10	0.13	0.43
Oferta laboral, agentes restringidos	θ^r	gamma	0.90	0.30	0.86	0.30	0.38	1.33
Firmas								
Elasticidad de sustitución entre bienes importados	ϵ_m	gamma	2.00	0.65	1.86	0.58	1.20	2.69
Rigideces a la Calvo								
Indexación del componente importado de la inflación	$\chi_{m,c}$	beta	0.20	0.08	0.13	0.06	0.03	0.21
Indexación de salarios de los agentes optimizadores	χ_w^o	beta	0.65	0.15	0.63	0.15	0.39	0.89
Indexación de salarios de los agentes restringidos	χ_w^r	beta	0.65	0.15	0.72	0.14	0.59	0.95
Indexación del componente doméstico de la inflación	χ_y	beta	0.65	0.10	0.62	0.15	0.37	0.87
Probabilidad de no reoptimizar, agentes opt.	ϕ_n^o	beta	0.75	0.15	0.67	0.14	0.45	0.91
Probabilidad no reoptimizar salario, agentes restringidos	ϕ_n^r	beta	0.75	0.15	0.73	0.12	0.53	0.93
Probabilidad no reoptimizar, firmas importadoras	ϕ_m^o	beta	0.75	0.15	0.61	0.12	0.32	0.73
Probabilidad no reoptimizar, firmas domésticas	ϕ_m^r	beta	0.75	0.15	0.73	0.06	0.64	0.82
Regla de política								
Elasticidad de π ante cambios en la inflación	γ_π	normal	1.75	0.20	1.61	0.23	1.27	1.91
Elasticidad de π ante cambios en el producto	γ_y	beta	0.25	0.05	0.24	0.05	0.16	0.32
Grado de inercia de la tasa de inters	ρ_i	beta	0.65	0.20	0.73	0.06	0.64	0.83
Economía								
Costo de ajuste de inversión	ψ	gamma	2.10	0.70	3.86	0.94	2.34	5.34
Inercia de exógenas								
Demanda externa	ρ^{c*}	beta	0.65	0.22	0.63	0.12	0.40	0.83
Productividad	$\rho^{\Delta A}$	beta	0.65	0.20	0.45	0.11	0.28	0.62
Inflación no subyacente	$\rho^{\pi_{ol}}$	beta	0.65	0.20	0.84	0.06	0.74	0.95
Inflación externa	ρ^{π^*}	beta	0.65	0.20	0.34	0.09	0.17	0.49
Transferencias	ρ^{tr^*}	beta	0.85	0.10	0.93	0.08	0.85	0.99
Shock de tasa de interés externa	ρ^{z^i}	beta	0.65	0.20	0.95	0.04	0.90	0.99
Shock de demanda interna	ρ^{z^c}	beta	0.65	0.20	0.94	0.03	0.90	0.99
Shock de inversión	ρ^{z^z}	beta	0.65	0.20	0.93	0.02	0.87	0.99
Desviación estándar de shocks								
Demanda externa	ξ^{c*}	inv gamma	0.05	Inf	0.009	0.001	0.007	0.011
Crecimiento de consumo total	$\xi^{\Delta C^T}$	inv gamma	0.05	Inf	0.008	0.001	0.006	0.009
Productividad	$\xi^{\Delta A}$	inv gamma	0.05	Inf	0.011	0.002	0.008	0.014
Política monetaria	ξ^i	inv gamma	0.05	Inf	0.007	0.001	0.006	0.008
Precio de importados en mercado intl.	$\xi^{P^f^*}$	inv gamma	0.05	Inf	0.015	0.002	0.011	0.019
Inflación no subyacente	$\xi^{\pi_{ol}}$	inv gamma	0.05	Inf	0.013	0.001	0.010	0.015
Inflación externa	ξ^{π^*}	inv gamma	0.05	Inf	0.007	0.001	0.006	0.008
Transferencias	ξ^{tr^*}	inv gamma	0.05	Inf	0.054	0.006	0.044	0.064
Tasa de interés externa	ξ^{z^i}	inv gamma	0.05	Inf	0.020	0.006	0.010	0.032
Inversión	ξ^{z^z}	inv gamma	0.05	Inf	0.016	0.005	0.010	0.023
Producción doméstica	ξ^{z^c}	inv gamma	0.05	Inf	0.016	0.002	0.012	0.020
Demanda doméstica	ξ^{z^y}	inv gamma	0.05	Inf	0.029	0.009	0.016	0.042

Tabla 6: Razones de estado estacionario

Razón	Empírica	Simulada
$\frac{\text{Consumo}}{\text{Pib}}$	0.96	1.17
$\frac{\text{Inversion}}{\text{Pib}}$	0.18	0.19
$\frac{\text{Exportaciones}}{\text{Pib}}$	0.26	0.26
$\frac{\text{Importaciones}}{\text{Pib}}$	0.40	0.28
$\frac{\text{Exportaciones netas}}{\text{Pib}}$	-0.14	-0.02
$\frac{\text{Remesas reales}}{\text{Pib}}$	0.09	0.08
$\frac{\text{Deuda externa real}}{\text{Pib}}$	0.12	0.13
$\frac{\text{Deuda externa real}}{\text{Exportaciones}}$	0.45	0.51

Figura 1: Inflación total y sus componentes en Guatemala



* La inflación subyacente excluye precios de energéticos, vegetales, hortalizas, maíz, trigo y sus derivados, los cuales representan un 19.24% del IPC. Estos componentes excluidos se recogen en la inflación de otros.

Figura 2: Precios internacionales del petróleo y de cereales

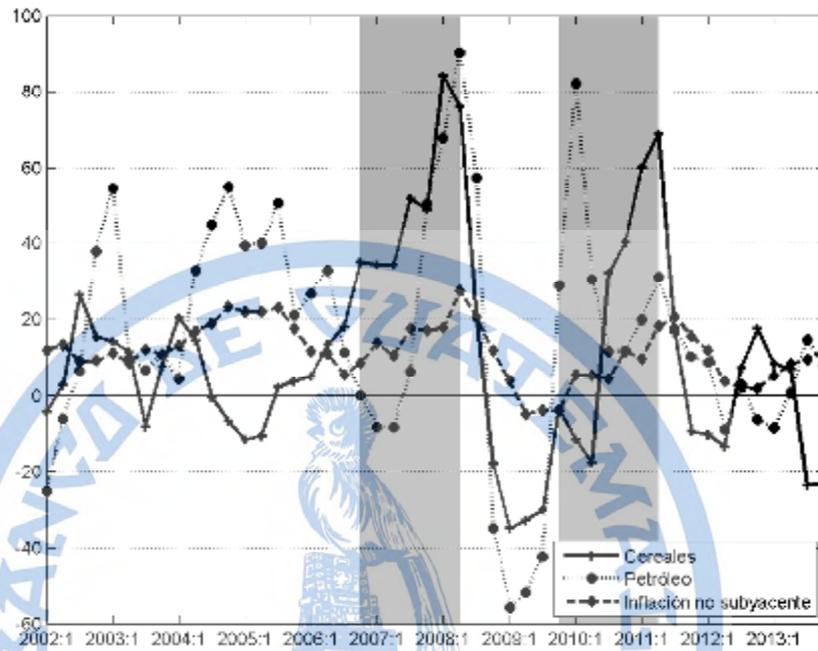


Figura 3: Brecha del producto del Guatemala

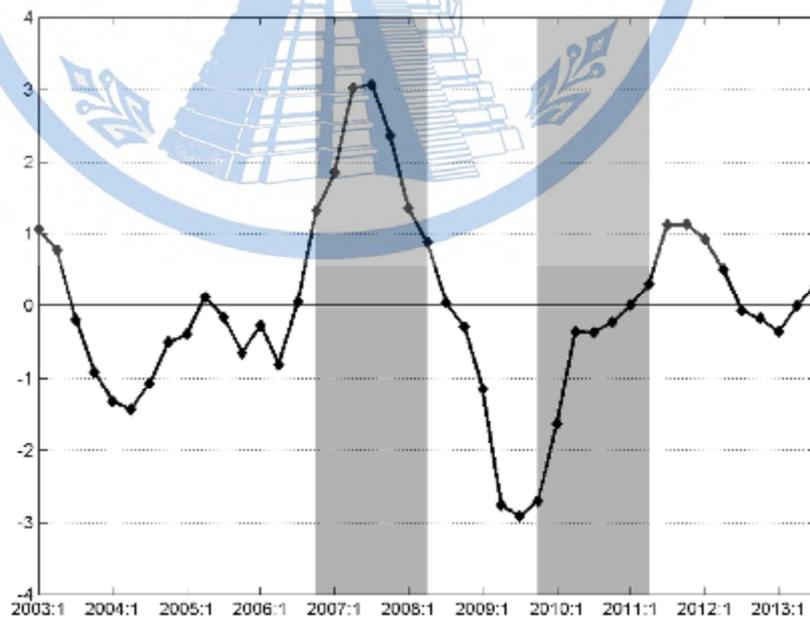


Figura 4: Funciones de impulso respuesta ante un *shock* de política monetaria en Guatemala

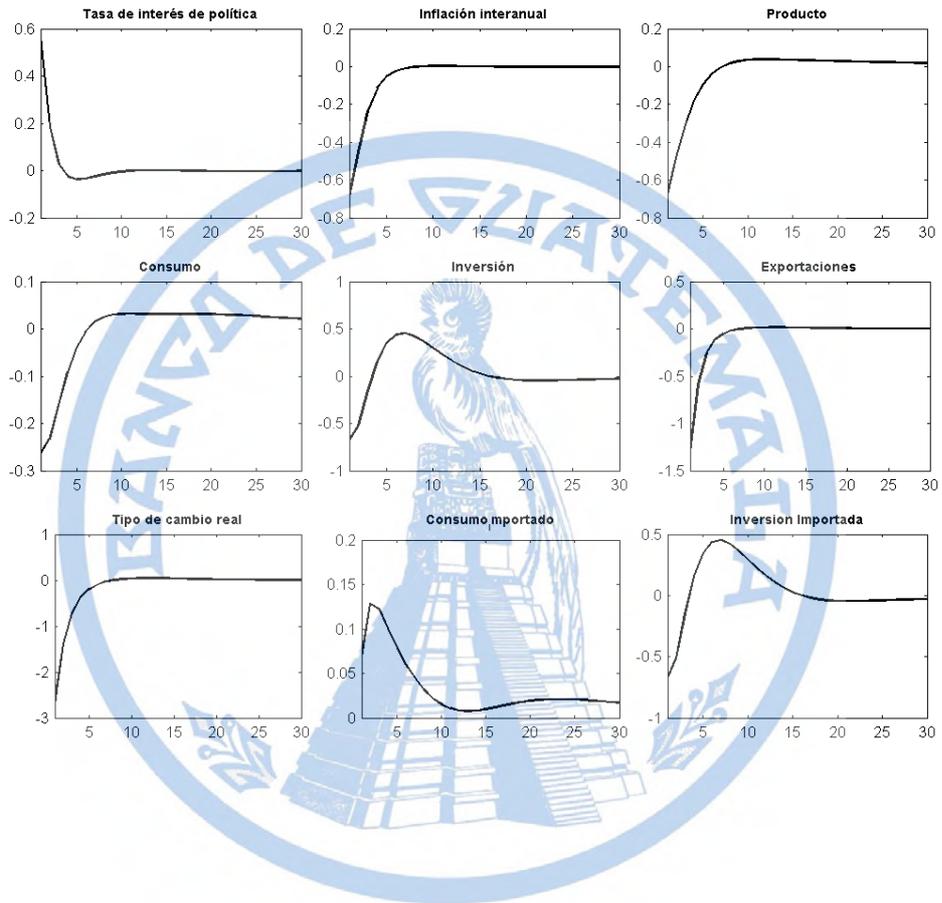


Figura 5: Funciones de impulso respuesta ante un *shock* de remesas en Guatemala

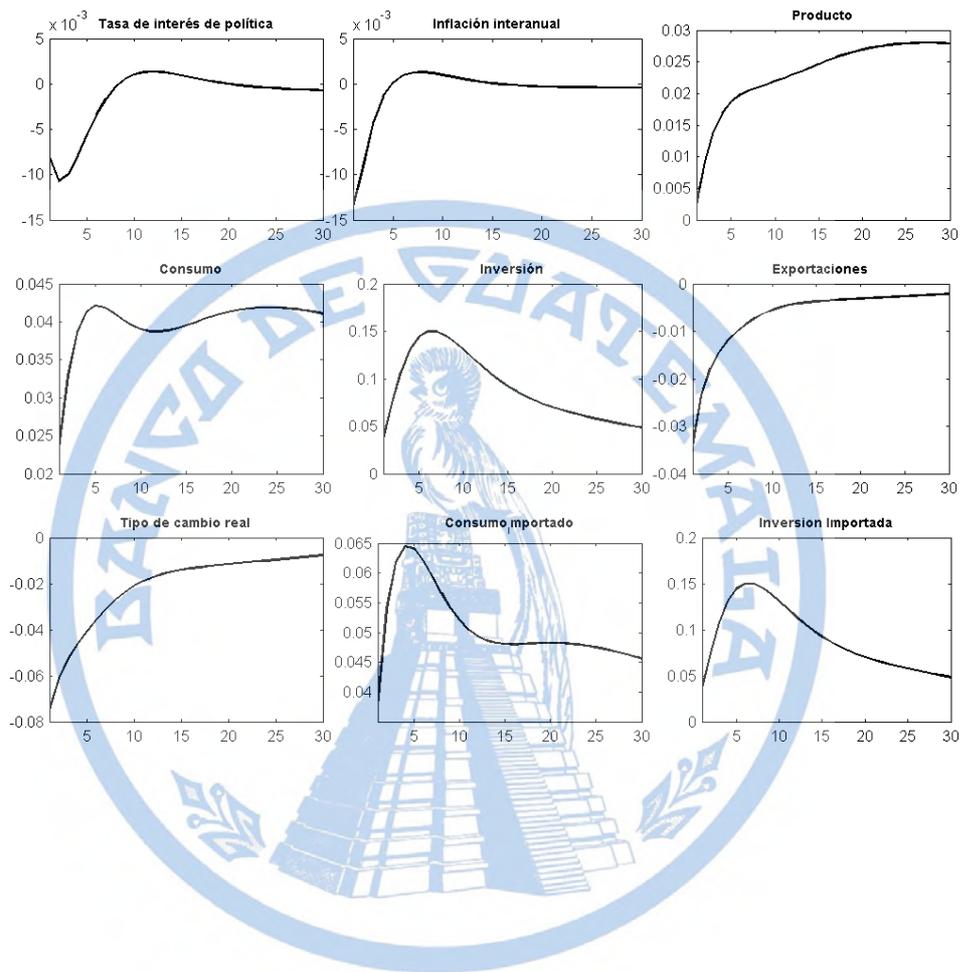


Figura 6: Funciones de impulso respuesta ante un *shock* de inflación no subyacente en Guatemala

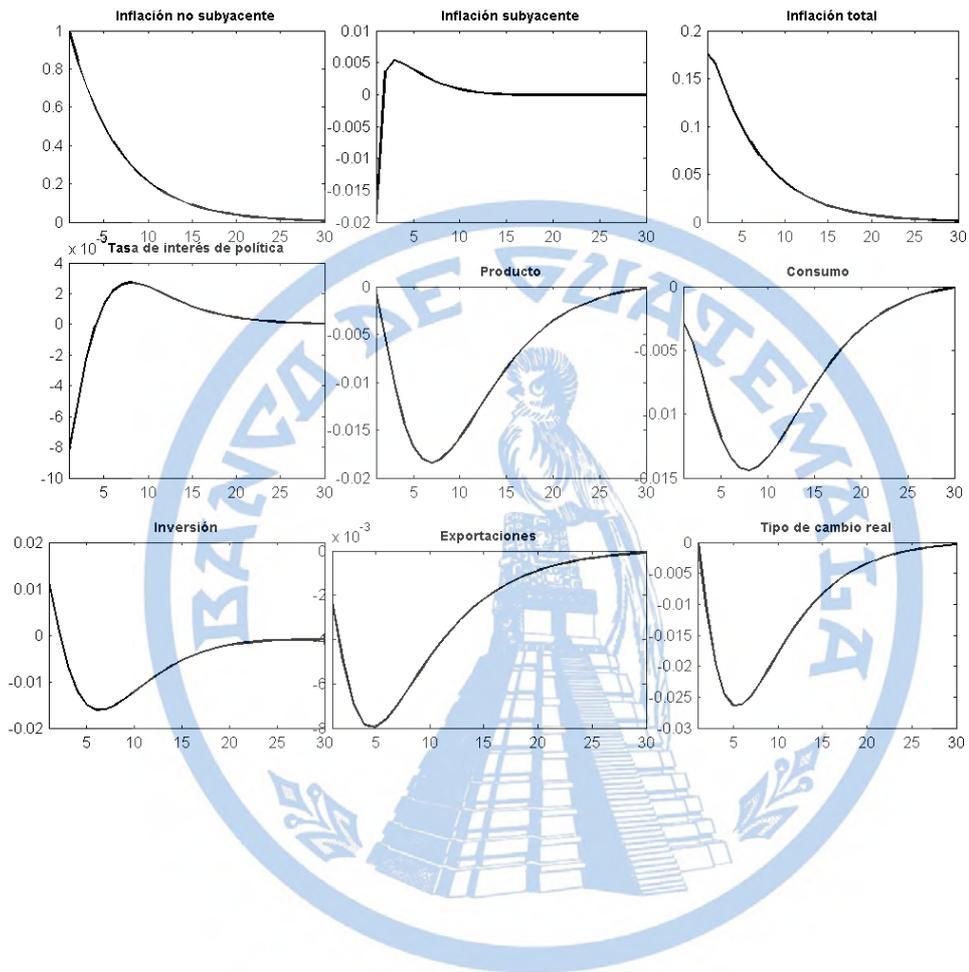


Figura 7: Descomposición histórica de varianza del PIB de Guatemala

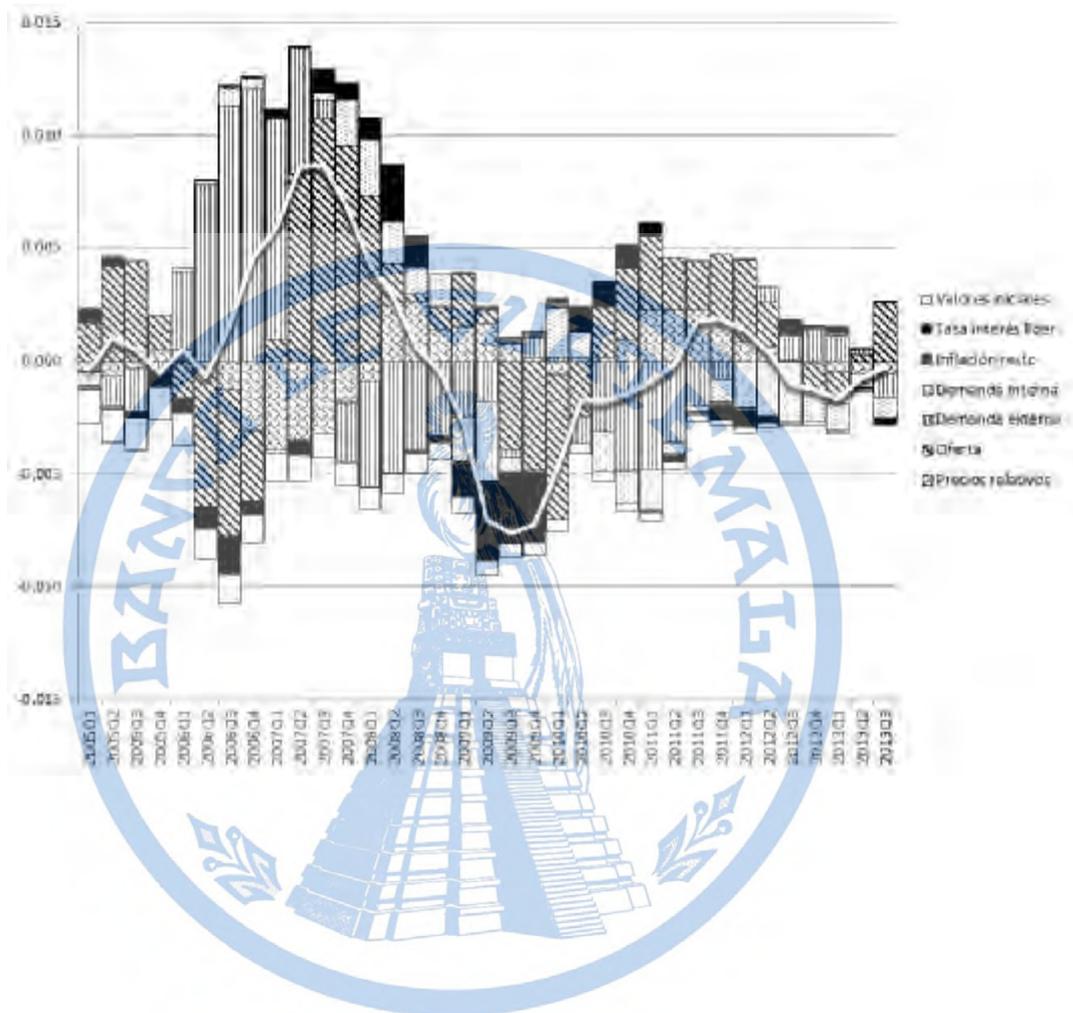


Figura 8: Descomposición histórica de varianza de la inflación total de Guatemala

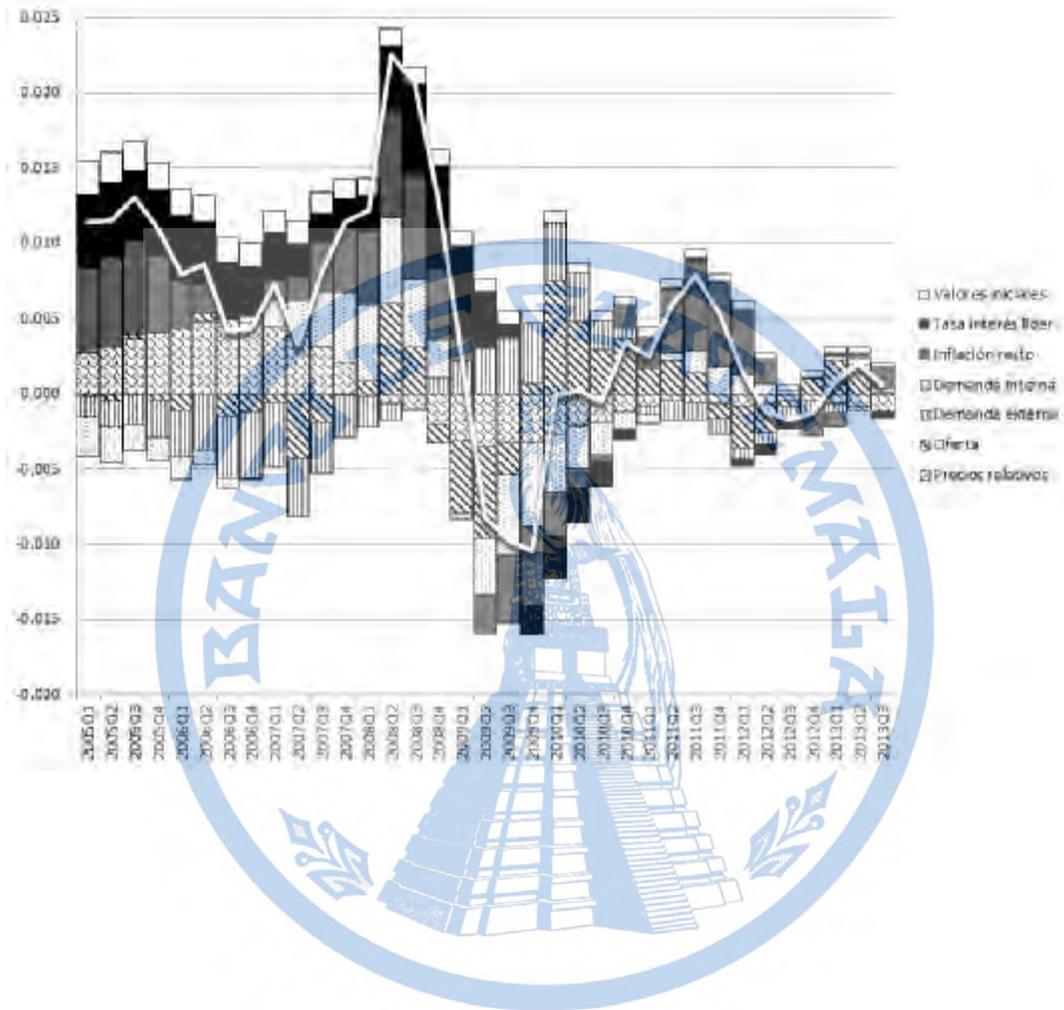


Figura 9: Descomposición histórica de varianza de la inflación subyacente de Guatemala

