

**BANCO DE GUATEMALA**

Documentos de Trabajo

**CENTRAL BANK OF GUATEMALA**

Working Papers

No. 120

**UN MODELO TRIMESTRAL DE PRONÓSTICOS  
PARA GUATEMALA\***

**Año 2011**

Autores:

Carlos Eduardo Castillo Maldonado

Douglas Napoleón Galindo González

\*Trabajo ganador del 2º. 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 XXII





## **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.

# Un Modelo Trimestral de Pronósticos para Guatemala

Febrero de 2011

## Resumen

En este documento se presenta una estrategia para modelar una economía pequeña y abierta que ha establecido un sistema de metas explícitas de inflación como marco de política monetaria, pero cuya autoridad monetaria también se preocupa por moderar la volatilidad cambiaria. Para tal efecto, se construye un modelo de equilibrio general dinámico, similar al establecido en Berg, Karam y Laxton (2006a y 2006b), el cual es ampliado para incluir el efecto liquidez de la tasa de interés en los agregados monetarios, el efecto del crédito bancario en la actividad económica y los efectos de la política fiscal en las decisiones del banco central. Consideramos que el modelo desarrollado puede ser establecido como el modelo central para la generación de pronósticos macroeconómicos de mediano plazo dentro de un Sistema de Pronósticos y Análisis de Política (*SPAP*) de cualquier banco central que base sus decisiones de política en un esquema de metas explícitas de inflación.

Clasificación JEL: C51, E17, E43

Palabras clave: Metas de Inflación, Intervención Cambiaria, Política Monetaria

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos treinta años la forma de conducir la política monetaria ha experimentado una gran transformación. Una creciente proporción de bancos centrales a nivel mundial han modificado sus esquemas de política monetaria basados en metas monetarias y metas cambiarias y han adoptado un esquema de metas explícitas de inflación. La gradual adopción de este esquema de política obedece a la amplia aceptación por parte de académicos y de tomadores de decisiones respecto a: i) que la inflación conlleva un elevado costo económico y social; ii) que no existe, en el largo plazo, una compensación (*trade off*) entre inflación y desempleo; iii) que las expectativas de inflación tienen una importancia significativa para el resultado de la política monetaria; y iv) que los bancos centrales necesitan de un ancla nominal para poder alcanzar sus objetivos de política (Mishkin, 2007).

No obstante, la mayor parte de bancos centrales, particularmente en economías emergentes, a pesar de haber adoptado un esquema de metas explícitas de inflación, manejan su política monetaria por medio de una combinación entre cambios a su tasa de interés de referencia e intervenciones en el mercado cambiario debido al miedo a flotar (De Gregorio, Tokman, 2004). En efecto, las autoridades de los bancos centrales tienen temor a permitir una flotación plena de sus respectivas monedas, debido principalmente, al impacto inflacionario de las fluctuaciones cambiarias y al desequilibrio contable (*Efecto hoja de balance*) entre activos en moneda local y pasivos en moneda extranjera de las empresas y de las instituciones financieras, que podría producirse al experimentar amplias fluctuaciones cambiarias (Calvo y Reinhart, 2000; Edwards, 2002). Por consiguiente, dicho miedo a flotar conlleva a los bancos centrales (a unos con mayor intensidad que a otros) a limitar las fluctuaciones de sus respectivas monedas por medio del establecimiento de

mecanismos de intervención cambiaria. Dependiendo del miedo a flotar de un banco central, estos mecanismos de intervención podrían conducir a la autoridad monetaria a establecer, de manera implícita, un segundo objetivo de política monetaria que podría poner en riesgo el logro de la meta de inflación del banco central. El efecto macroeconómico de las intervenciones cambiarias en modelos macroeconómicos basados en reglas de tasas de interés ha sido poco explorado. Sin embargo, una detallada especificación de dichos efectos podría ayudar a los tomadores de decisiones a evitar los posibles conflictos que podrían producirse al establecerse dos objetivos de política monetaria.

La política monetaria del Banco de Guatemala enfrenta este tipo de dicotomía. Por un lado, el banco central estableció un esquema de metas explícitas de inflación en 2005, el cual se basa en el manejo de la tasa de interés de referencia (la tasa de interés para Certificados de Depósito del Banco de Guatemala emitidos a un plazo de 7 días calendario) para que la inflación observada converja, en el mediano plazo, a la meta de inflación predeterminada por las autoridades de la institución (la Junta Monetaria). Sin embargo, el temor a permitir una plena flotación del quetzal se ha evidenciado por medio de intervenciones cambiarias periódicas, parcialmente esterilizadas en el mercado de dinero, las cuales, en ciertas ocasiones, han enviado señales contrarias a los agentes económicos respecto de la postura de política monetaria del banco central y han puesto en riesgo el logro del objetivo de inflación. Por lo tanto, en este documento se presenta una estrategia para modelar una política monetaria basada en un esquema de metas explícitas de inflación, la cual permite que el banco central intervenga en el mercado cambiario únicamente cuando el tipo de cambio nominal se aleja del valor prescrito por sus fundamentos. Para tal efecto se construye un modelo de equilibrio general dinámico que utiliza elementos del nuevo enfoque keynesiano (*New Keynesian Approach*), similar al desarrollado por Berg, Karam y

Laxton (2006a y 2006b), el cual es modificado para incluir el efecto liquidez de la tasa de interés en los agregados monetarios, el efecto del crédito bancario en la actividad económica y los efectos de la política fiscal en el mecanismo de transmisión de la política monetaria. En base a la condición Timbergen-Aoki, la cual requiere de por lo menos un número equivalente de instrumentos para cada objetivo de política económica (Timbergen, 1963 y Aoki, 1975), el modelo contiene dos funciones de reacción del banco central:

- 1) Para el objetivo de inflación, una Regla de Taylor, en donde la tasa de interés de política monetaria reacciona antes desvíos de la inflación proyectada respecto de la meta de inflación del banco central, así como a la brecha del producto; y 2) Para moderar la volatilidad cambiaria: una regla de tipo de cambio nominal, en donde el banco central interviene en el mercado cambiario, alterando el nivel agregado de liquidez de la economía, cuando el tipo de cambio se desvía de lo prescrito por sus fundamentos. El modelo macroeconómico construido se conforma por un conjunto de ecuaciones en forma reducida (no microfundada), en el cual, los valores de los parámetros de cada ecuación se obtiene por medio de estimaciones econométricas basadas en el Método Generalizado de Momentos (MGM), así como de técnicas estadísticas de calibración que permiten replicar los hechos estilizados de la economía guatemalteca para el período 2001-2009. En este sentido, pudimos encontrar que la calibración del modelo permite contar con funciones de impulso respuesta que se encuentran en armonía con la teoría económica y que a su vez, proporcionan pronósticos de mediano plazo que pueden ser empleados para propósitos de toma de decisiones de política monetaria debido a que sus errores cuadráticos medios intramuestra son moderados. De hecho, consideramos que el modelo descrito puede ser establecido como el modelo central para la generación de pronósticos macroeconómicos de mediano plazo dentro de un Sistema de Pronósticos y Análisis de Política (*SPAP*) de

cualquier banco central que base sus decisiones de política en un esquema de metas explícitas de inflación.

Las siguientes secciones del presente documento se encuentran ordenadas de la forma siguiente: en la Sección 2 se presenta el mecanismo de transmisión del modelo macroeconómico; en la Sección 3 se describen las principales ecuaciones del modelo (las ecuaciones de comportamiento); en la Sección 4 se describe el proceso de estimación y calibración de las ecuaciones, y se presentan ciertas simulaciones; y finalmente, en la Sección 5 se presentan las conclusiones del estudio.

## **2. MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE LA POLÍTICA MONETARIA**

En la presente sección se ilustra el mecanismo de transmisión de la política monetaria que se encuentra modelado de manera matemático-econométrica en los próximos apartados. Este mecanismo contiene tres canales principales por medio de los cuales la política monetaria del banco central se transmite a la actividad económica y a los precios: i) un canal de demanda agregada; ii) un canal de tipo de cambio; y, iii) un canal de expectativas. La tasa de interés de política monetaria, la cual se asume en total control por parte del banco central, es el punto de partida de todos los canales, mientras que el punto final es la tasa de inflación (ver Figura 1). Adicionalmente, el banco central puede influenciar la cantidad agregada de dinero en circulación por medio de sus intervenciones en el mercado cambiario con el objeto de moderar las fluctuaciones del tipo de cambio nominal. Debido a que se asume que los precios no son flexibles (*sticky prices*), la autoridad monetaria puede afectar tanto las tasas de interés nominales de mercado, así como las tasas de interés reales en el corto plazo.

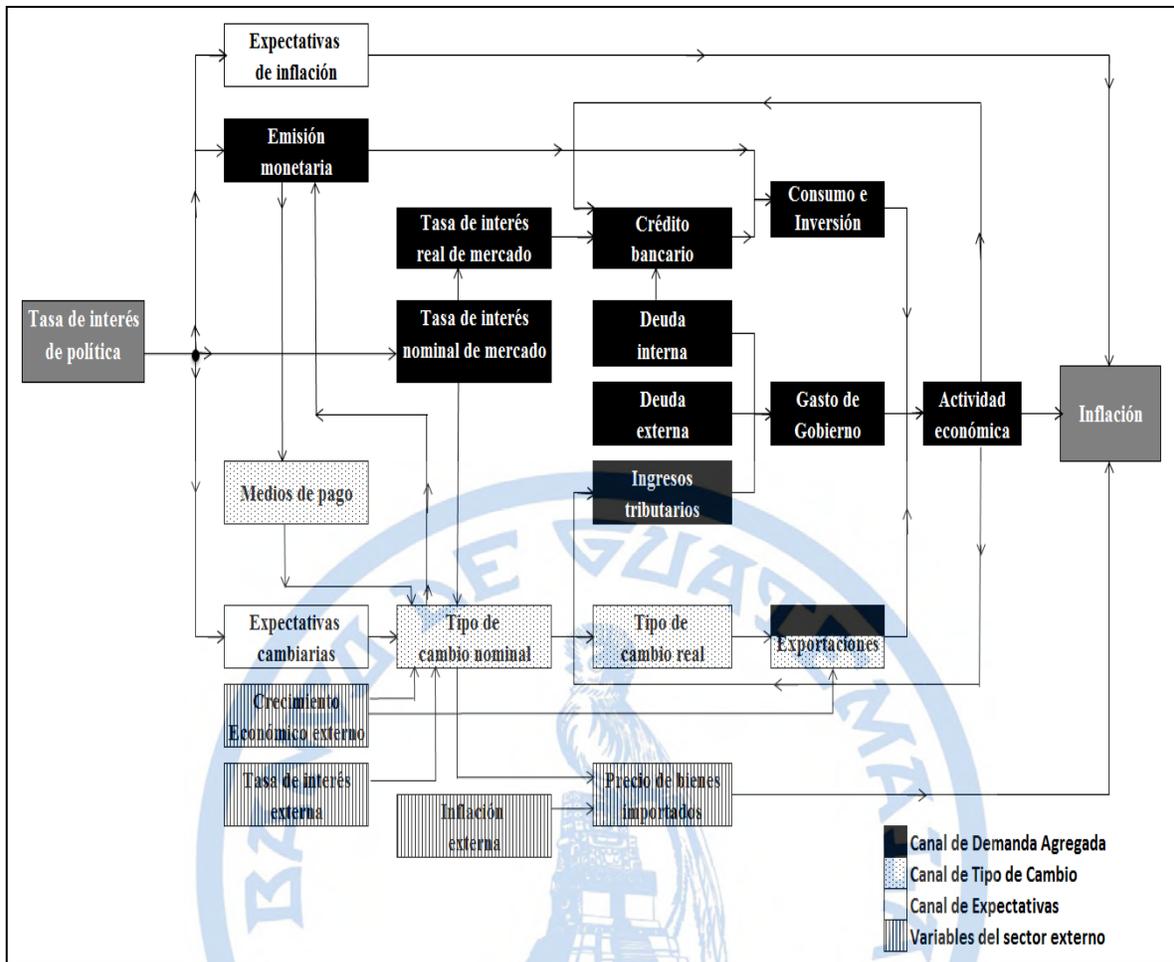


Figura 1. Mecanismo de transmisión de la política monetaria

Como se ilustra en el diagrama anterior, el mecanismo de transmisión modela una economía pequeña y abierta, cuya evolución se encuentra en función de variables propias a la economía interna, así como de variables externas. Con respecto a la actividad económica interna, esta se desagrega en tres componentes principales: el consumo y la inversión del sector privado netos de importaciones, los gastos de gobierno y las exportaciones totales. El consumo e inversión privados son función de la emisión monetaria y del crédito bancario

al sector privado.<sup>1</sup> En este sentido, la inclusión de la emisión monetaria permite modelar el efecto liquidez<sup>2</sup> en la actividad económica interna, sobre el cual existe evidencia favorable en la literatura económica (Christiano y Eichenbaum, 1992; Roubini y Grilli, 1995; Strongin, 1995; Christiano, Eichenbaum y Evans, 1996; Leeper, Sims y Zha, 1996; Bernanke y Mihov, 1998a y 1998b; Bernanke, 1998; y Thornton, 2001). Este aspecto a su vez permite determinar el efecto de la intervención cambiaria de un banco central en una economía; en este sentido, esta variable se constituye en un segundo instrumento de política monetaria.<sup>3</sup> Por su parte, la inclusión del crédito bancario al sector privado, permite modelar el efecto de la actividad bancaria en la actividad económica y en los precios (similar a Bigden y Mizen, 1999; Hauser y Bridgen, 2002; Thomas, 1996, 1997a y 1997b; y Janssen, 1996). Por su parte, el gasto de gobierno es función de sus tres principales fuentes de financiamiento: los ingresos tributarios, la emisión de deuda interna y la contratación de deuda externa. Por consiguiente, el mecanismo de transmisión de la Figura 1 permite modelar los efectos de la política fiscal en las decisiones de tasa de interés de un banco central. Por su parte, las exportaciones totales son función del tipo de cambio real y estas a su vez afectan la evolución de la actividad económica interna.

Para una economía emergente pequeña y abierta el canal de tipo de cambio juega un rol fundamental en el mecanismo de transmisión de la política monetaria. Este se construye

---

<sup>1</sup> La emisión monetaria es equivalente a la cantidad agregada de billetes y monedas en circulación. A diferencia de la base monetaria, no incluye la reserva bancaria requerida por parte del banco central a los bancos del sistema.

<sup>2</sup> El efecto liquidez es la variación en la oferta agregada de dinero que se producen debido a cambios en la tasa de interés de referencia de un banco central. Se considera que este es el primer efecto que se genera ante un cambio en la tasa de interés de política monetaria.

<sup>3</sup> El efecto de la tasa de interés sobre la emisión monetaria también podría ser utilizado para medir el impacto de las medidas de Facilidades Cuantitativas (inyecciones de liquidez) en la actividad económica, tal como las implementadas por diversos bancos centrales de economías avanzadas como medida monetaria adicional a las reducciones en las tasas de interés que se registraron posteriormente al desarrollo de la Gran Desaceleración de 2007-2009. No obstante, ello requeriría que adicionalmente se modele una situación en que la economía interna se encuentre experimentando una situación de “trampa de liquidez” o un estado económico muy cercano a ello, lo cual va más allá del propósito del presente trabajo.

por medio de la separación estadística del tipo de cambio nominal en un componente tendencial, un componente cíclico y en un componente irregular. El componente tendencial del tipo de cambio nominal se encuentran en función de la paridad descubierta de tasas de interés (*UIP condition*), lo cual ha generado resultados favorables en la literatura económica (Alexius, 2001; Chinn y Meredith, 2005; y MacDonald y Nagayasu, 2000). Por su parte, el componente cíclico del tipo de cambio nominal del quetzal se modela por medio de sus principales fundamentos: la oferta monetaria, el crecimiento económico externo y su propia inercia (Castillo y Pérez, 2010). El componente especulativo es modelado por medio de un modelo de caminado aleatorio, el cual es independiente de las decisiones de política monetaria del banco central. No obstante, las fluctuaciones de este componente podrían dar lugar a intervenciones de la autoridad monetaria en el mercado cambiario. Por consiguiente, fluctuaciones del tipo de cambio nominal no explicados por sus fundamentos (particularmente los factores explicativos de los componentes tendencial y cíclico del tipo de cambio nominal) propician una operación de compra/venta de moneda extranjera, lo cual tiene un efecto en la emisión monetaria y, por consiguiente, en la actividad económica y en los precios internos. Por lo tanto, la emisión monetaria actúa como una segunda ecuación de reacción del banco central dentro del mecanismo de transmisión, en donde dicha variable reacciona a los desvíos del tipo de cambio nominal respecto de lo determinado por sus fundamentos. En este punto, es importante mencionar que una intervención cambiaria (no esterilizada en el mercado de dinero) podría activar el canal de demanda agregada en el sentido opuesto a la postura de política monetaria de la autoridad monetaria en un momento en particular.

Las expectativas de los agentes económicos son un factor fundamental que influye sobre la evolución de la actividad económica interna y el nivel de precios (Woodford,

2007). La transmisión monetaria a través del canal de expectativas se encuentra en función de la credibilidad del público en general sobre las acciones del banco central. Las expectativas pueden ser de dos tipos: expectativas de inflación, las cuales son función de la credibilidad del banco central e impactan directamente en los precios internos; y expectativas cambiarias que afectan el comportamiento del tipo de cambio nominal. Con respecto a las variables externas, la economía pequeña y abierta se encuentra en función del crecimiento económico externo, el cual afecta las exportaciones y la evolución del tipo de cambio nominal, la tasa de interés externa, la cual también tiene un efecto sobre el tipo de cambio, así como la inflación externa y los precios de los bienes importados (*commodities*).

Para ilustrar de mejor manera el mecanismo de transmisión de la política monetaria que se describe en la Figura 1, presentaremos lo que ocurriría en el caso que las autoridades del banco central deciden restringir (elevar) la tasa de interés de referencia debido a que se prevén presiones inflacionarias en el mediano plazo. En primer lugar, un aumento en la tasa de interés de referencia se transmite a través del canal de demanda agregada por medio de dos efectos inmediatos: i) eleva las tasas de interés nominal y real de mercado, lo cual restringe el crédito bancario que se otorga a los hogares y a las empresas debido a que las instituciones financieras prefieren invertir en instrumentos del banco central que tienen una tasa de interés más elevada a un menor riesgo; y ii) genera una contracción temporal en la emisión monetaria (un efecto liquidez), lo cual tiende a restringir el consumo agregado, debido a una mayor preferencia de los agentes económicos por ahorrar. Por consiguiente, la contracción temporal en el consumo y la inversión internos tiende a contraer la actividad económica en el corto plazo, lo que a su vez reduce la actividad productiva y disminuye la inflación. Cabe indicar que la contracción transitoria de la actividad económica produce a su vez dos efectos adicionales. Por una parte, genera una disminución en los ingresos

tributarios y, por consiguiente, una reducción en el gasto de gobierno. Por otra parte, produce una disminución en la demanda de crédito bancario, debido al deterioro en las expectativas de mediano plazo de los agentes económicos, lo cual vuelve a producir un efecto adverso temporal en el consumo y la inversión del sector privado.

Por su parte, asumiendo que se cumple la paridad descubierta de la tasa de interés, una política monetaria más restrictiva, que tiende a elevar las tasas de interés del mercado, propicia una apreciación del tipo de cambio nominal. Este efecto se consolida por medio de la reducción temporal en la oferta monetaria, producto del efecto liquidez, lo que a su vez reduce la demanda por moneda extranjera y abarata su precio. Dicha apreciación cambiaria genera una disminución en los precios de los bienes importados (*commodities*) y tiene un efecto en la actividad productiva por medio de su efecto en el tipo de cambio real (el cual también se aprecia), el cual se refleja en una reducción en las exportaciones. Por consiguiente, se produce una moderación de la actividad económica y de los precios internos (ver Figura 1).

Un incremento en la tasa de interés de referencia también tiene un efecto en las expectativas de los agentes económicos. Asumiendo credibilidad sobre las acciones del banco central, dicho incremento tiende a moderar las expectativas de inflación de los agentes económicos, lo que a su vez estaría moderando el incremento de los precios internos. Asimismo, dicha medida de política monetaria tendería a producir expectativas de apreciación cambiaria, lo cual reforzaría tanto la apreciación en el tipo de cambio nominal y real que se estaría produciendo por medio del canal de tipo de cambio nominal, así como la reducción en los precios de los bienes importados, la moderación en las exportaciones, y la disminución en los precios internos.

Por último, asumamos un escenario en el cual el banco central se encuentra restringiendo la política monetaria por medio de incrementos continuos en su tasa de interés de referencia y que a su vez, el tipo de cambio se está apreciando a una tasa muy elevada (lo que podría derivarse de un episodio de flujos de capitales), lo cual propicia un episodio de intervención cambiaria por parte del banco central, el cual adquiere moneda extranjera a cambio de moneda local. Si dicha intervención no es esterilizada en el mercado de dinero, la misma estaría dando lugar a un incremento temporal en la emisión monetaria, lo que a su vez estaría revirtiendo el efecto inicial en dicha variable producido por el incremento en la tasa de interés de referencia. Por lo tanto, dependiendo del monto de intervención en el mercado de divisas, del grado de esterilización de dicha intervención en el mercado de dinero y de la manera como el banco central comunique ambas acciones de política al público, el banco central podría enviar señales mixtas a los agentes económicos sobre su postura de política monetaria y poner en peligro el logro de su meta de inflación en el mediano plazo (este caso se ilustra en mejor detalle en la Sección 4). Por lo tanto, modelar ambos efectos en un modelo macroeconómico, como el que se detalla en la Sección 3, permite que la autoridad monetaria se encuentre consciente de esta dicotomía y pueda llevar a cabo acciones efectivas de política monetaria.

### **3. EL MODELO**

En esta sección se describe el modelo de equilibrio general dinámico (*DSGE model*) que sirve de base para modelar una economía pequeña y abierta que ha establecido un régimen de metas explícitas de inflación, pero que también se preocupa por moderar la volatilidad del tipo de cambio nominal. Este modelo es similar al desarrollado por Berg, Karam, and Laxton (2006a and 2006b) y Beneš, Hurník and Vávra (2008), pero es

modificado para incluir el efecto liquidez de la tasa de interés en los agregados monetarios, el efecto del crédito bancario en la actividad económica y los efectos de la política fiscal en el mecanismo de transmisión de la política monetaria. La estructura del mismo consiste de un sistema de ecuaciones en forma reducida, donde las variables se encuentran definidas ya sea como desvíos respecto de su tendencia de largo plazo (brechas), o como variaciones trimestrales anualizadas. La estructura del modelo consiste de 56 ecuaciones, de las cuales 18 son ecuaciones de comportamiento (las que proporcionan las principales fuentes de intuición económica), 18 son ecuaciones de variables exógenas, 11 corresponden a definiciones de variables endógenas y 9 representan definiciones de variables exógenas. La descripción completa de las ecuaciones del modelo, así como la definición de las variables y de los parámetros empleados se describe en el Anexo del presente documento. No obstante, en los siguientes apartados se presentan las ecuaciones de comportamiento del modelo macroeconómico utilizado para generar los resultados y conclusiones de este estudio.

### **3.1 Ecuaciones de Demanda Agregada**

La demanda agregada es modelada a través de cada uno de sus componentes a fin de proveer una mejor intuición acerca los efectos del sector real en la política monetaria. De acuerdo a la identidad macroeconómica:

$$Y = C + I + G + (X - M) \quad (1)$$

Dónde:

$Y$ : Demanda Agregada

$C$ : Consumo Privado

$I$ : Inversión Privada

$G$ : Gasto del Gobierno

$X$ : Exportaciones Totales

$M$ : Importaciones Totales

Sin embargo, con el fin de simplificar el modelo, la ecuación previa se reescribió de la siguiente manera:

$$Y = CI + G + X \quad (2)$$

Donde  $CI$  es el consumo e inversión doméstica netos de importaciones ( $C + I - M$ ), dado que se supone que todas las importaciones son destinadas al sector privado (ver Figura 1 para una ilustración de la desagregación de la actividad económica en estos componentes). Esto es una simplificación que permite reducir la complejidad de las interrelaciones macroeconómicas entre los factores de la demanda agregada, aun dejando explícito los factores principales que se quieren modelar. No obstante, la relación dinámica que integra el bloque de ecuaciones de demanda agregada en el modelo, están expresados como desviaciones porcentuales trimestrales de su tendencia, basados en la Ecuación (2).

### 3.1.1 Brecha del Producto

La brecha del producto,  $\hat{y}_t$ , representa el porcentaje de desviación del PIB de su valor de equilibrio y está representado en función de la suma ponderada de sus componentes contemporáneos, expresados en brechas, su adelanto,  $\hat{y}_{t+1}$ , y el choque de demanda,  $\varepsilon_t^y$ .

$$\hat{y}_t = A_1(A_2\hat{c}_t + A_3\hat{x}_t + A_4\hat{g}_t) + (1 - A_1)\hat{y}_{t+1} + \varepsilon_t^y \quad (3)$$

El peso de cada componente es asignado de acuerdo a su participación en el producto doméstico. Para la economía de Guatemala  $A_2 = 0.60$ ,  $A_3 = 0.25$ , and  $A_4 = 0.15$ . Nótese que a diferencia de las especificaciones típicas de la brecha del producto, los efectos de la tasa de interés y del tipo de cambio no influyen explícitamente en la brecha del producto, sino en su lugar afectan a sus componentes.

### 3.1.2 Consumo Privado e Inversión

Utilizando como base el trabajo de Hauser y Bridgen (2002), Thomas (1996, 1997a, 1997b) y Janssen (1996), la información del crédito y el dinero están explícitamente incluidas dentro del modelo para estimar la demanda por consumo e inversión, debido a que contienen información útil para determinar la perspectiva de corto plazo de la actividad económica y la inflación. Tal como se ilustra en la Ecuación (4), la brecha del consumo privado doméstico y la inversión,  $\hat{c}_t$ , está en función de su rezago, el efecto generado por la desviación de la emisión monetaria rezagada de su tendencia,  $\hat{e}m_{t-1}$ , y la brecha contemporánea del crédito bancario,  $\hat{c}r_t$ . La emisión monetaria representa el monto de dinero que los agentes económicos demandan para fines de transacción, mientras que el crédito bancario representa la disponibilidad de las empresas de fuentes de financiamiento para inversión. Por lo tanto, ambas variables son indicadores importantes para el comportamiento del consumo privado e inversión.

$$\hat{c}_t = A_5 \hat{c}_{t-1} + (1 - A_5)(A_6 \hat{e}m_{t-1} + A_7 \hat{c}r_t) + \varepsilon_t^c \quad (4)$$

$$\hat{e}m_t = E_5 \hat{e}m_{t-1} + (1 - E_5)(E_6(s_t - (s_{tnd_t} + \hat{s}_t))) + E_7 \hat{l}_t + \varepsilon_t^{emt} \quad (5)$$

$$\hat{c}r_t = Y_2 \hat{c}r_{t-1} + (1 - Y_2) \hat{y}_{t-1} + Y_3 \hat{R}_t + \varepsilon_t^{cred} \quad (6)$$

La ecuación (5) ilustra el efecto liquidez, modelado mediante un relación inversa entre la brecha de la tasa de interés de política,  $\hat{i}_t$ , y el porcentaje de desviación de la emisión monetaria de su tendencia,  $\widehat{em}_t$ . Evidencia significativa de tal efecto ha sido encontrada en Bernanke (1998), Thornton (2001), Christiano y Eichenbaum (1992), Roubini y Grilli (1995), Christiano, Eichenbaum y Evans (1994) y Castillo (2006). Cabe indicar que la Ecuación (5) también representa la función de reacción del banco central a las desviaciones del tipo de cambio nominal de sus fundamentales. Como se indica más adelante, el tipo de cambio nominal,  $s_t$ , se subdivide en un componente tendencial,  $s_{tnd_t}$ , un componente cíclico o brecha,  $\hat{s}_t$ , y un componente irregular,  $s_{int,t}$ . Debido a que los primeros dos componente se encuentran explicados por medio de sus fundamentos (ver ecuaciones 19 y 20), los desvíos del tipo de cambio nominal respecto de sus componente tendencial y cíclico,  $s_t - (s_{tnd_t} + \hat{s}_t)$ , propician que el banco central intervenga en el mercado cambiario.

El consumo privado e inversión doméstica también están en función del crédito bancario. De acuerdo a Bigden y Mizen (1999), el crédito bancario total está en función de la tasa de interés real y la actividad económica. En la Ecuación (6) se describe la brecha del crédito bancario,  $\widehat{cr}_t$ , la cual está en función del rezago de la brecha del producto,  $\hat{y}_{t-1}$ , y de la brecha de la tasa de interés real,  $\hat{R}_t$ . El término  $\varepsilon_t^x$  es un choque al crédito bancario.

### 3.1.3 Exportaciones totales y tipo de cambio real

La brecha de las exportaciones es un componente que está en función de su rezago, del tipo de cambio real,  $\hat{z}_{t-1}$ , y de la brecha del producto externo,  $\hat{y}_{t-1}^*$ ; ambas variables rezagadas son expresadas como una desviación porcentual de su tendencia, tal como se

ilustra en la Ecuación (7). El choque externo para la brecha de las exportaciones es definido por  $\varepsilon_t^x$ .

$$\hat{x}_t = A_8 \hat{x}_{t-1} + (1 - A_8)(A_9 \hat{z}_{t-1} + A_{10} \hat{y}_{t-1}^*) + \varepsilon_t^x \quad (7)$$

$$\hat{z}_t = E_9 z_{t-1} + (1 - E_9)(\Delta s_t + \pi_t^* - \pi_t - \Delta z_{tend,t}) \quad (8)$$

Además, la brecha del tipo de cambio real está en función de su rezago y de los cambios de su tendencia de largo plazo,  $\Delta z_{tend,t}$ , que podrían ser producidos por fluctuaciones del tipo de cambio,  $\Delta s_t$ , inflación doméstica,  $\pi_t$ , o las variaciones de los precios externos,  $\pi_t^*$ . Por otra parte, la ecuación de la brecha del producto externo (ver Ecuación 30 en el Anexo) es una variable externa, que es modelada mediante un proceso recursivo de primer orden. El término,  $\varepsilon_t^z$ , es un choque del tipo de cambio real.

### 3.1.4 Gasto del Gobierno

El componente final de la brecha del producto es la desviación del gasto de gobierno de su tendencia,  $\hat{g}_t$ . Tal como se observa en la Ecuación (9), la brecha del gobierno está en función de su inercia,  $\hat{g}_{t-1}$ , y de las fuentes de financiamiento del gobierno, especialmente, la deuda pública doméstica,  $\hat{d}_t$ , deuda pública externa,  $\hat{de}_t$ , y los ingresos tributarios,  $\hat{it}_t$ , todos expresados en brechas. Esta variable también se encuentra en función de un choque externo al gasto de gobierno, definido como  $\varepsilon_t^g$ .

$$\hat{g}_t = A_{11} \hat{g}_{t-1} + (1 - A_{11})(A_{12} \hat{d}_t + A_{13} \hat{de}_t + A_{14} \hat{it}_t) + \varepsilon_t^g \quad (9)$$

$$\hat{it}_t = Y_6 it_{t-1} + (1 - Y_6) \hat{y}_t + \varepsilon_t^{taxrev} \quad (10)$$

La dinámica de los componentes de la deuda interna y externa sigue un proceso autoregresivo de primer orden, mientras que los ingresos tributarios, que se describen en la Ecuación (10), están en función de su rezago,  $it_{t-1}$ , de la actividad económica,

representada por la brecha del producto,  $\hat{y}_t$ , y de un choque externo a los ingresos tributarios,  $\varepsilon_t^{taxrev}$ .

### 3.2 Curva de Phillips

La Curva de Phillips, Ecuación (11), especifica a la inflación,  $\pi_t$ , como función de la persistencia inflacionaria,  $\pi_{t-1}$ , de la inflación esperada,  $\pi_{t+1}^e$ , de la variación en los precios del petróleo neta de cambios en el componente tendencial del tipo de cambio real,  $(\Delta pet_t - z_{tend_t})$ , de la brecha del producto rezagada un período,  $\hat{y}_{t-1}$  y de un choque de oferta  $\varepsilon_t^\pi$ . Nótese que los coeficientes de la inflación pasada y esperada suman uno, así como los coeficientes de la inflación total e importada, indicando que cualquier valor de la inflación podría ser la solución a la Ecuación (11), en tanto que la brecha del producto es cero en su estado estacionario.

$$\pi_t = B_1(B_2\pi_{t-1} + (1 - B_2)\pi_{t+1}^e) + (1 - B_1)(\Delta pet_t - z_{tend_t}) + B_3\hat{y}_{t-1} + \varepsilon_t^\pi \quad (11)$$

$$\Delta pet_t = B_4\Delta pet_{t-1} + (1 - B_4)(\pi_t^* + \Delta s_{t-1}) + \varepsilon_t^{pet} \quad (12)$$

$$\pi_t^e = B_5\pi_{t+1} + (1 - B_5)\pi_{t-1} + \varepsilon_t^{\pi^e} \quad (13)$$

Por lo tanto, la política monetaria actúa sobre la inflación a través de su efecto en la brecha del producto, en el tipo de cambio nominal y en las expectativas de inflación. El coeficiente  $(1 - B_1)$  mide el efecto traspaso de los precios externos hacia los precios internos, que debería ser relativamente grande para economías pequeñas y abiertas y que son propensas a choques exógenos, o para economías donde la credibilidad de la política monetaria es baja. De conformidad con análisis estadísticos para la economía guatemalteca, su inflación interna se encuentra más afectada por fluctuaciones en el precio de los *commodities* que por fluctuaciones en la inflación de sus principales socios comerciales.

Por lo tanto, son los cambios en los precios de los bienes importados, representados por variaciones en los precios promedio del petróleo,  $\Delta pet_t$ , los que influyen la Curva de Phillips. Dichos precios se especifican en la Ecuación (12) y son ajustados por cambios en la inflación externa,  $\pi_t^*$ , y por variaciones en el tipo de cambio nominal del quetzal con un período de rezago. El término  $\varepsilon_t^M$  representa un choque a la inflación importada. Por su parte, las expectativas de inflación se encuentran especificadas de conformidad con la Ecuación (13). En este sentido, de conformidad con análisis econométricos (no presentados), la inflación esperada por los agentes económicos guatemaltecos se encuentra significativamente influenciada por la inflación histórica. Por consiguiente, las expectativas de inflación se encuentran modeladas por medio de una combinación entre expectativas racionales y adaptativas. En efecto, un valor para  $B_5$  entre cero y uno implica un rol para factores rezagados y adelantados en el proceso dinámico de formación de expectativas inflacionarias.

### **3.3 Regla de política monetaria y transmisión de la tasa de interés**

La función de reacción del banco central consiste de una Regla de Taylor modificada (Woodford, 2007), de conformidad con la cual la tasa de interés de política monetaria,  $i_t$ , se expresa en función de su valor pasado,  $i_{t-1}$  (debido a la preferencia de las autoridades del banco central por un comportamiento suavizado de esta variable con el objeto de evitar fluctuaciones significativas en el producto, en el tipo de cambio y en los precios internos), así como por su valor nominal neutral,  $i_{tnd_t}$ , ajustado por las desviaciones de la inflación esperada respecto de su meta,  $(\pi_{t+4} - \bar{\pi}_{t+4})$ , y por

fluctuaciones en la brecha del producto,  $\hat{y}_t$ . El choque de política monetaria está dado por  $\varepsilon_t^i$ .

$$i_t = D_1 i_{t-1} + (1 - D_1)(i_{tnd_t} + D_2(\pi_{t+4} - \bar{\pi}_{t+4}) + D_3 \hat{y}_t) + \varepsilon_t^i \quad (14)$$

La tasa de interés,  $i_t$ , es el principal instrumento de política monetaria cuyo valor se encuentra determinado por las autoridades del banco central. Cambios en esta variable se llevan a cabo con el objeto de alcanzar una meta de inflación predeterminada,  $\bar{\pi}_t$ . Los rezagos en el proceso de transmisión de la política monetaria requieren que el banco central actúe con antelación y reaccione a las desviaciones de la inflación esperada respecto de su meta.

Es importante mencionar que algunas reglas de tasas de interés, tal como la que se especifica por medio de la Ecuación (14), se encuentran en función de fluctuaciones en el tipo de cambio nominal. Ello se lleva a cabo con dos objetivos principales: i) moderar la inflación interna, la cual se encuentra en función del tipo de cambio nominal; y, ii) moderar la volatilidad cambiaria por medio de cambios en la tasa de interés de referencia. En este documento argumentamos que es incorrecto incluir el tipo de cambio en la función de reacción del banco central. En primer lugar, consideramos que incluir las fluctuaciones del tipo de cambio nominal en la función de reacción, con el objeto de propiciar cambios en la tasa de interés que conlleven a moderar la inflación, produce una sobre-especificación de la Ecuación (14) ya que, como se ilustra en la Figura 1, el tipo de cambio nominal afecta el comportamiento del tipo de cambio real, el que a su vez afecta las exportaciones y la brecha del producto. Por lo tanto, el efecto de las fluctuaciones cambiarias ya se encuentra tomado en consideración en  $\hat{y}_t$ . En segundo lugar, al incluir las fluctuaciones del tipo de cambio nominal en la Ecuación (14), con el objeto de moderar la volatilidad cambiaria (debido a

que el banco central también se preocupa por reducir las fluctuaciones del tipo de cambio nominal) produce que exista un mayor número de objetivos (inflación y volatilidad cambiaria) que instrumentos (la tasa de interés de política monetaria), lo cual violaría la condición suficiente de Timbergen (1963) para políticas óptimas de estabilización, la cual fue ampliada por Aoki (1975) para sistemas dinámicos. Esta condición (Timbergen-Aoki) establece que para alcanzar un número específico de objetivos de política económica se requiere de por lo menos un número equivalente de instrumentos (uno para cada objetivo). Por consiguiente, en el presente modelo se incluye un segundo instrumento, la emisión monetaria, tal como se describe en la Ecuación (5), para moderar las fluctuaciones cambiarias. Ello debido a que las intervenciones del banco central afectan la cantidad de dinero en circulación al comprar/vender moneda extranjera (dólares) a cambio de moneda local (quetzales). Cabe indicar que las intervenciones cambiarias del Banco de Guatemala no son esterilizadas en su totalidad en el mercado de dinero. Por lo tanto, el efecto de las mismas se traslada al sector real por medio de fluctuaciones en la cantidad de dinero, las que a su vez afectan el consumo e inversión y la actividad económica interna (ver Figura 1).

$$I_t = F_1 I_{t-1} + (1 - F_1) ((i_{t-1} + i_t + i_{t+1} + i_{t+2})/4 + term_t) + \varepsilon_t^I \quad (15)$$

$$r_t = i_t - \pi_{t+1}^e \quad (16)$$

$$R_t = I_t - \pi_{t+1}^e \quad (17)$$

El proceso de transmisión de la tasa de interés a las tasas con vencimiento más largo es representado en la Curva de Rendimientos, Ecuación (15). De acuerdo a esta expresión, la tasa de interés nominal de largo plazo,  $I_t$ , es función de su propio rezago,  $I_{t-1}$ , y del valor promedio de las tasas de interés de corto plazo observadas y esperadas, el cual es

ajustado por una prima por plazo,  $term_t$ . Adicionalmente, la transmisión de las tasas de interés de corto y largo plazos hacia las tasas reales están establecidas en la ecuación de Fischer, representadas en las Ecuaciones (16) y (17).

### 3.4 Ecuaciones cambiarias

Como se indica en la Ecuación (18), el tipo de cambio nominal se descompone en tres componentes: i) un componente tendencial o de largo plazo,  $s_{tnd_t}$ ; ii) el desvío porcentual respecto de dicha tendencia,  $\hat{s}_t$ ; y, iii) un componente especulativo,  $s_{int_t}$ . Como se explica en detalle más adelante, para llevar a cabo esta diferenciación, los primeros dos componentes se modelaron econométricamente por medio de sus fundamentales, en tanto que el tercer componente (no explicado) se estimó a través de un proceso de caminata aleatoria. Éste último componente es el que podría propiciar intervenciones del banco central en el mercado cambiario.

$$s_t = s_{tnd_t} + \hat{s}_t + s_{int_t} \quad (18)$$

La tendencia del tipo de cambio nominal se modela mediante la condición de Paridad Descubierta de Tasas de Interés (*UIP* por sus siglas en inglés). Esta especificación es apropiada para la economía de Guatemala debido a la baja volatilidad de las tasa de interés nominal de largo plazo. Literatura económica reciente presenta resultados favorables respecto a estimaciones empíricas que han podido explicar fluctuaciones cambiarias de largo plazo en función de la *UIP* (ver Alexius, 2001; Chinn y Meredith, 2005; y, MacDonald y Nagayasu, 2000). Por consiguiente, nos basamos en dicha literatura para modelar el componente tendencial del tipo de cambio nominal en base a esta expresión. En efecto, la Ecuación (19) representa una condición *UIP*, donde el diferencial

de la tasa de interés doméstica y externa ( $I_t - I_t^*$ ) está en función de la desviación porcentual del tipo de cambio nominal esperado de su tendencia de largo plazo ( $s_t^e - s_{tnd_t}$ ), ajustado por una prima riesgo país,  $prem_t$ .<sup>4</sup> El choque externo está representado por  $\varepsilon_t^{s\_tnd}$ .

$$(I_t - I_t^*) = 4(s_t^e - s_{tnd_t}) + prem_t + \varepsilon_t^{s\_tnd} \quad (19)$$

El segundo componente del tipo de cambio nominal se refiere a la brecha del tipo de cambio,  $\hat{s}_t$ , la cual es modelada por dos de sus fundamentales. En efecto, nos basamos en el trabajo de Castillo y Pérez (2010) quienes determinaron que el componente cíclico del tipo de cambio del quetzal respecto del dólar estadounidense se encuentra en función de fluctuaciones en la brecha del producto estadounidense,  $\hat{y}_t^*$ , y de desvíos de la oferta monetaria respecto de su tendencia,  $\hat{m}_t$ , ver Ecuación (20). La primera variable tiene un efecto sobre las exportaciones, turismo, remesas familiares y flujos de inversión extranjera directa, y por ende, sobre el tipo de cambio nominal. La segunda variable afecta la demanda doméstica de moneda extranjera y sus fluctuaciones son determinadas endógenamente por la política monetaria.

$$\hat{s}_t = E_2 \hat{s}_{t-1} + (1 - E_2)(E_3 \hat{m}_t + E_4 \hat{y}_t^*) + \varepsilon_t^{\hat{s}} \quad (20)$$

El tercer y último componente es el tipo de cambio especulativo,  $s_{int_t}$ , que representa el factor no explicado por los fundamentales. Este componente es modelado mediante una especificación de caminata aleatoria, como la que se describe en la Ecuación (21). Este componente desencadena intervenciones en el mercado cambiario de parte del banco central, tal como fue indicado previamente en la Ecuación (5).

<sup>4</sup> La desviación porcentual del tipo cambio nominal esperado de su tendencia de largo plazo es multiplicada por 4 para anualizar su valor, esto hace que sea comparable con la expresión del diferencial de la tasa de interés y la prima riesgo país, que están expresados en términos anuales.

$$s_{int_t} = s_{int_{t-1}} + \varepsilon_t^{s_{int}} \quad (21)$$

Por otra parte, el tipo de cambio nominal también es afectado por las expectativas del tipo de cambio de los agentes económicos,  $s_t^e$ , (ver Figura 1). En términos matemáticos, dichas expectativas están formadas como un promedio ponderado del valor futuro del tipo de cambio esperado,  $s_{t+1}$  y un período de rezago,  $s_{t-1}$ , ajustadas por cambios en el tipo de cambio real neto del diferencial inflación de largo plazo ( $\bar{\pi}_t - \pi_{ss}^*$ ), tal como se observa en la Ecuación (22).

$$s_t^e = E_8 s_{t+1} + (1 - E_8)(s_{t-1} + 2/4(\dot{z}_{tnd_t} + \bar{\pi}_t - \pi_{ss}^*)) + \varepsilon_t^{s^e} \quad (22)$$

Las ecuaciones (3) - (22) representan las ecuaciones de comportamiento del modelo, que además de mostrar las principales interrelaciones macroeconómicas entre las variables, constituyen sus principales fuentes de intuición económica. Como se indicó, el conjunto completo de ecuaciones se muestran en el Anexo.

#### 4. SIMULACIONES Y CALIBRACIÓN DEL MODELO

Los pronósticos del modelo y las funciones impulso-respuesta están en relación directa de los valores de sus parámetros. De acuerdo a Berg, Karam y Laxton (2006), los coeficientes finales son el resultado de un proceso de calibración iterativo, que empieza con la selección razonable de los coeficientes en base a principios económicos y evidencia econométrica disponible y luego ajustar los valores disponibles para obtener un modelo con un comportamiento adecuado. Por lo tanto, los valores de los parámetros seleccionados no necesariamente son determinados mediante un enfoque puramente econométrico. En las

siguientes secciones se describe el proceso de calibración y se realizan simulaciones para los principales choques macroeconómicos.

#### 4.1 Proceso de Calibración

Un proceso de calibración se refiere a un procedimiento iterativo de búsqueda de valores de los parámetros de un modelo, que utiliza métodos teóricos y estadísticos (econométricos) para establecer un sistema de ecuaciones múltiples convergente que no solo satisfaga los fundamentos teóricos económicos, sino también que genere pronósticos empíricos razonables que sirva de base a las decisiones de política.

El proceso de calibración se inició con una estimación econométrica de todas las ecuaciones, basado en datos trimestrales para el período 2001-2009.<sup>5</sup> Dado que muchas ecuaciones tienen un componente adelantado (*forward looking*), fue necesario emplear métodos de variables instrumentales mediante el enfoque del Método Generalizado de Momentos (MGM).<sup>6</sup> A pesar de los problemas de eficiencia de las estimaciones de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) ante la presencia de regresores adelantados, se estimó cada ecuación mediante MCO, con el objeto de contar con un rango de valores permisibles para cada parámetro. Por consiguiente, se trató que el valor seleccionado para cada parámetro estuviese contenido dentro de dicho rango de estimación. No obstante, solamente dos de las tres terceras partes de valores de los parámetros se encuentran dentro de dicho rango; el resto de los valores de parámetros fueron ajustados para generar no solo

---

<sup>5</sup> Las estimaciones principian en 2001Q2 debido a que en este periodo es el punto inicial de las reformas de las leyes financieras en Guatemala. Sin embargo, algunas estimaciones se hicieron para el período de 2005Q1-2009Q4, dado que la inflación fue establecida como un régimen explícito de metas en 2005.

<sup>6</sup> Los valores de los parámetros para la función de reacción corresponden a valores obtenidos en estudios para economías pequeñas y abiertas proporcionados por la literatura económica.

pronósticos razonables, sino también funciones de impulso-respuesta con intuición teórica económica. La lista completa de los valores de los parámetros se muestra en el Anexo.

#### 4.1.1 Condiciones de Estado Estacionario

Existe un total de diez parámetros de estados estacionarios en el modelo. Cinco de los cuales fueron determinados de acuerdo a las propiedades deseables del modelo, mientras que los otros cinco fueron establecidos de acuerdo a sus fluctuaciones históricas. En efecto, el estado estacionario de la inflación doméstica fue fijado igual a la meta de inflación de largo plazo establecida por el Banco de Guatemala. Además, el valor del estado estacionario para la variación del tipo de cambio real se fijó de manera que coincida con los valores de largo plazo de la inflación doméstica y externa, así como con la tendencia del tipo de cambio nominal. Las variaciones de la emisión monetaria fueron fijadas para que coincida con la meta de inflación doméstica, debido a que son transmitidas con algunos rezagos a la tasa de inflación. El estado estacionario de las tasas de crecimiento del crédito bancario y la oferta monetaria sigue el mismo criterio, tal como se muestra en la Tabla 1. El resto de condiciones de estado estacionario fueron establecidas conforme a su historia.

NOMBRE DE LA VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR DE ESTADO ESTACIONARIO
<b>Inflación interna</b>	$\pi_{ss}$	4
<b>Crecimiento económico interno</b>	$\Delta y_{ss}$	3
<b>Variación del tipo de cambio real</b>	$\Delta z_{ss}$	-2

<b>Prima por riesgo país</b>	$prem_{ss}$	11
<b>Prima por plazo</b>	$term_{ss}$	8
<b>Inflación externa</b>	$\pi_{ss}^*$	4
<b>Tasa de interés externa real</b>	$R_{ss}^*$	1
<b>Variación de la emisión monetaria real</b>	$\Delta em_{ss}$	4
<b>Variación de la oferta monetaria real</b>	$\Delta m_{ss}$	6
<b>Variación del crédito bancario real</b>	$\Delta cr_{ss}$	7

Tabla 1. Condiciones de Estado Estacionario

#### 4.2 Simulaciones

En esta sección se muestra las características principales del modelo. A pesar que las funciones impulso-respuesta se derivan del proceso de calibración, es importante mencionar que son útiles en dicho procedimiento. Los primeros cuatro choques que se ilustran (un choque a la tasa de política monetaria, un choque a la inflación –inflación de costos-, un choque de demanda y un choque desinflacionario) son los más comunes en la literatura de modelos macroeconómicos, aunque el choque desinflacionario (un choque combinado de dos metas de política monetaria), ilustra el conflicto que podría surgir en un banco central que cuenta con múltiples metas, especialmente una meta de tipo de cambio conjuntamente con una meta de inflación.

### 4.2.1 Choque de la Tasa de Interés de Política Monetaria

Este choque ilustra el efecto de un incremento inesperado y temporal de la tasa de política monetaria,  $i_t$ , del Banco de Guatemala (ver figura 2). Por una parte, este choque produce un incremento en las tasas de interés de mercado nominal,  $I_t$  y real,  $R_t$ , de largo plazo, lo cual propicia una apreciación del tipo de cambio nominal,  $s_t$  y real,  $z_t$ , una reducción en las exportaciones totales,  $x_t$ , y una contracción el crédito total,  $cred_t$ . Por lo tanto, hay una reducción en el consumo e inversión,  $ci_t$ , demanda agregada,  $y_t$ , e inflación  $\pi_t$ .

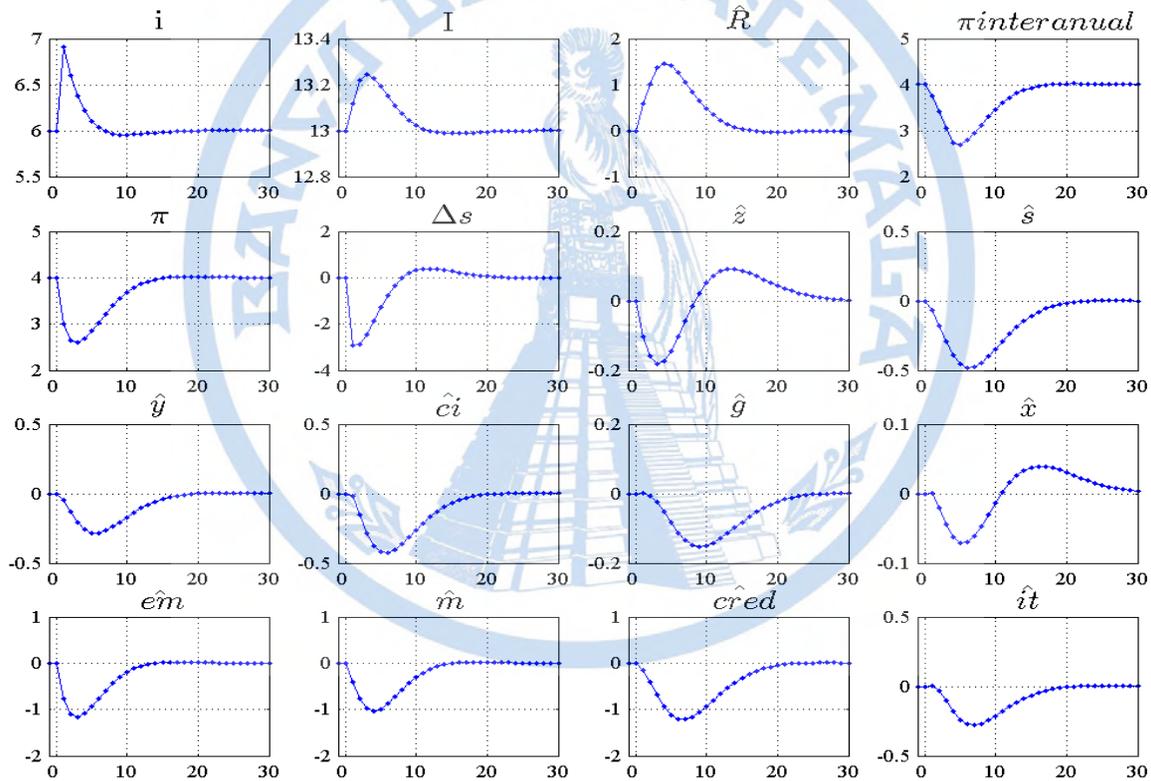


Figura 2. Choque de la Tasa de Interés de Política Monetaria

Por otra parte, el incremento de la tasa de política monetaria genera una contracción en la emisión monetaria,  $em_t$ , es decir, un efecto liquidez que refuerza la contracción del consumo e inversión  $ci_t$ , demanda agregada,  $y_t$ , e inflación,  $\pi_t$ . Además, esto conduce a

una contracción en la oferta monetaria,  $m_t$ , que fortalece la apreciación del tipo de cambio nominal y real, y la caída de las exportaciones,  $x_t$ . Un efecto indirecto se deriva de la caída de la demanda agregada, que generará una reducción de los ingresos tributarios,  $it_t$ , y por consiguiente, en el gasto del gobierno,  $g_t$ . La estabilización macroeconómica ocurre en 10 trimestres o dos años y medio.

#### 4.2.2 Choque de Inflación (inflación de costos)

Existen dos choques de inflación en el modelo. El primero es un choque a la inflación total (un choque amplio de inflación de costos) y el segundo, es un choque a la inflación importada (un choque de inflación de costos, que se puede interpretar como choque externo de bienes importados –*commodities*–).

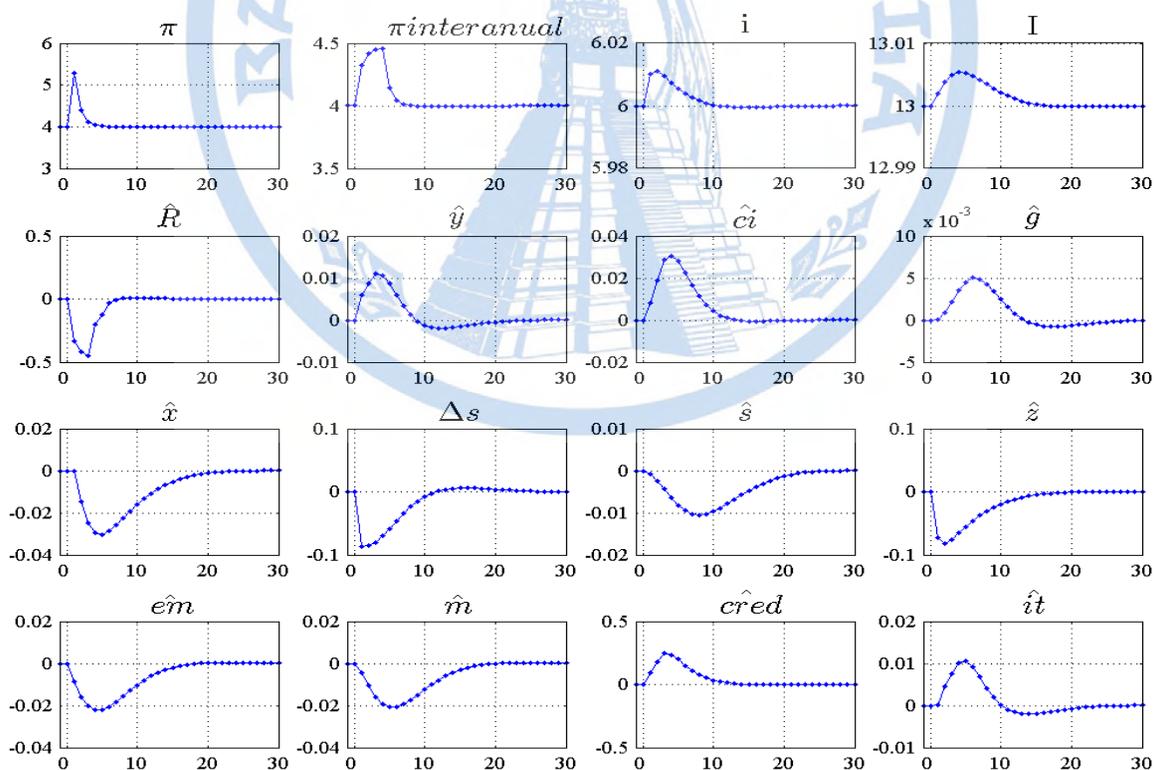


Figura 3. Choque de Inflación Total

Un choque amplio de inflación de costos (Figura 3) está representado por un incremento temporal en la inflación trimestral,  $\pi_t$ , cuyo impacto tiende a incrementar la tasa de política monetaria,  $i_t$ , y la tasa de interés de mercado de largo plazo,  $I_t$ . Sin embargo, el incremento inicial en la inflación total excede el aumento de la tasa de interés de mercado y por lo tanto, da como resultado una reducción de la tasa de interés de mercado real,  $R_t$ , lo cual conduce a un incremento del crédito privado total,  $cred_t$ , y por lo tanto, en el consumo e inversión,  $ci_t$ , demanda agregada,  $y_t$ , ingresos tributarios,  $it_t$ , y gasto del gobierno,  $g_t$ . Por otra parte, un incremento en la tasa de interés nominal de mercado induce a una apreciación del tipo de cambio nominal y real, lo que a su vez provoca una caída de las exportaciones. En el largo plazo, el incremento de la tasa de interés de política contribuye a alcanzar convergencia hacia su estado estacionario. El choque de inflación importada es ilustrado en la figura 4; dado que la inflación importada,  $\Delta pet_t$ , influye en la Curva de Phillips, los efectos producidos por este choque son similares a los de un choque de inflación de costos, aunque en una menor magnitud.

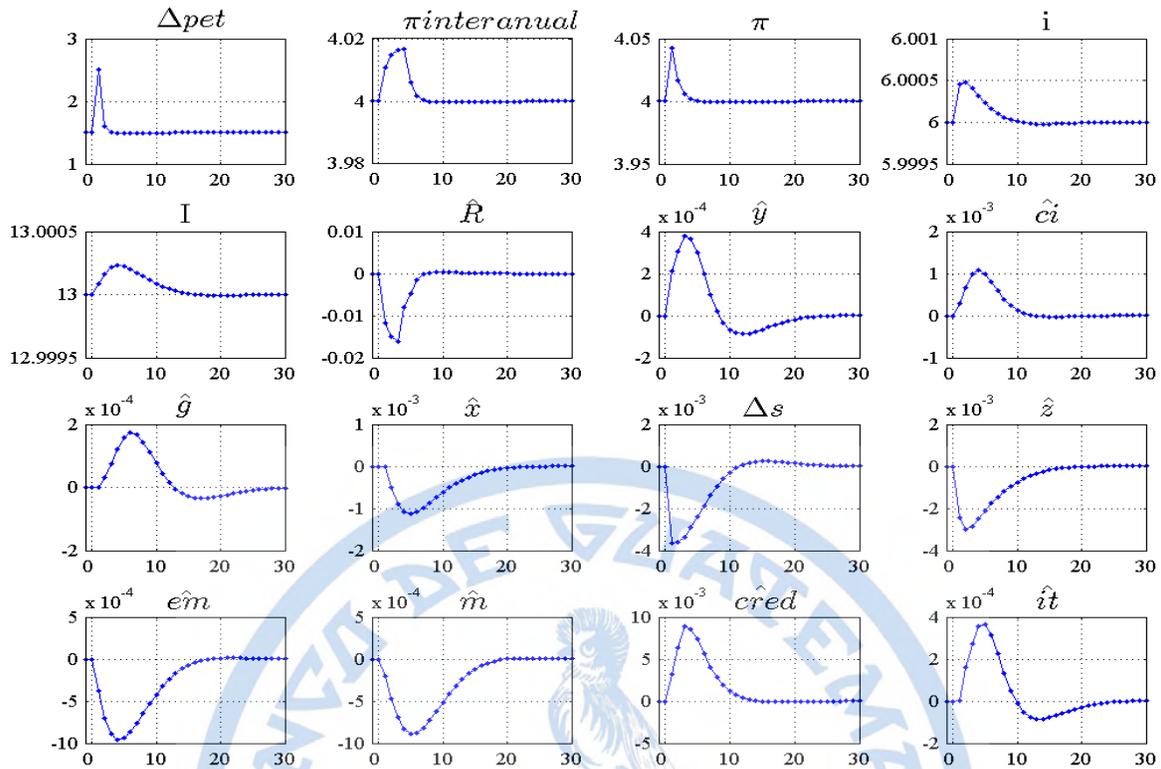


Figura 4. Choque de Inflación Importada

### 4.2.3 Choque de Demanda

Existen dos tipos de choques de demanda en el modelo. El primero es un choque de demanda agregada, mientras el segundo es un choque al consumo e inversión. El choque de demanda agregada total es ilustrado mediante un choque a la ecuación (2). Este choque tiene un impacto inicial positivo sobre el crédito bancario,  $cred_t$ , y en el consumo e inversión total,  $ci_t$ , así como en los ingresos tributarios,  $(it_t)$ , y el gasto del gobierno,  $g_t$ . Estos incrementos conducen a una inflación alta,  $\pi_t$ , que tiende a ser moderada por un incremento de la tasa de interés de política,  $i_t$ , y de la tasa de interés de mercado de largo plazo,  $I_t$ . Los efectos de las tasas de interés propician una apreciación del tipo de cambio nominal,  $s_t$ , y real,  $z_t$ , que implica una caída de la inflación, rebasando inicialmente su estado estacionario, para luego converger a su equilibrio de largo plazo.

La tasa de interés promedio de largo plazo,  $R_t$ , cae al principio como resultado del choque, pero después se incrementa debido al pequeño incremento en la inflación. Como resultado, el crédito bancario aumenta al impacto, reforzando el choque de demanda agregada total. El choque al consumo e inversión es ilustrado en la figura 6. Dado que el consumo e inversión es un componente de la demanda agregada total, sus efectos son similares a los mencionados, pero en una menor magnitud.

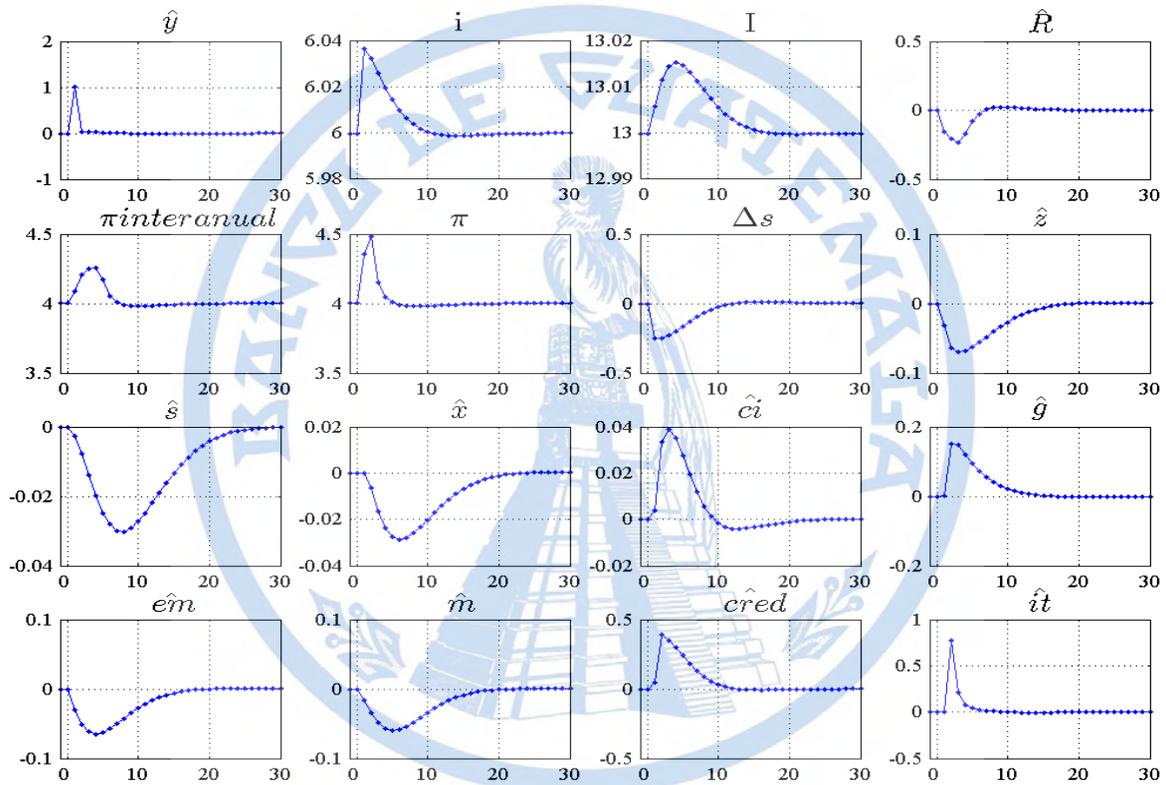


Figura 5. Choque de Demanda Agregada

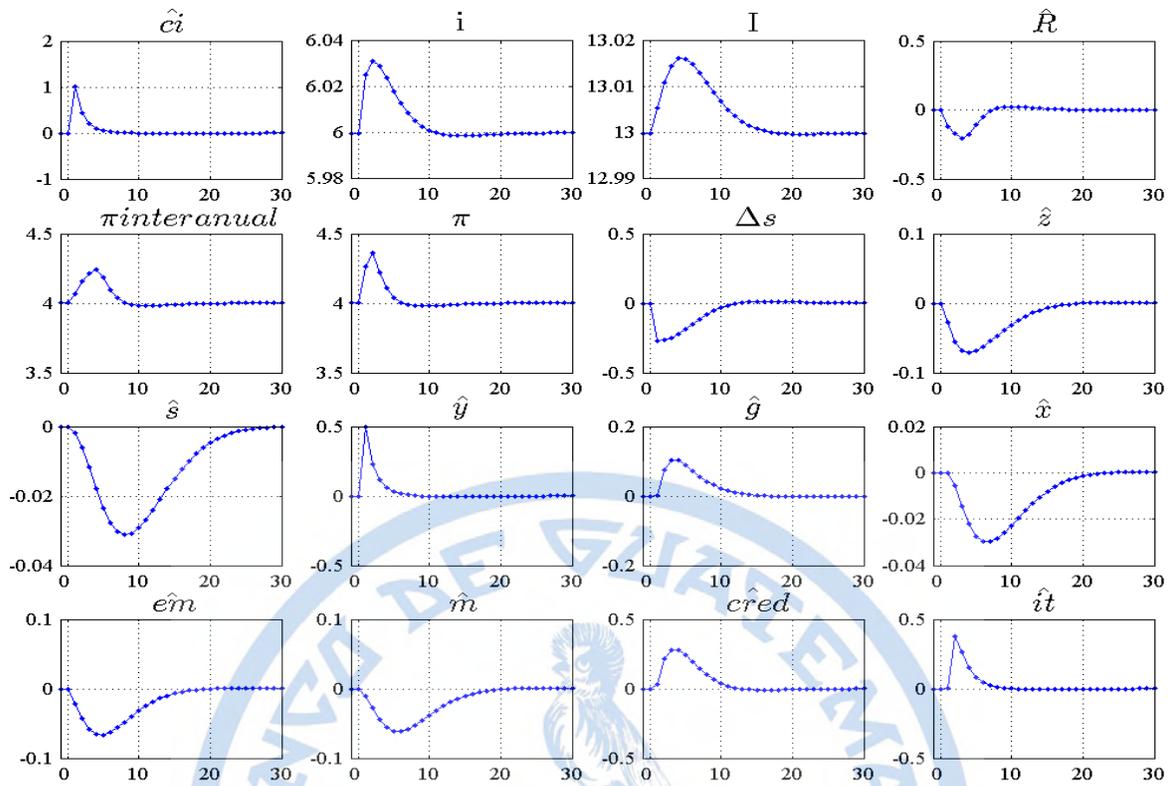


Figura 6. Choque de Consumo e Inversión

#### 4.2.4 Choque de Desinflación Permanente

Un choque permanente modifica las propiedades del estado estacionario de largo plazo de un modelo (su tendencia de equilibrio). Sin embargo, esto podría ser más que un indicador acerca de la capacidad del modelo para reaplicar las características de los datos observados, dado que estos son más fácilmente de detectar en un análisis de datos expuestos que un choque temporal. El choque de desinflación, es especialmente, uno de los más importantes choques en el proceso de calibración, dado que permite establecer los efectos de la tasa de interés de política en el producto (la tasa de sacrificio) y en la inflación, basado en estudios empíricos realizados previamente o alternativos, muchos de los cuales fueron llevados a cabo mediante algún tipo de análisis de vectores autoregresivos (VAR).

Por lo tanto, el buen funcionamiento y la evidencia empírica de muchos choques temporales en cualquier modelo dependerán de un choque de desinflación.

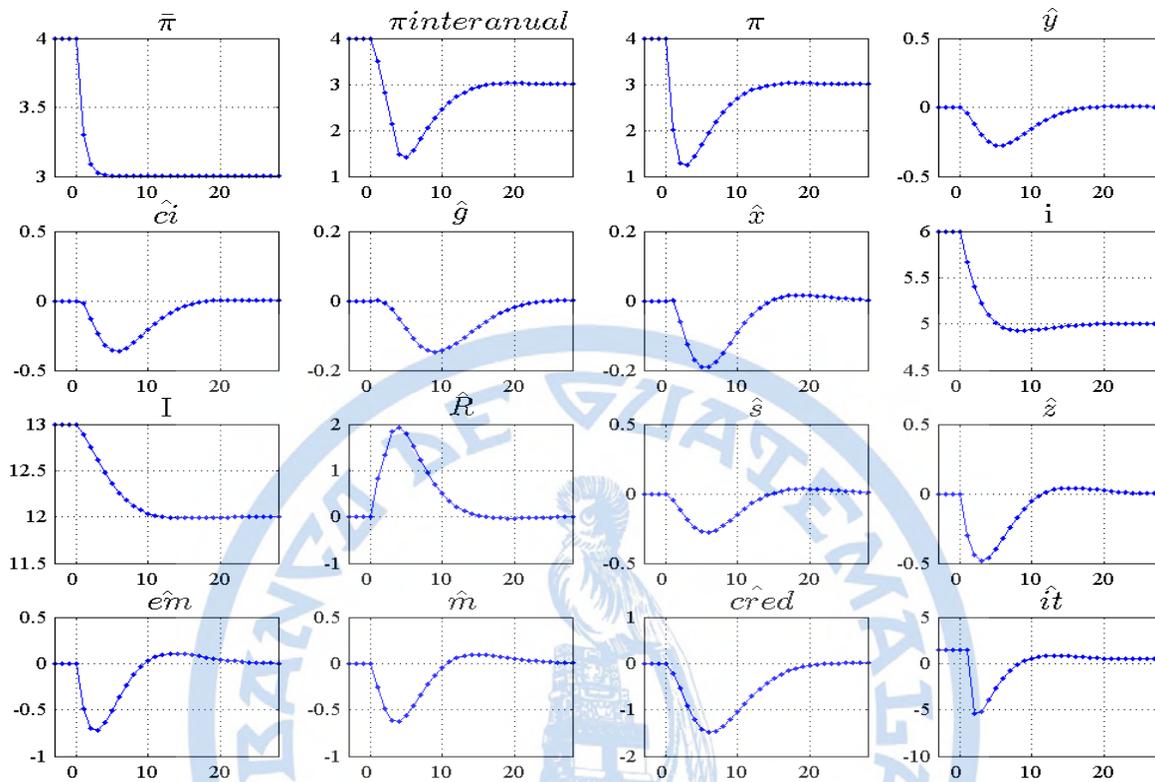


Figura 7. Choque Permanente de Desinflación

La figura 7 ilustra un choque de desinflación, dado por una reducción permanente de la meta de inflación,  $\bar{\pi}_t$ , en un punto porcentual. Tal como se observa en la gráfica, muchas variables se ajustan hacia sus nuevos valores de equilibrio. En particular, la tasa de interés de política,  $i_t$  y la tasa de interés nominal de mercado de largo plazo,  $I_t$ , convergen gradualmente hacia un valor de un punto porcentual menos, en tanto que el tipo de cambio nominal muestra un menor crecimiento, dado que el nivel de precios es también más bajo que antes del choque de desinflación, en efecto, el tipo de cambio nominal tiende a depreciarse menos que antes, con el fin de seguir la tendencia sin cambios del tipo de cambio real. Las tendencias de largo plazo del consumo e inversión, exportaciones, gasto

de gobierno y la demanda agregada no son afectadas, pero existe un efecto de corto plazo. La tasa de sacrificio mide la caída de corto plazo de la demanda agregada como resultado de una desinflación de un punto porcentual. Para el caso del modelo, la tasa de sacrificio es 0.60%, que es similar al reciente efecto de desinflación en el PIB de Guatemala, como resultado de la crisis económica de 2008-2009.<sup>7</sup>

Es importante mencionar que el choque de desinflación permanente es calibrado sin un incremento inicial en las tasas de interés, dado que las expectativas de inflación tienen un efecto importante hacia adelante (forward looking), con el fin que los agentes económicos empiecen a ajustar las expectativas de inflación hacia abajo desde el anuncio del banco central. Por lo tanto, un incremento en la tasa de interés real implica una reducción del crédito bancario y del producto. Debido a que la inflación cae más rápido que las tasas de interés, existe también un efecto de liquidez negativo que disminuye la oferta monetaria,  $m_t$ , y propicia una apreciación del tipo de cambio real,  $s_t$ , lo cual contribuye a una caída de la inflación.

#### **4.2.5 Conflicto de medidas no coordinadas**

Esta sección ilustra el conflicto que surge cuando un banco central no coordina su tasa de interés de política con intervenciones no esterilizadas en el mercado cambiario. En este estudio se modeló esta situación, asumiendo que el banco central tiene fuerte miedo a flotar, que surge al experimentar una apreciación nominal (aun cuando puede ser explicado por sus fundamentales), junto con el aumento de mediano plazo de las expectativas de

---

<sup>7</sup> Una estimación empírica reciente de la tasa de sacrificio para la economía de Guatemala fue obtenida mediante la brecha del Índice Mensual de la Actividad Económica (IMAE). De acuerdo a dicha información, el 14% de la caída en la tasa de inflación anual de 2008Q3 hasta 2009Q4, generó una brecha del producto acumulativa negativa de 0.116% desde 2008Q4 hasta 2009Q4.

inflación, que requiere una política monetaria más restrictiva. Para este caso, la figura 8 ilustra un choque combinado de la tasa de interés de política monetaria con un choque de la emisión monetaria (que resulta de la compra de divisas por parte del banco central).<sup>8</sup>

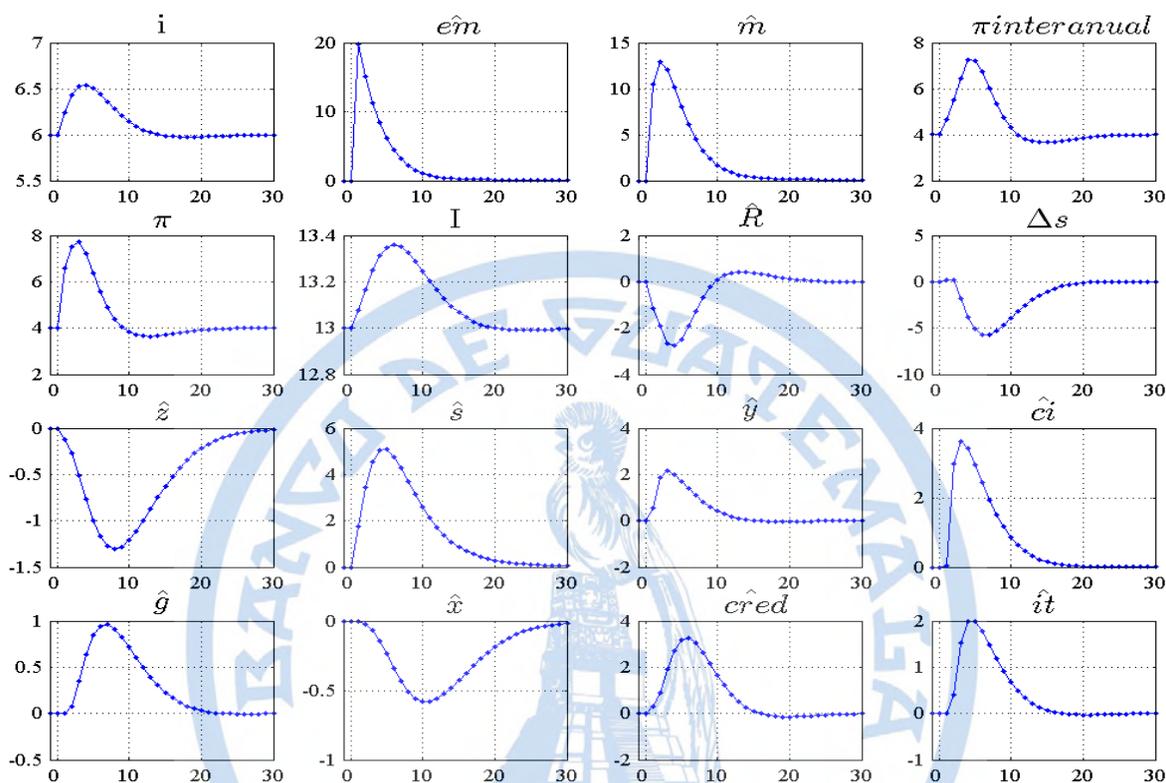


Figura 8. Choque Combinado de la Tasa de Interés de Política Monetaria e Intervención del Mercado Cambiario (compra de dólares)

En este caso, existe un incremento de la tasa de interés de política monetaria,  $i_t$ , así como en la emisión monetaria,  $em_t$ , dado que el banco central interviene tanto en el mercado de dinero mediante las tasas de interés como en el mercado cambiario a través de compras de divisas (dólares estadounidenses) con moneda doméstica. Aunque la intención original del banco central sea prevenir inflación futura mediante el aumento de las tasas de

<sup>8</sup> Este caso ilustra la experiencia del Banco de Guatemala durante 2007.

interés, la inflación se incrementa ante el aumento del consumo e inversión,  $ci_t$ , generado por el efecto liquidez. El incremento en la emisión monetaria tiene un efecto positivo en la oferta monetaria, la cual propicia una depreciación del tipo de cambio nominal, que también era un objetivo del banco central. Por lo tanto, hay un impacto positivo en la inflación debido al incremento en la inflación importada. La demanda agregada no cae, a pesar del aumento de las tasas de interés, dado el incremento asociado al consumo e inversión. Por lo que la dinámica de la demanda agregada tiene un efecto positivo sobre el crédito bancario,  $cred_t$ , los ingresos tributarios,  $it_t$ , y el gasto de gobierno,  $g_t$ . El efecto de la inflación, presiona al banco central a incrementar su tasa de interés de política aún más y por un período más largo (comparado con el choque de política monetaria, figura 2), con el fin de mantener la inflación bajo control, que es alcanzado en períodos posteriores.

El costo del efecto de un choque combinado no es en la demanda agregada, sino en sus componentes, particularmente en el crédito bancario,  $cred_t$ , que a pesar de haber incrementado ante el impacto, cae debajo de su tendencia de largo plazo en periodos subsiguientes, y en las exportaciones totales,  $x_t$ , dado los efectos posteriores producidos por una fuerte apreciación nominal que sigue a los efectos de la tasa de política monetaria.

## 5. CONCLUSIONES

Este estudio describe la estructura, proceso de calibración y las características principales de un modelo de equilibrio general dinámico que utiliza elementos del nuevo enfoque keynesiano (*New Keynesian Approach*) para simular una economía que ha establecido un régimen de metas explícitas de inflación, pero cuya autoridad monetaria también se preocupa por moderar las fluctuaciones cambiarias. El modelo construido

permite incluir el efecto liquidez de la tasa de interés en los agregados monetarios, el efecto del crédito bancario en la actividad económica y los efectos de la política fiscal en el mecanismo de transmisión de la política monetaria. Asimismo, de conformidad con la condición de Timbergen-Aoki, el modelo tiene dos instrumentos para alcanzar los dos objetivos.

El modelo macroeconómico construido se conforma por un conjunto de ecuaciones en forma reducida en el cual, los valores de los parámetros de cada ecuación se obtiene por medio de estimaciones econométricas basadas en el Método Generalizado de Momentos (MGM), así como de técnicas estadísticas de calibración que permiten replicar los hechos estilizados de la economía guatemalteca para el período 2001-2010. Las simulaciones del modelo ilustran sus características principales y las diferentes relaciones entre las variables macroeconómicas contenidas en el modelo. Consideramos que un modelo como el que se describe en el presente documento puede ser establecido como modelo base de cualquier Sistema de Pronósticos y Análisis de Política (SPAP) de cualquier banco central que haya establecido un esquema de metas explícitas de inflación como marco de política monetaria.

## REFERENCIAS

- [1] Alexius, A. (2001). Uncovered Interest Parity Revisited. *Review of International Economics*, Vol. 9, No. 3.
- [2] Aoki, Masanao (1975). On a Generalization of Tinbergen's Condition in the Theory of Policy to Dynamic models. *Review of Economic Studies*, Vol. 42, No. 2, April.
- [3] Beneš, Jaromir, Jaromir Hurnik and David Vávra (2008). Exchange Rate Management and Inflation Targeting: Modeling the Exchange Rate in Reduced-Form New Keynesian Models. *Czech Journal of Economics and Finance*, Vol. 58, No. 8.
- [4] Berg, Andrew, Philippe Karam and Douglas Laxton (2006a). A Practical Model-Based Approach to Monetary Policy Analysis – Overview. IMF Working Paper WP/06/80.
- [5] Berg, Andrew, Philippe Karam and Douglas Laxton (2006b). A Practical Model-Based Approach to Monetary Policy. --A-How-to-Guide." IMF Working Paper 06/81.
- [6] Bernanke, Ben, and Ilian Mihov (1998). The Liquidity Effect and Long-Run Neutrality. NBER Working Papers Series No. 6608, National Bureau of Economic Research.
- [7] Bridgen, A., and P. Mizen (1999). Money, Credit and Investment in the UK Corporate Sector. Bank of England Working Paper No. 100.
- [8] Calvo, G. y Reinhart, C. (2000). "Fear of Floating". *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 107, No. 2, Mayo.
- [9] Castillo, Carlos (2006). The Liquidity Effect and the Long Run Neutrality of Money in Guatemala. *Banca Central*, Vol. 51, Enero-Junio.
- [10] Castillo, Carlos, and Fidel Pérez (2010). Theoretical and Empirical Exchange Rate Models: Do they aim to forecast the Quetzal? Forthcoming.
- [11] Chinn, Menzie; and Guy Meredith (2005). Testing Uncovered Interest Parity at Short and Long Horizons During the Post-Bretton Woods Era. National Bureau of Economic Research, January.
- [12] Christiano, Lawrence, Martin Eichenbaum and Charles Evans (1994). The Effects of Monetary Policy Shocks: Some Evidence from the Flow of Funds. NBER Working Papers Series No. 4699, National Bureau of Economic Research.

- [13] Christiano, Lawrence, and Martin Eichenbaum (1992). Liquidity Effects and The Monetary Transmission Mechanism. Federal Reserve Bank of Minneapolis, Research Department Staff Report 150.
- [14] De Gregorio, José (2006). Esquema de Metas de Inflación en Economías Emergentes. Documentos de Política Económica, Banco Central de Chile, No. 18, Octubre.
- [15] Edwards, Sebastian (2006). "The Relationship Between Exchange Rates and Inflation Targeting Revisited". Central Bank of Chile Working Papers, No. 49, Diciembre 2006.
- [16] \_\_\_\_\_ (2002). "The Great Exchange Rate Debate After Argentina". National Bureau of Economic Research. Working Paper 9257, October.
- [17] Hauser, Andrew, and Andrew Bridgen (2002). Money and Credit in an Inflation Targeting Regime. Bank of England Quarterly Bulletin, Autumn.
- [18] Holub, Tomáš (2004). Foreign Exchange Interventions Under Inflation Targeting: The Czech Experience. CNB Internal Research and Policy Note.
- [19] International Monetary Fund (2005). Does Inflation Targeting Work in Emerging Markets? World Economic Outlook, Chapter 4, September.
- [20] Janssen, N. (1996). The Demand for Divisia Money by the Personal Sector and by Industrial and Commercial Companies. Bank of England Quarterly Bulletin, Vol. 36.
- [21] MacDonald, Ronald; and Jun Nagayasu (2000). The Long-Run Relationship between Real Exchange Rates and Real Interest Rate Differentials: A Panel Study. IMF Staff Paper 99/37.
- [22] Mishkin, Frederic S. (2007). Monetary Policy Strategy. MIT Press.
- [23] Roubini, Nouriel, and Vittorio Grilli (1995). Liquidity Models in Open Economies: Theory and Empirical Evidence. NBER Working Papers Series No. 5313, National Bureau of Economic Research.
- [24] Thomas R. (1996). Understanding broad money. Bank of England Quarterly Bulletin, Vol. 36.
- [25] Thomas R. (1997a). The Demand for M4: A Sectoral Analysis, Part 1: The Personal Sector. Bank of England Working Paper No. 61.
- [26] Thomas R. (1997b). The Demand for M4: A Sectoral Analysis, Part 1: The Corporate Sector. Bank of England Working Paper No. 62.

[27] Thornton, Daniel (2001). Identifying the Liquidity Effect at the Daily Frequency. Federal Reserve Bank of St. Louis, July/August.

[28] Timbergen, J. (1963). On the Theory of Economic Policy (North-Holland, 1963).



## ANEXO

### A.1 Variables del modelo

#### A.1.1 Variables endógenas de comportamiento

$\hat{y}$	Brecha del producto doméstico
$\hat{c}_i$	Brecha del consumo privado e inversión
$\hat{e}_m$	Brecha de la emisión monetaria real
$\hat{c}_r$	Brecha del crédito bancario real
$\hat{x}$	Brecha de las exportaciones
$\hat{g}$	Brecha del gasto de gobierno
$\hat{i}_t$	Brecha de los ingresos tributarios
$\pi$	Inflación trimestral anualizada
$\pi_{interanual}$	Inflación interanual
$\pi^e$	Expectativas de inflación trimestral anualizada
$\pi_{interanual}^e$	Expectativas de inflación interanual
$\Delta pet$	Tasa de variación del precio del petróleo
$i$	Tasa de interés de política monetaria
$l$	Tasa de interés nominal de mercado de largo plazo
$s^e$	Expectativas del tipo de cambio nominal
$\hat{s}$	Brecha del tipo de cambio nominal
$\hat{z}$	Brecha del tipo de cambio real
$\hat{m}$	Brecha de la oferta monetaria doméstica real

### A.1.2 Variables endógenas, definiciones

$\Delta y$	Tasa de variación del producto doméstico
$\pi_{dev}$	Desvíos de la inflación respecto a la meta
$\hat{i}$	Brecha de la tasa de interés de política monetaria
$r$	Tasa de interés real de corto plazo
$\hat{r}$	Brecha de la tasa de interés real de corto plazo
$R$	Tasa de interés real de largo plazo
$\hat{R}$	Brecha de la tasa de interés real de largo plazo
$s$	Tipo de cambio nominal
$s_{tend}$	Tipo de cambio nominal tendencial
$em$	Emisión monetaria real
$m$	Oferta monetaria doméstica real
$cr$	Crédito bancario real

### A.1.3 Variables exógenas, leyes de movimiento

$\widehat{de}$	Brecha de la deuda externa
$\widehat{di}$	Brecha de la deuda interna
$\Delta y_{tend}$	Tasa de variación del producto potencial
$\bar{\pi}$	Meta de inflación
$R_{tend}$	Tendencia de la tasa de interés real de largo plazo
$term$	Prima por plazo
$prem$	Prima por riesgo país

$s_{int}$	Componente especulativo del tipo de cambio nominal
$\Delta z_{tend}$	Tasa de variación del tipo de cambio real tendencial
$\Delta em$	Tasa de variación de la emisión monetaria real
$em_{tend}$	Tendencia de la emisión monetaria real
$\Delta m$	Tasa de variación de la oferta monetaria real
$m_{tend}$	Tendencia de la oferta monetaria real
$\Delta cr$	Tasa de variación del crédito bancario real
$cr_{tend}$	Tendencia del crédito bancario real
$\pi^*$	Inflación externa
$I^*$	Tasa de interés nominal externa
$\hat{y}^*$	Brecha del producto externo

#### A.1.4 Variables exógenas, definiciones

$IPC$	Índice de precios al consumidor
$i_{tend}$	Tendencia de la tasa de interés de política monetaria
$r_{tend}$	Tendencia de la tasa de interés real de política monetaria
$\Delta s$	Tasa de variación del tipo de cambio nominal
$\Delta z_{tend}$	Tipo de cambio real tendencial
$z$	Tipo de cambio real
$y$	Producto doméstico
$IPC^*$	Índice de precios al consumidor externo

## A.2 Ecuaciones del modelo

### A.2.1 Ecuaciones de comportamiento

Ecuación 1. Demanda agregada total

$$\hat{y}_t = A_1(A_2\hat{c}_t + A_3\hat{x}_t + A_4\hat{g}_t) + (1 - A_1)\hat{y}_{t+1} + \varepsilon_t^y$$

Ecuación 2. Demanda privada

$$\hat{c}_t = A_5\hat{c}_{t-1} + (1 - A_5)(A_6\hat{e}m_{t-1} + A_7\hat{c}r_t) + \varepsilon_t^c$$

Ecuación 3. Demanda de productos de exportación

$$\hat{x}_t = A_8\hat{x}_{t-1} + (1 - A_8)(A_9\hat{z}_{t-1} + A_{10}\hat{y}_{t-1}^*) + \varepsilon_t^x$$

Ecuación 4. Gasto de gobierno

$$\hat{g}_t = A_{11}\hat{g}_{t-1} + (1 - A_{11})(A_{12}\hat{d}i_t + A_{13}\hat{d}e_t + A_{14}\hat{i}t_t) + \varepsilon_t^g$$

Ecuación 5. Curva de Phillips

$$\pi_t = B_1(B_2\pi_{t-1} + (1 - B_2)\pi_{t+1}^e) + (1 - B_1)(\pi_t^M - z_{tend_t}) + B_3\hat{y}_{t-1} + \varepsilon_t^\pi$$

Ecuación 6. Tasa de variación de los precios del petróleo

$$\Delta pet_t = B_4\Delta pet_{t-1} + (1 - B_4)(\pi_t^* + \Delta s_{t-1}) + \varepsilon_t^{pet}$$

Ecuación 7. Expectativa de inflación trimestral anualizada

$$\pi_t^e = B_5\pi_{t+1} + (1 - B_5)\pi_{t-1} + \varepsilon_t^{\pi^e}$$

Ecuación 8. Expectativa de inflación interanual

$$\pi_{interanual,t}^e = B_6\pi_{interanual,t+1} + (1 - B_6)\pi_{interanual,t-1} + \varepsilon_t^{\pi_{interanual}^e}$$

Ecuación 9. Función de reacción de la tasa de interés de política monetaria

$$i_t = D_1i_{t-1} + (1 - D_1)(i_{tend_t} + D_2(\pi_{t+4} - \bar{\pi}_{t+4}) + D_3\hat{y}_t) + \varepsilon_t^i$$

Ecuación 10. Curva de rendimiento

$$I_t = F_1I_{t-1} + (1 - F_1)((i_{t-1} + i_t + i_{t+1} + i_{t+2})/4 + term_t) + \varepsilon_t^I$$

Ecuación 11. Paridad descubierta de tasas de interés (UIP)

$$(I_t - I_t^*) = 4(s_t^e - s_{tend_t}) + prem_t + \varepsilon_t^s$$

Ecuación 12. Brecha del tipo de cambio nominal

$$\hat{s}_t = E_2 \hat{s}_{t-1} + (1 - E_2)(E_3 \hat{m}_t + E_4 \hat{y}_t^*) + \varepsilon_t^{\hat{s}}$$

Ecuación 13. Desvíos de la emisión monetaria respecto a su tendencia

$$\widehat{em}_t = E_5 \widehat{em}_{t-1} + (1 - E_5)(E_6(s_t - s_{tend_t} - \hat{s}_t)) + E_7 \hat{i}_t + \varepsilon_t^{em}$$

Ecuación 14. Expectativas de tipo de cambio nominal

$$s_t^e = E_8 s_{t+1} + (1 - E_8)(s_{t-1} + 1/2(\Delta z_{tend_t} + \bar{\pi} + \pi_{ss}^*)) + \varepsilon_t^{s^e}$$

Ecuación 15. Brecha del tipo de cambio real

$$\hat{z}_t = E_9 z_{t-1} + (1 - E_9)(\Delta s_t + \pi_t^* - \pi_t - \Delta z_{tend,t})$$

Ecuación 16. Desvíos de la oferta monetaria respecto de su tendencia

$$\hat{m}_t = Y_1 \hat{m}_{t-1} + (1 - Y_1) \widehat{em}_t + \varepsilon_t^{\hat{m}}$$

Ecuación 17. Brecha del crédito bancario

$$\hat{c}r_t = Y_2 \hat{c}r_{t-1} + (1 - Y_2) \hat{y}_{t-1} + Y_3 \hat{R}_t + Y_3 \hat{d}u_t + \varepsilon_t^{cred}$$

Ecuación 18. Brecha de los ingresos tributarios

$$\hat{i}t_t = Y_7 \hat{i}t_{t-1} + (1 - Y_7) \hat{y}_{t-1} + \varepsilon_t^{\hat{i}t}$$

## A.2.2 Ecuaciones de variables exógenas

Ecuación 19. Tendencia de la tasa de interés real de largo plazo

$$R_{tend,t} = F_2 R_{tend,t-1} + (1 - F_2)((r_{tend,t-1} + r_{tend,t} + r_{tend,t+1} + r_{tend,t+2})/4 + term_t)$$

Ecuación 20. Componente especulativo del tipo de cambio nominal

$$s_{int,t} = E_1 s_{int,t-1} + \varepsilon_t^{s_{int}}$$

Ecuación 21. Desvíos de la deuda interna respecto de su tendencia

$$\widehat{d}l_t = Y_5 \widehat{d}l_{t-1} + \varepsilon_t^{\widehat{d}l}$$

Ecuación 22. Desvíos de la deuda externa respecto de su tendencia

$$\widehat{d}e_t = Y_6 \widehat{d}e_{t-1} + \varepsilon_t^{\widehat{d}e}$$

Ecuación 23. Variaciones del producto potencial doméstico

$$\Delta y_{tend,t} = T_1 \Delta y_{tend,t-1} + (1 - T_1) \Delta y_{ss} + \varepsilon_t^{\Delta y_{tnd}}$$

Ecuación 24. Tasa de variación del tipo de cambio real tendencial

$$\Delta z_{tend,t} = T_2 \Delta y_{tend,t-1} + (1 - T_2) \Delta z_{ss} + \varepsilon_t^{\Delta z_{tnd}}$$

Ecuación 25. Meta de inflación

$$\bar{\pi}_t = T_3 \bar{\pi}_{t-1} + (1 - T_3) \pi_{ss} + \varepsilon_t^{\bar{\pi}}$$

Ecuación 26. Prima por plazo

$$term_t = T_4 term_{t-1} + (1 - T_4) term_{ss} + \varepsilon_t^{term}$$

Ecuación 27. Prima por riesgo país

$$prem_t = T_5 prem_{t-1} + (1 - T_5) prem_{ss} + \varepsilon_t^{prem}$$

Ecuación 28. Inflación externa

$$\pi_t^* = A_1^* \pi_{t-1}^* + (1 - A_1^*) \pi_{ss}^* + \varepsilon_t^{\pi^*}$$

Ecuación 29. Tasa de interés externa

$$I_t^* = B_1^* I_{t-1}^* + (1 - B_1^*) (R_{ss}^* + \pi_{ss}^*) + \varepsilon_t^{I^*}$$

Ecuación 30. Brecha del producto externo

$$\hat{y}_t^* = C_1^* \hat{y}_{t-1}^* + \varepsilon_t^{\hat{y}^*}$$

Ecuación 31. Tasa de variación de la emisión monetaria real

$$\Delta em_t = Z_1 \Delta em_{t-1} + (1 - Z_1) \Delta em_{ss} + \varepsilon_t^{\Delta em}$$

Ecuación 32. Tendencia de la emisión monetaria real

$$em_{tend,t} = Z_2 + Z_3 em_{tend,t-1} + \varepsilon_t^{em_{tnd}}$$

Ecuación 33. Tasa de variación de la oferta monetaria real

$$\Delta m_t = Z_4 \Delta m_{t-1} + (1 - Z_4) \Delta m_{ss} + \varepsilon_t^{\Delta m}$$

Ecuación 34. Tendencia de la oferta monetaria real

$$m_{tend,t} = Z_5 + Z_6 m_{tend,t-1} + \varepsilon_t^{m_{tnd}}$$

Ecuación 35. Tasa de variación del crédito bancario real

$$\Delta cr_t = Z_7 \Delta cr_{t-1} + (1 - Z_7) \Delta cr_{ss} + \varepsilon_t^{\Delta cr}$$

Ecuación 36. Tendencia del crédito bancario real

$$cr_{tend,t} = Z_8 + Z_9 cr_{tend,t-1} + \varepsilon_t^{cr_{tnd}}$$

### A.2.3 Definiciones de variables endógenas

Ecuación 37. Tasa de variación del producto doméstico

$$\Delta y_t = \Delta y_{tend,t} + 4(\hat{y}_t - \hat{y}_{t-1})$$

Ecuación 38. Desvíos de la inflación respecto de su meta

$$\pi_{dev,t} = \pi_{interanual,t+4} - \bar{\pi}_{t+4}$$

Ecuación 39. Tasa de interés líder de política monetaria

$$i_t = i_{tend,t} + \hat{i}_t$$

Ecuación 40. Ecuación de Fisher de corto plazo

$$r_t = i_t - \pi_{,t}^e$$

Ecuación 41. Brecha de la tasa de interés real de corto plazo

$$\hat{r}_t = r_t - r_{tend,t}$$

Ecuación 42. Ecuación de Fisher de largo plazo

$$R_t = I_t - \pi_{interanual,t}^e$$

Ecuación 43. Brecha de la tasa de interés real de largo plazo

$$\hat{R}_t = R_t - R_{tend,t}$$

Ecuación 44. Tipo de cambio nominal

$$s_t = s_{tend,t} + \hat{s}_t + s_{int,t} + \varepsilon_t^s$$

Ecuación 45. Emisión monetaria real

$$em_t = em_{tend,t} + \hat{em}_t$$

Ecuación 46. Oferta monetaria doméstica real

$$m_t = m_{tend,t} + \hat{m}_t$$

Ecuación 47. Crédito bancario real

$$cr_t = cr_{tend,t} + \hat{cr}_t$$

#### **A.2.4 Definiciones de variables exógenas**

Ecuación 48. Inflación doméstica

$$\pi_t = 4(IPC_t - IPC_{t-1})$$

Ecuación 49. Inflación interanual doméstica

$$\pi_{interanual,t} = (IPC_t - IPC_{t-4})$$

Ecuación 50. Tasa de variación del tipo de cambio nominal

$$\Delta s_t = 4(s_t - s_{t-1})$$

Ecuación 51. Tasa de variación del tipo de cambio real tendencial

$$\Delta z_{tend,t} = 4(z_{tend,t} - z_{tend,t-1})$$

Ecuación 52. Tipo de cambio real

$$z_t = z_{tend,t} + \hat{z}_t$$

Ecuación 53. Tendencia de la tasa de interés real de corto plazo

$$r_{tend,t} = i_{tend,t} - \bar{\pi}_{t+1}$$

Ecuación 54. Paridad descubierta de tasas de interés reales de largo plazo

$$r_{tend,t} - R_{ss}^* = \Delta z_{tend,t+1} - term_t + prem_t$$

Ecuación 55. Tasa de variación del producto doméstico

$$\Delta y_t = 4(y_t - y_{t-1})$$

Ecuación 56. Inflación externa

$$\pi_t^* = 4(IPC_t^* - IPC_{t-1}^*)$$

### A.3 Valores de los parámetros

Parámetro	Definición	MGM	MCO	Empleado
$A_1$	Persistencia de la demanda agregada	0.59	0.72	0.72
$A_2$	Proporción del consumo e inversión en el PIB	-	-	0.60
$A_3$	Proporción de las exportaciones en el PIB	-	-	0.25
$A_4$	Proporción del gasto de gobierno en el PIB	-	-	0.15
$A_5$	Persistencia del consumo e inversión	0.86	0.92	0.42
$A_6$	Elasticidad del consumo e inversión respecto de la emisión monetaria	0.08	0.41	0.25
$A_7$	Elasticidad del consumo e inversión respecto del crédito bancario	0.06	0.16	0.16
$A_8$	Persistencia de las exportaciones	0.90	0.97	0.58
$A_9$	Elasticidad de las exportaciones respecto del tipo de cambio real	0.48	0.66	0.48
$A_{10}$	Elasticidad de las exportaciones respecto de la demanda externa	0.74	0.77	0.74

Parámetro	Definición	MGM	MCO	Empleado
$A_{11}$	Persistencia del gasto de gobierno	0.89	0.90	0.71
$A_{12}$	Elasticidad del gasto de gobierno respecto de la deuda interna	0.07	0.05	0.10
$A_{13}$	Elasticidad del gasto de gobierno respecto de la deuda externa	0.19	0.08	0.10
$A_{14}$	Elasticidad del gasto de gobierno respecto de los ingresos tributarios	0.03	0.05	0.67
$B_1$	Ponderador inflación total – inflación importada	0.97	0.98	0.97
$B_2$	Persistencia de la inflación doméstica	0.43	0.27	0.23
$B_3$	Elasticidad de la inflación interna respecto de la demanda doméstica	0.40	0.24	0.29
$B_4$	Persistencia de la inflación importada	0.77	0.02	0.10
$B_5$	Persistencia de las expectativas de inflación trimestral anualizada	0.60	0.60	0.98
$B_6$	Persistencia de las expectativas de inflación interanual	0.79	1.43	0.79
$D_1$	Preferencia del banco central respecto de la suavización de la tasa de interés	1.31	1.10	0.76
$D_2$	Reacción de la tasa de interés de política ante desvíos de la inflación	0.03	0.06	0.30
$D_3$	Reacción de la tasa de interés de política ante cambios en la brecha del PIB	0.14	0.10	0.10
$E_1$	Persistencia del componente especulativo del tipo de cambio	0.15	0.76	0.76
$E_2$	Persistencia de la brecha del tipo de cambio nominal	0.54	0.65	0.74
$E_3$	Elasticidad del tipo de cambio nominal respecto de la oferta monetaria	0.77	0.64	0.64
$E_4$	Elasticidad del tipo de cambio nominal respecto del producto externo	1.01	1.81	0.55
$E_5$	Persistencia de la brecha de la emisión monetaria	0.90	0.78	0.75
$E_6$	Elasticidad de la brecha de la emisión monetaria ante desvíos del tipo de cambio respecto de sus fundamentos	0.75	0.30	0.50
$E_7$	Elasticidad de la emisión monetaria respecto de la brecha de la tasa de interés de política monetaria	0.44	0.38	0.84
$E_8$	Ponderador de rezago y adelanto del tipo de cambio nominal	0.66	1.32	0.50

Parámetro	Definición	MGM	MCO	Empleado
$E_9$	Persistencia de la brecha del tipo de cambio real	0.79	0.79	0.79
$F_1$	Persistencia de la tasa de interés nominal de largo plazo	1.00	1.03	0.75
$F_2$	Persistencia de la tasa de interés real de largo plazo	1.13	1.02	0.46
$Y_1$	Persistencia de la brecha de la oferta monetaria	1.19	0.98	0.47
$Y_2$	Persistencia de la brecha del crédito bancario	1.15	1.00	0.70
$Y_3$	Elasticidad del crédito bancario respecto de la brecha de la tasa de interés real de largo plazo	0.27	0.22	0.27
$Y_4$	Elasticidad de la brecha del crédito bancario respecto de la brecha de la deuda interna	0.20	0.24	0.03
$Y_5$	Persistencia de la brecha de la deuda interna	0.75	0.64	0.64
$Y_6$	Persistencia de la brecha de la deuda externa	0.87	0.82	0.69
$Y_7$	Persistencia de la brecha de los ingresos tributarios	0.94	0.01	0.24
$T_1$	Persistencia de la tasa de cambio del producto potencial	1.05	0.97	0.97
$T_2$	Persistencia de la tasa de cambio del tipo de cambio real tendencial	0.62	0.93	0.62
$T_3$	Persistencia de la meta de inflación	1.04	1.00	0.30
$T_4$	Persistencia de la prima por plazo	0.92	0.89	0.40
$T_5$	Persistencia de la prima por riesgo país	1.13	0.96	0.69
$Z_1$	Persistencia de la tasa de variación de la emisión monetaria	0.68	0.37	0.68
$Z_2$	Constante de tendencia de la emisión monetaria	13.45	19.16	19.00
$Z_3$	Persistencia de la tendencia de la emisión monetaria	0.99	0.98	0.98
$Z_4$	Persistencia de la tasa de variación de la oferta monetaria	0.75	0.49	0.75
$Z_5$	Constante de la tendencia de la oferta monetaria	-4.71	2.18	0.00
$Z_6$	Persistencia de la tendencia de la oferta monetaria	2.16	1.88	1.88

Parámetro	Definición	MGM	MCO	Empleado
$Z_7$	Persistencia de la tasa de variación del crédito bancario	1.03	0.62	0.62
$Z_8$	Constante de tendencia del crédito bancario	-0.90	-0.61	0.01
$Z_9$	Persistencia de la tendencia del crédito bancario	1.97	1.98	1.00
$A_1^*$	Persistencia de la inflación externa	0.95	0.28	0.44
$B_1^*$	Persistencia de la tasa de interés externa	0.98	0.98	0.30
$C_1^*$	Persistencia de la brecha del producto externo	1.11	0.93	0.30

