

ESTIMANDO FRICCIONES NOMINALES Y REALES PARA BOLIVIA

Martin Vallejos T.*

RESUMEN

En una economía pequeña y abierta, se generan varias fricciones nominales y reales que impactan de forma negativa a la función de bienestar social. El objeto del presente trabajo es estimar un modelo DSGE de una economía abierta como Bolivia para determinar la duración y magnitud de rigideces tanto de precios y salarios, luego, se analizará las fuerzas y mecanismos que inciden en la trayectoria de las principales variables de interés a través de Función Impulso Respuesta. En ese sentido, se estima parámetros de reacción del sector fiscal y monetario ante distintos shocks que se presentan en la economía. Los principales resultados muestran, que la rigidez de salarios y precios son un elemento importante para diseñar las políticas económicas en Bolivia. Por otro lado, los shocks analizados, sugieren que las políticas fiscal y monetaria deben coordinar la ejecución de sus instrumentos para alcanzar de forma eficiente el logro simultáneo de sus objetivos.

ABSTRACT

At a small and open economy, several nominal and real frictions that impact negatively to the welfare function are generated. The purpose of this paper is to estimate a DSGE model of an open economy like Bolivia to determine the duration and extent of rigidities of prices and wages, then to analyze the forces and the mechanisms that affect the trajectory of the main variables of interest. In that sense, reaction parameters of fiscal and monetary sectors to different shocks are estimated. The main results show that the rigidity of wages and prices are an important element to design the economy policy in Bolivia. On the other hand, the shocks analyzed in this paper suggest that fiscal and monetary policies must coordinate the implementation of its instruments to efficiently achieve the simultaneous achievement of its objectives.

Clasificación JEL: C61, C87, C11, E42, E47, E61

Palabras clave: Economía Abierta, Modelos Macroeconómicos, Estimación Bayesiana, Política Monetaria, Política Fiscal

* El contenido del presente documento es de responsabilidad del autor y no compromete la opinión de ninguna otra institución.

Comentarios y sugerencias adicionales son bienvenidos a: m.vallejos@outlook.es

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, ha crecido el interés sobre el estudio de extensión y magnitud de la rigidez de precios y salarios, tanto nominales y reales y la interacción de política fiscal y monetaria.

Estos elementos se han convertido en una estrategia clave para controlar los ciclos económicos y de esa manera elevar el nivel de bienestar económico social dada su estructura económica. En Bolivia no ha sido la excepción, por el lado monetario, el Banco Central de Bolivia (BCB) en coordinación con Ministerio de Economía y Finanzas Públicas (MEFP) establecen la ejecución del Programa Fiscal Financiero a principios de cada año, donde se prevé los principales indicadores económicos en el marco de contribuir al desarrollo económico social, por otro lado, el sector monetario mantiene una política expansiva orientada al sector productivo. Por el lado fiscal, a partir de 2006 con la implementación del Modelo Económico Social Comunitario y Productivo (MESCP), el Estado se transformó como el principal actor fundamental de la economía que incluso juega el rol de corrector de fallas de mercado, Bolívar & Ugarte (2015)¹; el Estado considerado como el principal agente representativo del mercado, toma las decisiones para dinamizar el sector estratégico² con el fin de alcanzar mayor desarrollo económico social. En se sentido, surgen las preguntas como: ¿Cuál es la importancia de rigidez de precios y salarios en el diseño de política monetaria en coordinación con el Estado? ¿Es relevante la interacción de políticas fiscal y monetaria para suavizar los ciclos y garantizar la estabilidad económica que incentive al mayor desarrollo económico?

Para responder a estas interrogantes, el presente trabajo tiene como principal propósito plantear y estimar un Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (DSGE, sus siglas en inglés) con rigideces en precios y salarios de pequeña escala; para ello se utiliza técnicas bayesianas, donde primero se estructura los parámetros a priori para luego obtener valores posteriores mediante el método de Markov–Chain Monte Carlo (MCMC) y el algoritmo de Metrópolis Hastings (MH). Para la estimación de parámetros se utiliza variables de frecuencia trimestral entre 1996:Q1 hasta 2015:Q2, dichas series se obtuvieron del Banco Central de Bolivia (BCB), Insituto Nacional de Estadísticas (INE), Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas (UDAPE) y WEO-IFM. Algunas series originales presentan conductas de estacionalidad, para lo cual se aplicaron procedimientos de desestacionalización como Census–12, luego se aplicaron logaritmos y finalmente se extrajeron su componente tendencial y cíclico utilizando filtros como Hodrick-Prescott, Christiano-Fitzgerald y Baxter-King. Después de esta

introducción el trabajo se divide en síes partes; parte 2, hace revisión a la literatura; parte 3 describe hechos estilizados; parte 4 estructura el modelo teórico DSGE, se discute el ámbito de econometría, se estima y se calibra los parámetros; parte 5 muestra los resultados del modelo DSGE y parte 6, se realizan algunos comentarios finales.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En los años 1960 y 1970, la economía mundial ingreso en una desaceleración donde los modelos macroeconómicos tradicionales han sido incapaces de dar solución y fueron objeto de muchas críticas; la necesidad de un nuevo paradigma surgió y se convirtió en una herramienta clave para los macroeconomistas. Kydland y Prescott (1982), en un artículo seminal, fueron primeros en proponer la estimación del modelo DSGE, microfundamentado y con agentes optimizadores en contribución a ciclos económicos reales (RBC, sus siglas en inglés)¹.

La publicación de este trabajo pronto se convirtió en una herramienta importante para el análisis de fluctuaciones macroeconómicas que integra estudios sobre el crecimiento económico de largo plazo y las fluctuaciones en el corto plazo; estos autores aseveran que los shocks tecnológicos son clave para el crecimiento de largo plazo, pero también señalan que al mismo tiempo puede generar fluctuaciones de corto plazo. El enfoque de RBC está orientado al análisis del sector real y bajo una economía de competencia perfecta con precios flexibles. No obstante, aunque fue fundamental su contribución metodológica de RBC, pronto se evidenció que era insuficiente, especialmente para el análisis de la economía imperfecta, dicha situación generó un nuevo debate en el campo macroeconómico.

A principios de la década de los 90's surgió un nuevo pensamiento macroeconómico llamado la Nueva Macroeconomía Keynesiana (NKM, sus siglas en inglés); este nuevo pensamiento fue un gran éxito no solo en la parte académica, sino también en las instituciones de formulación de políticas económicas. Este enfoque introdujo nuevos supuestos, aunque con algunos fundamentos basados en RBC, los principales supuestos que diferencia son: las rigideces nominales y reales, siendo estas clave para entender en mundo real; dichos elementos adicionales se han introducido para generar el grado de persistencia que se observa en la inflación, salarios reales y el producto, Caputo et al. (2006); sobre esta línea se introdujo la

¹ Cabe mencionar que los modelos teóricos de DSGE parten de los trabajos de Ramsey (1927 – 1928), posteriormente fue profundizado por Cass (1965), Koopmans (1965) y Brock – Mirman (1972), realizaron contribuciones en línea de Ramsey. No obstante, por los avances informáticos, los modelos DSGE recobran mayor protagonismo a partir de la década de los 80's, específicamente con el trabajo de Kydland & Prescott (1982) que se enmarca dentro de la teoría de ciclos económicos reales (RBC).

competencia monopolística con varios tipos de rigideces nominales y reales, así como un amplio conjunto de shocks, algunos ejemplos de introducción de precios rígidos es: Calvo (1983), Abel (1990) y Erceg et al. (2000), entre otros, que han demostrado la importancia de tomar en cuenta la dinámica de la inflación y del producto así como la indexación de precios de salario, la inclusión de costos de ajustes de inversión y la persistencia de los hábitos de consumo; por otro lado Christiano et al. (2005) mejoraron la capacidad de modelos DSGE para capturar la persistencia de la inflación y la dinámica de la inversión.

Los modelos DSGE de paradigma nekeynesiano, hoy por hoy, son una herramienta atractiva, muy útil para la modelización macroeconómica moderna, debido a que permite analizar la efectividad de las políticas económicas diseñadas para una economía, a través de las perturbaciones estocásticas y han servido para un conjunto de ejercicios de previsiones. Por otro lado, el desarrollo teórico de los modelos DSGE, ha sido acompañado por la evolución de técnicas econométricas; dichas técnicas se fueron ampliando en su ámbito de aplicación no solo por ser consistentes, sino que han demostrado la calidad y eficiencia en ajustar los datos a la teoría económica. Estas herramientas, en la actualidad se basan en técnicas bayesianas mismas que han demostrado ser superiores a las clásicas. Los resultados de modelos DSGE con técnicas bayesianas se pueden encontrar en diferentes trabajos de investigación de referencia como: Smets y Wouters (2003), Fernández - Villaverde y Rubio - Ramírez (2004), Caputo, et al. (2006), Adolfson, et al. (2007), entre otros.

Para el caso boliviano, los modelos DSGE fueron poco utilizados, por ejemplo: Vargas (2010) plantea un modelo DSGE del enfoque neoclásico, donde, mediante la simulación logra reproducir el comportamiento en estado estacionario de los principales agregados económicos, llegando a la principal conclusión que la economía boliviana, tiene bajo nivel de crecimiento y poco volátil. Por su parte Cerezo (2010) desarrolla un modelo DSGE de paradigma nekeynesiano para evaluar la efectividad de política monetaria ante distintos shocks, los resultados obtenidos en este trabajo indican que una orientación monetaria que se preocupa únicamente de los desvíos de la inflación es menos exitosa para estabilizar la economía real e incluso los precios.

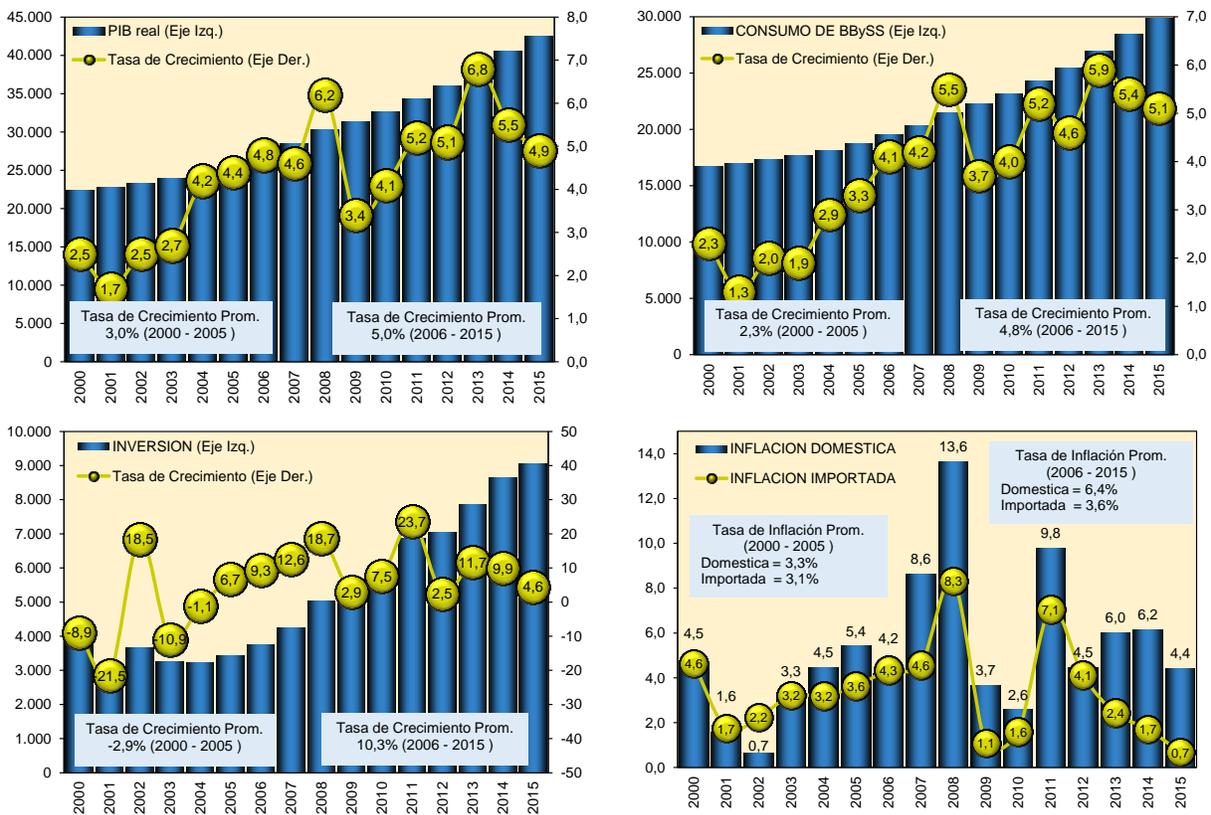
Por otro lado, Valdivia y Montenegro (2008) simulan un modelo DSGE nekeynesiano introduciendo dos reglas fiscales; como principales resultados indican que las reglas introducidas en el modelo logran estabilizar la economía. Valdivia y Pérez (2013) mediante un modelo DSGE evalúan la interacción de política fiscal y monetaria para un conjunto de países de América

Latina, obteniendo como principal resultados de que la coordinación de política fiscal y monetaria son más efectivas en amortiguar los shocks adversos. Sin embargo, si bien los autores que se mencionaron en apartado anterior realizaron modelos DSGE microfundado para la economía boliviana, las técnicas bayesianas aun no fueron explorados, lo cual se intentara implementar en el presente trabajo.

III. HECHOS ESTILIZADOS

Cualquier tipo de proceso de modelación debe contar con la conformidad de datos para replicar el proceso de información de datos. En la Figura-1 se muestra la evolución de algunas variables relevantes para la economía boliviana durante el periodo 2000 hasta 2015. El comportamiento de la producción boliviana estuvo influenciado por distintos factores externos e internos.

FIGURA 1.
PRINCIPALES VARIABLES DE LA ECONOMÍA BOLIVIANA
 (En millones de bolivianos y en porcentaje)



FUENTE: Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y Banco Central de Bolivia (BCB)

Entre 2000–2002, la economía nacional tuvo un comportamiento moderado como consecuencia de la desaceleración de la economía mundial y la reversión de los flujos de capital, a ello se agrega los conflictos sociales que estalló en 2003; estos eventos significaron para Bolivia costos de pérdida en términos de ingreso y empleo. A partir de 2004 la economía boliviana empezó a mostrar un nuevo panorama; el aumento consecutivo de precios internacionales de materias primas y el dinamismo simultáneo del consumo interno, la inversión (principalmente inversión pública) y el comercio exterior fueron los principales sectores que contribuyeron al buen desempeño económico.

Específicamente a partir de 2006, con la implantación del Modelo Económico Social Comunitario Productivo (MESCP), el crecimiento económico se mantuvo alrededor de 5.0% promedio, dicha situación muestra un buen desempeño económico además de estable a comparación del periodo previo 1996–2005 donde la tasa de crecimiento económico fue de 3.1% promedio, ver Tabla-1.

TABLA 1.
CRECIMIENTO DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO POR EL LADO DEL GASTO
(En porcentaje)

PERIODO	GASTO PÚBLICO	CONSUMO DE HOGARES	VAREX	FORMACIÓN BRUTA DE CAPITAL FIJO	EXPORTACIONES DE BBySS	IMPORTACIONES DE BBySS
2000 - 2005	↑ 3,1	↑ 2,3	↓ -46,3	↓ -2,9	↑ 11,0	↑ 5,7
2006 - 2015	↑ 5,5	↑ 4,8	↓ -87,1	↑ 10,3	↑ 4,3	↑ 5,9
Todo el periodo	↑ 4,6	↑ 3,8	↓ -71,8	↑ 5,4	↑ 6,8	↑ 5,8

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE)
ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 2.
INCIDENCIA EN EL PRODUCTO INTERNO BRUTO POR EL LADO DEL GASTO
(En porcentaje)

PERIODO	GASTO PÚBLICO	CONSUMO DE HOGARES	VAREX	FORMACIÓN BRUTA DE CAPITAL FIJO	EXPORTACIONES DE BBySS	IMPORTACIONES DE BBySS
2000 - 2005	↑ 0,4	↑ 1,7	↑ 0,2	↓ -0,7	↑ 3,0	↑ 1,6
2006 - 2015	↑ 0,6	↑ 3,4	↓ -0,2	↑ 1,7	↑ 1,4	↑ 1,9
Total Periodo	↑ 0,5	↑ 2,7	— 0,0	↑ 0,8	↑ 2,0	↑ 1,8

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE)
ELABORACIÓN PROPIA

Si se analiza el PIB por el lado del gasto, en todo el periodo de estudio, el consumo fue el principal sector que dinamizó la economía boliviana; entre 2000 hasta 2005 su incidencia fue 1,7%, mientras desde 2006 hasta 2015 la participación del consumo en el PIB se incrementó sustancialmente con una incidencia de 3.4%; esta mayor incidencia es producto de las políticas redistributivas (Bono Juancito Pinto (2006), Renta Dignidad (2008) y Bono Juana Azurduy (2009)) de rentas obtenidas por la venta de hidrocarburos. Otro componente importante es la FBKF; entre 2000 hasta 2005, su incidencia ha sido negativa en 0,7%, mientras desde 2006 hasta 2015 la participación de la FBKF fue más importante con una incidencia de 1,7%, mostrando un buen desempeño de la inversión, principalmente del sector público que fue orientada a los sectores de infraestructura y la construcción de plantas procesadoras de industrialización² con el fin de obtener mayor valor agregado. El sector externo también tuvo una incidencia importante; las exportaciones registraron una incidencia de 1,8%, entre 2000 hasta 2005, mientras desde 2006 hasta 2015, su incidencia fue 1.4%, dicha situación se debe al aumento de productos manufactureros, agrícolas y materias primas; las importaciones tuvieron una incidencia de 1,6% en el primer periodo, mientras que en el segundo periodo la participación en el producto se volvió más significativa con una incidencia de 1,9%, el aumento de las importaciones se debe básicamente a la adquisición de los bienes de capital y bienes intermedios para la industria, agricultura y materias primas.

Por otro lado, se puede apreciar una reducción consecutiva de la inflación desde 2000 hasta 2007. Sin embargo, en el año 2008, la economía boliviana fue víctima de escasez de productos alimenticios debido a factores climatológicos, aspectos especulativos y el incremento de divisas (ingresos hidrocarburíferos y remesas) que dinamizaron la demanda interna, estos fueron los factores que incidieron significativamente en la inflación boliviana; durante este periodo la inflación registro valores altos (13,6% en 2008) después de 22 años de la época de hiperinflación. A partir de 2009, la inflación disminuyó considerablemente aunque en 2011:Q1 hubo repunte hacia la alza de precios³. Sin embargo, en líneas generales la inflación se

² Entre los proyectos de industrialización se destacan las plantas de separación de líquidos Río Grande y Gran Chaco, la Planta de Amoniaco y Urea que producirá fertilizantes, además del complejo petroquímico compuesto por las plantas de Propileno-Polipropileno (plásticos duros) y Etileno-Polietileno (plásticos blandos)

³ Al aumento de precios fue de origen externo, factores climatológicos y los efectos de la nivelación transitoria.

mantuvo acorde a las metas intermedias establecidas por la autoridad monetaria⁴ en coordinación con el Estado, principalmente desde la implantación del Modelo Económico Social Comunitario Productivo en 2006.

El comportamiento de la inflación estable, ha sido producto de la coordinación entre las políticas fiscal y monetaria; por el lado fiscal, se efectivizaron las políticas de control de precios para productos alimenticios que escasearon debido a las actividades especulativas y por factores climatológicos adversos, también se aplicaron políticas arancelarias mediante la liberalización de aranceles de importación para algunos productos básicos, prohibición temporal de exportación de productos alimenticios y el control del gasto corriente; estas políticas se aplicaron con el principal objetivo de abastecer la demanda interna. Por el lado monetario, el Banco Central de Bolivia se caracterizó por una orientación contracíclica con el fin controlar la liquidez y de esa forma mantener la inflación baja y estable; el comportamiento contracíclico consistió en reducción de liquidez sin mucha alteración de las tasas de interés en épocas de auge y una expansión de liquidez mediante otorgamiento de créditos orientadas al sector productivo en tiempos de austeridad; para tal efecto se utilizaron instrumentos como: encaje legal, operaciones de mercado abierto (OMA), certificado de depósitos (CD), reservas complementarias (RC), colocaciones de títulos en subasta, entre otros; estas políticas implementadas del sector monetario en coordinación con el Estado, están en el marco de contribuir a mayor desarrollo económico y social de Bolivia como encomienda la Constitución Política del Estado Plurinacional.

La tasa de interés activa de corto plazo mostró una reducción desde, 24.5% a principios de periodo hasta llegar a valores inferiores a 1%, aunque en 2008 tuvo un repunte de 9% para contraer la inflación, no obstante, en los últimos periodos se sitúa en valores cercanos a cero; las bajas tasas de interés coadyuvó con el incremento de inversión al sector productivo a través de otorgamiento de créditos fomentando al mayor desarrollo económico social. Por otro lado, el salario real definido como el salario nominal monetario ajustado a la tasa inflación, muestra evolución positiva, excepto para periodos (2007-2008) donde la inflación registro valores los superiores al salario nominal.

⁴ Un aspecto importante a resaltar para la administración monetaria ha sido la promulgación de la Ley 1670 del Banco Central de Bolivia en octubre de 1995, en donde se encomienda al Ente Emisor de mantener la estabilidad interna del poder adquisitivo de la moneda nacional para contribuir al mayor desarrollo económico mismo que se interpretó como, mantener bajas tasas de inflación. Además desde 1996 se comenzó a anunciar a principios de cada año las metas máximas de inflación como una guía de las políticas monetarias y cambiarias, Mendieta (2007).

IV. METODOLOGÍA

- **Presentación del modelo teórico**

La estructura del modelo sigue la línea de Adolfson et al, (2007) con 4 tipos de firmas: uno orientada al sector no transable que produce únicamente para la economía nacional y el resto corresponde a la producción del sector transable; también cuenta con una regla de Taylor para explicar el comportamiento de la tasa de política monetaria e incluye las variables del sector externo y sector fiscal, mismos que serán modelados con un VAR.

- **PRODUCTORES**

Existe un grupo de firmas (i) orientadas a producir bienes no transables (j); estas firmas siguen una elasticidad de producción de tipo CES (elasticidad constante de sustitución) que se expresa de la siguiente manera:

$$Y_t = \left[\int_0^1 (Y_{i,t})^{\frac{1}{\lambda_{d,t}}} \right]^{\lambda_{d,t}}, 1 \leq \lambda_{d,t} < \infty \quad (1)$$

Donde $\lambda_{d,t}$ es un shock aleatorio en el markup de precios que sigue un proceso:

$$\lambda_{d,t} = (1 - \rho\lambda_d)\lambda_d + \rho\lambda_{d,t-1} + \varepsilon_{\lambda_{d,t}} \quad (2)$$

Donde $\rho = 0$ y $\lambda_d > 1$ que representa el ratio entre el precio y coste marginal.

Las firmas fijan un precio input y output bajo el siguiente proceso de maximización.

$$\frac{Y_{i,t}}{Y_t} = \left(\frac{P_t}{P_{i,t}} \right)^{\frac{\lambda_{d,t}}{\lambda_{d,t}-2}} \quad (3)$$

Combinando las ecuaciones (1) y (3) e integrado se obtiene la relación de precios de input y output.

$$P_t = \left[\int_0^1 (P_{i,t})^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} \right]^{(1-\lambda_{d,t})} \quad (4)$$

La función de producción del bien (i) está determinada por:

$$Y_{i,t} = z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^\alpha H_{i,t}^{1-\alpha} - z_t \phi \quad (5)$$

Dónde: K y H representan servicios de capital y trabajo respectivamente, z_t es un shock tecnológico con raíz unitaria que captura la productividad, $z_t \phi$ es el coste fijo para la producción donde ϕ es un parámetro que hace que las ganancias sean zeros en estado estacionario.

Cada firma (i) para optimizar sus ganancias debe minimizar sus costes de producción bajo la siguiente función:

$$\min_{K_{i,t}, H_{i,t}} W_t R_t^f H_{i,t} + R_t^k K_{i,t} + \lambda_t P_{i,t} [Y_{i,t} - z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^\alpha H_{i,t}^{1-\alpha} + z_t \phi] \quad (6)$$

Dónde: R_t^k es la tasa de interés por servicios de capital, α es el porcentaje de capital en producción. Además:

$$R_t^f \equiv v_t R_{t-1} + 1 - v_t$$

Aplicando las condiciones de primer orden respecto a: $H_{i,t}$ y $K_{i,t}$ se tiene:

$$W_t R_t^f = (1 - \alpha) \lambda_t P_{i,t} z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^\alpha H_{i,t}^{1-\alpha} \quad (7)$$

$$R_t^k = \alpha \lambda_t P_{i,t} z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^\alpha H_{i,t}^{1-\alpha} \quad (8)$$

De la ecuación anterior, algunas las variables no son estacionarias debido a los shocks permanentes de tecnología y su presencia de raíz unitaria. Para volverla estacionaria, dividimos por los precios o el shock de tecnología.

$$r_t^k = \frac{R_t^k}{P_t}, \quad \bar{w}_t = \frac{w_t}{P_t z_t}, \quad k_{t+1} = \frac{K_{t+1}}{z_t}, \quad \bar{k}_{t+1} = \frac{\bar{K}_{t+1}}{z_t}$$

El multiplicador Lagrange $\lambda_t P_{i,t}$ de la ecuación (6) es el coste marginal de producción nominal y el coste marginal real está dado por: λ_t . Combinando las ecuaciones (7) y (8) se obtiene el coste marginal de equilibrio.

$$MC_t^d = \frac{1}{(1 - \alpha)^{1-\alpha}} \left(\frac{1}{\alpha^\alpha} \right) (R_t^k)^\alpha [W_t (1 + (R_{t-1} - 1))]^{1-\alpha} \frac{1}{(z_t)^{1-\alpha} \epsilon_t} \quad (9)$$

El proceso de maximización de beneficios sigue el siguiente proceso:

$$\text{Max}_{P_t^{\text{new}}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \xi_d)^s v_{t+s} \left[\left((\pi_t \pi_{t+1} \dots \pi_{t+s+1})^{k_d} (\bar{\pi}_{t+1} \bar{\pi}_{t+2} \dots \bar{\pi}_{t+s})^{1-k_d} \right) Y_{i,t+s} - \text{MC}_{i,t+s} (Y_{i,t+s} + z_{t+s} \phi) \right] \quad (10)$$

Dónde: β es el factor de descuento intertemporal, ξ_d es el parámetro que refleja la rigidez de precios acorde a la Calvo (1983). Sin embargo existe otro grupo de firmas que no forman parte de precios regidos y solamente indexan su precio mediante la siguiente ecuación:

$$P_{t+1}^d = (\pi_t^d)^{k_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c)^{1-k_d} P_t^d \quad (11)$$

Dónde: k_d es el parámetro de indexación que refleja la importancia de la inflación presente respecto a las expectativas, debido a que las firmas no pueden fijar precios en ese periodo.

Aplicando las condiciones de primer orden a la ecuación (10) se tiene:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \xi_d)^s v_{t+s} \left(\frac{\left(\frac{P_{t+s-1}}{P_{t-1}} \right)^{k_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+s}^c)^{1-k_d}}{\left(\frac{P_{t+1}}{P_t} \right)^{\frac{\lambda_{d,t+1}}{\lambda_{d,t+s-1}}}} \right) Y_{t+s} P_{t+s} \\ * \left[\frac{\left(\frac{P_{t+s-1}}{P_{t-1}} \right)^{k_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+s}^c)^{1-k_d} P_t^{\text{new}}}{\left(\frac{P_{t+s}}{P_t} \right)} - \frac{\lambda_{d,t} \text{MC}_{i,t+s}}{P_{t+s}} \right] = 0 \quad (12)$$

El precio agregado de ξ_d y k_d viene dado por:

$$P_t = \left[\left(\int_0^{\xi_d} (P_{t-1} (\pi_{t-1})^{k_d} (\bar{\pi}_t^c)^{1-k_d})^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} + \int_{\xi_d}^1 (P_t^{\text{new}})^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} di \right)^{1-\lambda_{d,t}} \right. \\ \left. = \left[\xi_d (P_{t-1} (\pi_{t-1})^{k_d} (\bar{\pi}_t^c)^{1-k_d})^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} + (1 - \xi_d) (P_t^{\text{new}})^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} \right]^{1-\lambda_{d,t}} \right] \quad (13)$$

Combinando las ecuaciones (12) y (13) se obtiene la Nueva Curva de Phillips log linealizada.

$$\left(\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^c \right) = \frac{\beta}{1 + k_d \beta} \left(E_t \hat{\pi}_{t+1} - \rho_{\pi} \hat{\pi}_t^c \right) + \frac{k_d}{1 + k_d \beta} \left(\hat{\pi}_{t-1} - \hat{\pi}_t^c \right) - \frac{k_d \beta (1 - \rho_{\pi})}{1 + k_d \beta} \hat{\pi}_t^c \\ + \frac{(1 + \xi_d)(1 + \beta \xi_d)}{\xi_d (1 + k_d \beta)} (\hat{m}c_t + \hat{\lambda}_{d,t}) \quad (14)$$

Donde las variables con $\hat{\cdot}$ representan desviaciones respecto a su estado estacionario, β es el factor de descuento intertemporal, $\hat{\lambda}_{d,t}$ es el markup de precios, $\hat{\pi}_t^c$ es tasa de inflación fijada por la autoridad monetaria; además se incluyen los parámetros de rigidez a la Calvo ξ_d , e indexación de precios k_d .

Seguendo a Adolfson et al (2007), la ecuación (14) se replica para el sector importador de bienes de consumo, importador de bienes de inversión y para sector exportador.

Según Adolfson et al (2007), los tres tipos de empresas restantes están representados bajo una función de producción de elasticidad de sustitución constante (CES).

$$C_t^m = \left[\int (C_{i,t}^m)^{\frac{1}{\lambda_t^{mc}}} di \right]^{\lambda_t^{mc}}, \quad I_t^m = \left[\int (I_{i,t}^m)^{\frac{1}{\lambda_t^{mi}}} di \right]^{\lambda_t^{mi}}, \quad X_t = \left[\int (X_{i,t})^{\frac{1}{\lambda_t^x}} di \right]^{\lambda_t^x} \quad (15)$$

Donde λ_t es el markup de precios.

• CONSUMIDORES

Existe un conjunto de familias que pretenden maximizar su función de utilidad dado un nivel de consumo $C_{j,t}$ y el ocio $h_{j,t}$ que representa la cantidad de horas trabajadas, de manera tal que la función de utilidad a maximizar es:

$$E_0^j \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\zeta_t^c \ln[C_{j,t} - bC_{j,t-1}] - \zeta_t^h A_L \frac{(h_{j,t})^{1+\sigma_L}}{1-\sigma_L} + A_q \frac{\left(\frac{Q_{j,t}}{z_t P_t^d} \right)^{1-\sigma_q}}{1-\sigma_q} \right] \quad (16)$$

Dónde: b es el grado de formación de hábitos de consumo del periodo $(t-1)$ y sigue un proceso autoregresivo de orden uno $AR(1)$, h es la oferta de trabajo y $\frac{Q_{j,t}}{P_t^d}$ es la tenencia de dinero en efectivo, ζ_t^c y ζ_t^h son shocks exógenos de consumo y trabajo, que siguen un proceso de proceso $AR(1)$ y están $iid(0, \sigma^2)$. Para que la tenencia de dinero sea estacionaria se debe dividir entre el shock de raíz unitaria de tecnología.

El consumo agregado sigue función de elasticidad de sustitución constante (CES)

$$C_t = \left[(1 - \omega_c)^{\frac{1}{\eta_c}} (C_t^d)^{\frac{\eta_c-1}{\eta_c}} + \omega_c^{\frac{1}{\eta_c}} (C_t^m)^{\frac{\eta_c-1}{\eta_c}} \right]^{\frac{\eta_c}{\eta_c-1}} \quad (17)$$

Donde ω_c es el parámetro que indica el grado de apertura de la economía nacional al resto del mundo, $\eta > 0$ representa la elasticidad de sustitución entre un bien nacional y extranjero, C_t^d y C_t^m representan el consumo de bienes nacionales y extranjeros que está dado por:

$$C_t^d = (1 - \omega_c) \left(\frac{P_t}{P_t^c} \right)^{-\eta_c} C_t \quad (18)$$

$$C_t^m = \omega_c \left(\frac{P_t^{m,c}}{P_t^c} \right)^{-\eta_c} C_t \quad (19)$$

Dónde: C_t^d y P_t es la demanda y el precios de las firmas productoras de bienes de consumo nacional, C_t^m y $P_t^{m,c}$ es el precio y demanda de las firmas importadoras de bienes de consumo.

Donde el índice de precios de consumo viene dado por:

$$P_t^c = [(1 - \omega_c)(P_t)^{1-\eta_c} + \omega_c(P_t^{m,c})^{1-\eta_c}]^{\frac{1}{(1-\eta_c)}} \quad (20)$$

La ecuación de acumulación de capital de las familias es la siguiente:

$$\bar{K}_{t+1} = (1 - \delta)\bar{K}_t + \gamma_t \left[1 - \check{S} \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right] I_t \quad (21)$$

Donde las familias pueden optimizar incrementar la cantidad de servicios de capital K_t invirtiendo una unidad adicional en capital físico \bar{K}_t y $\check{S} \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right)$ es el coste de ajuste de inversión S'' , γ_t es un shock estacionario de inversión en tecnología.

La inversión también sigue una función de elasticidad de sustitución constante (CES) y es explicado por la inversión domestica e importada.

$$I_t = \left[(1 - \omega_i)^{\frac{1}{\eta_i}} (I_t^i)^{\frac{\eta_i-1}{\eta_i}} + \omega_i^{\frac{1}{\eta_i}} (I_t^m)^{\frac{\eta_i-1}{\eta_i}} \right]^{\frac{\eta_i}{\eta_i-1}} \quad (22)$$

I_t^i y I_t^m es la inversión domestica e importada, ω_i es el coste de inversión importada sobre el total de inversión, η_i es la elasticidad de sustitución entre la inversión importada y nacional.

Las familias pueden ahorrar en capital como también en bonos nacionales y extranjeros. La elección entre bonos nacionales y extranjeros depende de la expectativa del tipo de cambio; además la inversión en bonos extranjeros tiene una prima de riesgo que está dada por:

$$\Phi(a_t, \tilde{\phi}_t) = e^{(-\tilde{\phi}_a(a_t - \bar{a}) + \tilde{\phi}_t)} \quad (23)$$

Dónde: $a_t = \frac{S_t B_t^*}{P_z Z_t}$ es la posición neta de activos del extranjero y $\tilde{\phi}_t$ es un shock de prima de riesgo dependiente de expectativas del tipo de cambio S_t .

La restricción presupuestaria de los hogares viene dado por:

$$\begin{aligned} & M_{j,t+1} + S_t B_{j,t+1}^* + (1 + \tau_t^c) P_t^c C_{j,t} + P_t^i I_{j,t} + P_t(c(u_{j,t}) \bar{K}_{j,t} + P_{k',t} \Delta_t) \\ & = R_{t-1}(M_{j,t} - Q_{j,t}) + Q_{j,t} + (1 - \tau_t^k) \Pi_t + (1 - \tau_t^y) \frac{W_{j,t}}{1 + \tau_t^l} h_{j,t} + (1 - \tau_t^k) R_t^k u_{j,t} \bar{K}_{j,t} \\ & + R_{t-1}^* \Phi\left(\frac{A_{t-1}}{Z_{t-1}}, \tilde{\phi}_{t-1}\right) S_t B_{j,t}^* - \tau_t^k \left[\begin{array}{c} (R_{t-1} - 1)(M_{j,t} - Q_{j,t}) \\ \left(R_{t-1}^* \Phi\left(\frac{A_{t-1}}{Z_{t-1}}, \tilde{\phi}_{t-1}\right) - 1 \right) S_t B_{j,t}^* \\ + S_t B_{j,t}^* (S_t - S_{t-1}) \end{array} \right] + TR_t + D_{j,t} \end{aligned} \quad (24)$$

Combinando las ecuaciones (16), (21) y (24) se plantea la siguiente función de maximización de Lagrange.

$$\text{Max}_{C_{j,t}, M_{j,t+1}, \Delta_t, \bar{K}_{j,t+1}, I_{j,t}, u_{j,t}, Q_{j,t}, B_{j,t}^*, h_{j,t}} E_0^j \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\tilde{L}_t]$$

$$\begin{aligned}
\check{L}_t = & \left\{ \zeta_t^c \ln[C_{j,t} - bC_{j,t-1}] - \zeta_t^h A_L \frac{(h_{j,t})^{1+\sigma_L}}{1-\sigma_L} + A_q \frac{\left(\frac{Q_{j,t}}{z_t P_t^d}\right)^{1-\sigma_q}}{1-\sigma_q} \right. \\
& + v_t \left[R_{t-1}(M_{j,t} - Q_{j,t}) + Q_{j,t} + (1 - \tau_t^k) \Pi_t + (1 - \tau_t^y) \frac{W_{j,t}}{1 + \tau_t^l} h_{j,t} + (1 - \tau_t^k) R_t^k u_{j,t} \bar{K}_{j,t} \right. \\
& + R_{t-1}^* \Phi \left(\frac{A_{t-1}}{z_{t-1}}, \bar{\Phi}_{t-1} \right) S_t B_{j,t}^* \\
& - \tau_t^k \left[(R_{t-1} - 1)(M_{j,t} - Q_{j,t}) + \left(R_{t-1}^* \Phi \left(\frac{A_{t-1}}{z_{t-1}}, \bar{\Phi}_{t-1} \right) - 1 \right) S_t B_{j,t}^* + S_t B_{j,t}^* (S_t - S_{t-1}) \right] \\
& + TR_t + D_{j,t} - \left(M_{j,t+1} + S_t B_{j,t+1}^* + (1 + \tau_t^c) P_t^c C_{j,t} + P_t^i I_{j,t} + P_t(c(u_{j,t}) \bar{K}_{j,t} + P_{k',t} \Delta_t) \right) \\
& \left. + \omega_t \left((1 - \delta) \bar{K}_t + \gamma_t F(i_t - i_{t-1}) + \Delta_t - \bar{K}_{j,t+1} \right) \right\} \quad (25)
\end{aligned}$$

Aplicando las condiciones de primer orden se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$\text{w. r. t. } c_t: \frac{\zeta_{t+1}^c}{c_t - bc_{t-1} \frac{1}{\mu_{z,t}}} - \beta b E_t \frac{\zeta_{t+1}^c}{c_{t+1} \mu_{z,t+1} - bc_t} - \psi_{z,t} \frac{P_t^c}{P_t} (1 + \tau_t^c) = 0 \quad (26)$$

$$\text{w. r. t. } m_{t+1}: -\psi_{z,t} + \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1} R_t}{\mu_{z,t+1} \pi_{t+1}} - \frac{1}{\mu_{z,t+1}} \frac{\psi_{z,t+1}}{\pi_{t+1}} \tau_{t+1}^k (R_t - 1) \right] = 0 \quad (27)$$

$$\text{w. r. t. } \Delta_t = -\psi_t P_{k',t} + \omega_t = 0 \quad (28)$$

$$\begin{aligned}
\text{w. r. t. } \bar{k}_{t+1}: & -P_{k',t} \psi_{z,t} + \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} \left((1 - \delta) P_{k',t+1} + (1 - \tau_t^k) r_t^k u_{j,t+1} - a(u_{t+1}) \right) \right] \\
& = 0 \quad (29)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{w. r. t. } i_t: & -\psi_{z,t} \frac{P_t^i}{P_t} + P_{k',t} \psi_{z,t} \gamma_{t+1} F_1(i_t, i_{t-1}, \mu_{z,t}) + \beta E_t \left[P_{k',t} \frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} \gamma_{t+1} F_2(i_{t+1}, i_t, \mu_{z,t+1}) \right] \\
& = 0 \quad (30)
\end{aligned}$$

$$\text{w. r. t. } u_t: \quad \psi_{z,t} \left((1 - \tau_t^k) r_t^k - a'(u_t) \right) = 0 \quad (31)$$

$$\text{w. r. t. } q_t: \quad \zeta_t^q A_q q_t^{-\sigma_q} - (1 - \tau_t^k) \psi_{z,t} (R_{t-1} - 1) = 0 \quad (32)$$

$$\begin{aligned}
\text{w. r. t. } b_{t+1}^*: & -\psi_{z,t} S_t \\
& + \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1} \pi_{t+1}} \left(S_{t+1} R_{t-1}^* \Phi(a_t, \tilde{\phi}_t) - \tau_{t+1}^k S_{t+1} (R_{t-1}^* \Phi(a_t, \tilde{\phi}_t) - 1) \right. \right. \\
& \left. \left. - \tau_{t+1}^k (S_{t+1} - S_t) \right) \right] = 0 \quad (33)
\end{aligned}$$

Combinando la ecuación (26) y (33), se puede obtener la paridad de adquisitivo.

$$\hat{R}_t - \hat{R}_t^* = E_t \Delta \hat{S}_{t+1} - \check{\phi}_a \hat{a}_t + \hat{\phi}_t \quad (34)$$

- **POLÍTICA MONETARIA**

La autoridad monetaria sigue una regla a la Taylor para determinar su política monetaria y se representa en la siguiente ecuación.

$$\hat{R}_t = \rho_R \hat{R}_{t-1} + (1 - \rho_R) [\hat{\pi}_t^c + \tau_\pi (\hat{\pi}_t^c - \hat{\pi}_t^c) + \tau_y \hat{y}_{t-1} + \tau_x \hat{x}_{t-1}] + \tau_{\Delta\pi} \Delta \hat{\pi}_t^c + \tau_{\Delta y} \Delta \hat{y}_t + \varepsilon_{R,t} \quad (35)$$

- **SECTOR PUBLICO**

El sector público se representa mediante al gasto fiscal y el cobro de impuestos al capital, consumo, salarios y ganancia de las familias: τ_k , τ_c , τ_w y τ_y , dichas variables se introducen mediante un modelo de VAR al igual que en Adolfson et al (2007). El modelo VAR cuenta con dos rezagos para las variables g_t , τ_c y τ_y , mientras para variables: τ_k y τ_w sigue un proceso autoregresivo de orden uno AR(1).

- **SECTOR EXTERNO**

Las variables que interrelacionan la economía nacional y el sector externo son: la inflación importada $\hat{\pi}_t^*$, producción del resto del mundo \hat{y}_t^* y la tasa de interés internacional \hat{R}_t^* , estas variables son considerados como exógenas y se incluye al modelo VAR con cuatro rezagos.

- **PERTURBACIONES ESTOCÁSTICAS**

En línea de Gonzales (2015), el modelo cuenta con 21 shocks; mismos que siguen un proceso autoregresivo de orden uno AR(1).

$$\zeta_t = \rho \zeta_{t-1} + \varepsilon_{\zeta,t} \quad (36)$$

$$0 < \rho < 1 ; \varepsilon_{z_t} \sim \text{iid}(0, \sigma^2)$$

Los shocks que serán analizadas son:

- Shock de tecnología σ_{μ_z}
- Shock del gasto público σ_g
- Shock de política monetaria σ_R
- Shock de oferta monetaria σ_R
- Shock de prima de riesgo (variación del tipo de cambio real) σ_{ϕ}
- Shock de demanda externa σ_{yf}

- **INFERENCIA BAYESIANA**

Las técnicas bayesianas consisten en realizar inferencia sobre un conjunto de datos mediante el uso de métodos bayesianos para cantidades observadas y para cantidades sobre los que se desea aprender, Moreno (2010); la principal diferencia entre la estadística clásica y bayesiana radica básicamente en la forma de cómo tratar los parámetros desconocidos que se quieren estimar: mientras los clásicos consideran a los parámetros como desconocidos y fijos (constantes), los bayesianos interpretan estos parámetros como aleatorias, a las cuales se le puede asignar cierta distribución de probabilidad y cuya función es analizada mediante el teorema de Bayes. Según Caputo et. al (2006) el método bayesiano se puede resumir de la siguiente forma: primero, se establece una distribución con densidad $p(\theta)$ para los parámetros estructurales, θ . Esta corresponde a la distribución a priori. Luego los datos estructurales son utilizados para calcular la función de máxima verosimilitud $L(\theta/Y)$; ambos se combinan (la distribución a priori como la función de máxima verosimilitud) para obtener la distribución posterior de θ de acuerdo a teorema de Bayes, utilizando este teorema podemos construir la densidad a posteriori de la siguiente forma:

$$p(\theta/Y) = \frac{L(\theta/Y)p(\theta)}{\int L(\theta/Y)p(\theta)d\theta} \propto L(Y/\theta)p(\theta) \quad (37)$$

Dónde: $p(\theta/Y)$ es la densidad a posteriori de θ dado Y , además se considera que la distribución posterior de los parámetros es proporcional al producto de la distribución a priori; nos obstante, Estévez & Sáez (2011) cuestionaron algunos fundamentos cuando se tiene que obtener la distribución a posteriori, estos autores se preguntaron cómo obtener la distribución a posteriori cuando no se tiene cerrada o una distribución conocida. En esta caso se recurre al método de Markov–Chain Monte Carlo (MCMC) para generar distribuciones a posteriori, en particular se utiliza el algoritmo de Metrópolis–Hastings (MH).

- **ESTIMACIÓN BAYESIANA DE UN MODELO DSGE**

La estimación bayesiana es un procedimiento que permite obtener una distribución posterior de los parámetros del modelo DSGE mediante el procedimiento de Markov–Chain Monte Carlo (MCMC). Sea $\theta \in \Theta$ el vector de parámetros estructurales del modelo DSGE que se desea estimar, siendo Θ el espacio de aleatoriedad de los parámetros; se asume que θ es aleatoria y que además se dispone un vector de datos estructurales dada por $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, \dots, y_n\}$ cuya densidad marginal es conocida; además, mediante el método Markov–Chain Monte Carlo (MCMC) se puede generar una gran variedad de simulaciones $\{\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \dots, \theta_m\}$ de la función de probabilidad posteriori $p(\theta/Y)$ correspondiente a la distribución condicional de los parámetros dado Y , los cuales nos permiten estimar los momentos condicionales de θ dada Y . Las simulaciones de la función de la probabilidad posteriori $p(\theta/Y)$ se generan recurriendo a la ecuación (37).

$$\pi(\theta/Y) = \frac{L(\theta/Y)\pi(\theta)}{\int L(\theta/Y)\pi(\theta)d\theta} \propto L(Y/\theta)\pi(\theta) \quad (38)$$

- **REPRESENTACIÓN DE ESTADO – ESPACIO**

La representación del estado–espacio es esencialmente importante para la estimación de modelos DSGE donde se asumen errores en la medición del sistema; esta representación del Estado–Espacio es una forma de representar un sistema de ecuaciones en diferencia, a través de un mecanismo de predicción y corrección, para ello se hace el uso de filtro de Kalman.

Después de log linealizar las condiciones de equilibrio del modelo DSGE, se introduce la representación del Estado–Espacio de la siguiente forma:

$$X_t = A_1 X_{t-1} + C_t \varepsilon_t + E_t w_t \quad w_t \text{iid}(0, \sigma^2) \quad (39)$$

La ecuación (39) quiere decir que el estado del sistema X en el instante (t) está determinado por el sistema $(t-1)$, por un vector de variables exógenas ε_t y por un vector de ruido w_t . Además se cuenta con un vector de variables observadas que se relacionan con el estado del sistema a través de la ecuación:

$$Z_t = H_1 X_t + D_t u_t + G_t v_t \quad v_t \text{iid}(0, \sigma^2) \quad (40)$$

El modelo en forma de Estado – Espacio es definido en las ecuaciones (39) y (40), siendo (39) la ecuación de predicción y (40) ecuación de corrección o de medida. En esta representación A_1, C_t, E_t, H_1, D_t y G_t son matrices características del sistema. Finalmente se obtiene un vector de datos Y con la que se estima la función de máxima verosimilitud $L(\theta/Y)$.

- **ALGORITMO DE METROPOLIS – HASTINGS**

El algoritmo de la Metropolis–Hastings (MH) se basa en métodos de Markov–Chain Monte Carlo (MCMC) y se usa para la simulación de una distribución compleja; siguiendo a (Castillo, 2012), el procedimiento de la distribución posteriori consta de dos etapas: en la primera etapa se encuentra la moda de la distribución y la matriz hesiana evaluada en la moda a través de un procedimiento de maximización estándar; en la segunda etapa se generan valores aleatorios de la posterior mediante el algoritmo de Metropolis–Hastings (MH).

Este algoritmo se basa en la elección de una distribución instrumental para generar la siguiente observación en la cadena dado el estado actual, es decir, este algoritmo genera las distribuciones actuales apoyándose en valores pasados aleatorios. Sea $q(\cdot/\theta)$ la densidad instrumental; una iteración ϕ generada por $q(\phi/\theta)$ será aceptado con la probabilidad de:

$$\alpha(\theta^j, \phi) = \min \left\{ 1, \frac{L(\theta^1/Y) p(\theta^1)}{L(\theta^0/Y) p(\theta^0)} \right\} \quad (39)$$

De la ecuación (39) podemos señalar que si el iterado ϕ es aceptado se generara otro para luego evaluarlo, sino es aceptado se vuelve a generar desde su valor inicial para luego evaluar; es decir, el iterado ϕ es aceptado cuando $L(\theta^1/Y) p(\theta^1)$ es mayor a $L(\theta^0/Y) p(\theta^0)$; por tanto la ecuación (39) requiere al menos la densidad objetivo $L(\cdot)$ sea calculable. Además, para

implementar el algoritmo de la Metropolis–Hastings (MH) es necesario argumentar una densidad instrumental que genere el iterado ϕ de acuerdo a $\phi = \theta + \xi_t$, donde ξ_t tiene distribución normal con media cero y varianza constante, al utilizar este instrumental, el algoritmo se denomina Metropolis–Hastings (MH) paseo al azar, Moreno (2010).

- **CALIBRACIÓN DE PARÁMETROS**

La fuente de calibración de parámetros son obtenidos por cuentas nacionales, resultado de estudios anteriores y estimaciones auxiliares. A continuación, en la Tabla–2, se presenta los valores de parámetros obtenidos de cuentas nacionales.

TABLA 3.
PARÁMETROS DE CUENTAS NACIONALES

DESCRIPCIÓN	VALOR ASIGNADO
Cash Money Ratio: M1/M3	0.70
Formación Bruta de Capital Fijo/ PBI	0.17
Gasto del Gobierno/PBI	0.11
Promedio Crecimiento de M3	0.25
Consumo Importado/Total Consumo	0.20
Inversión Extranjera Directa/Total Inversión.	0.05
Impuesto al Consumo	0.20
Impuesto al retorno del capital	0.40
Impuesto al salario	0.13
Impuesto a ganancias de las familias	0.10

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la tabla – 3 se presenta la calibración de parámetros considerando trabajos de otros autores y las estimaciones auxiliares.

TABLA 4.
PARÁMETRO DE OTROS AUTORES Y DE ESTIMACIONES AUXILIARES

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	TRABAJO DE REFERENCIA	VALOR ASIGNADO
β	Tasa de Descuento Intertemporal	Valdivia (2013)	0.980
δ	Tasa de Depreciación del Capital	Valdivia (2013)	0.025
σ_L	Elasticidad Oferta de Trabajo	Valdivia (2013)	0.578
$\rho\bar{\pi}$	Autorregresivo Inflación Target	AR(1)	0.862
ξ_w	Calvo Rigidez en Salarios	Adolfson (2007)	0.500
ξ_e	Calvo Rigidez en contratación mano de obra	Adolfson (2007)	0.400
K_w	Parámetro Indexación Salarios	Adolfson (2007)	0.500
K_e	Parámetro Indexación Precio Exportaciones	Adolfson (2007)	0.500

S''	Costo de Ajuste de Inversión	Castro (2011)	3.420
b	Formación de habito (persistencia utilidad)	AR(1)	0.878
μz	Crecimiento Tecnología	Adolfson (2007)	1.009
$\tilde{\phi}$	PRIMA DE RIESGO	Valdivia (2013)	0.800
$\rho\mu z$	Autorregresivo Shock de Raíz Unitaria en Tecnología	AR(1)	0.941
$\rho\epsilon$	Autorregresivo Shock Estacionario en Tecnología	AR(1)	0.900
$\rho\tilde{\phi}$	Autorregresivo Shock Expectativas Prima de Riesgo	Adolfson (2007)	0.850
$\rho\lambda m,c$	Autorregresivo Shock Markup Bienes de Consumo Importados	Adolfson (2007)	0.500
$\rho\lambda m,i$	Autorregresivo Shock Markup Bienes de Inversión Importados	Adolfson (2007)	0.500
$\rho\lambda x$	Autorregresivo Shock Markup Bienes de Exportación	Adolfson (2007)	0.500
ρy	Autorregresivo Output Gap	AR(1)	0.396
$\rho\tilde{\phi}^*$	Autorregresivo Shock Prima de Riesgo Resto del Mundo	Adolfson (2007)	0.730
ρR	Autorregresivo Tasa de Interés	AR(1)	0.989
$\rho\pi$	Autorregresivo Tasa de Inflación	AR(1)	0.915
ρx	Autorregresivo Tipo de Cambio Real	AR(1)	-0.040
ηc	Elasticidad de Sustitución Consumo	Valdivia (2008)	2.000
$\rho\zeta c$	Autorregresivo Shock Preferencias del Consumidor	AR(1)	0.432
AL	Función de Desutilidad del trabajo Constante	Adolfson (2007)	7.500
λw	Markup Salarios	Adolfson (2007)	1.200
σa	Costo de Utilización del Capital	Adolfson (2007)	1000000
λd	Markup Bienes Domésticos	Adolfson (2007)	1.200
$\lambda m,c$	Markup Bienes de Consumo Importación	Adolfson (2007)	1.200
$\lambda m,i$	Markup Bienes de Inversión Importación	Adolfson (2007)	1.200
ηi	Elasticidad de Sustitución en Inversiones	Adolfson (2007)	1.696
ηf	Elasticidad de Sustitución Resto del Mundo	Adolfson (2007)	1.486
ρY	Autorregresivo Shock de Inversión en Tecnología	Adolfson (2007)	0.720
σq	Varianza de Dinero	Christiano (2005)	1.970

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para realizar la estimación bayesiana, primeramente se procede a definir la distribución a priori y luego aplicando filtro de Kalman (Estado – Espacio) y las Cadenas de Markov Montecarlo se aproxima una distribución posteriori para cada parámetro.

Previo estimación se observó que los parámetros estén identificados en un rango que garantice una única solución en el estado estacionario, con el fin de reducir la singularidad estocástica.

Las variables endógenas seleccionadas como observables son: Producción, Inversión, Consumo, Oferta Monetaria y la Inflación; dichas variables se seleccionaron por su relevancia para explicar la interacción de política fiscal y monetaria para reducir ciclo económico. En total se consideraron 78 observaciones entre el período 1996:Q1 hasta 2015:Q2. Para estimar los parámetros se utilizaron la distribución beta para garantizar que la estimación tome valores entre 0 y 1, por otro lado también se optó de la distribución gamma invertida para que los valores estimados tomen un valor positivo.

V. RESULTADOS

➤ Distribución a posteriori

En la siguiente tabla se presenta los principales resultados de la distribución a posteriori de los parámetros estimados.

TABLA 5.
DISTRIBUCIÓN A POSTERIORI

Nombre	Densidad	prior media	Posterior media/moda	Desv. Est./gl	Intervalo 90% HPD	
ξ_d	Beta	0.50	0.11	0.10	0.09	0.12
ξ_{mc}	Beta	0.50	0.49	0.10	0.41	0.55
ξ_{mi}	Beta	0.50	0.17	0.10	0.08	0.25
ξ_x	Beta	0.90	0.92	0.10	0.86	0.97
ξ_w	Beta	0.70	0.68	0.10	0.47	0.85
κ_d	Beta	0.50	0.45	0.10	0.31	0.64
κ_{mc}	Beta	0.50	0.48	0.10	0.21	0.84
κ_{mi}	Beta	0.50	0.46	0.10	0.33	0.58
κ_x	Beta	0.50	0.47	0.10	0.31	0.65
κ_w	Beta	0.50	0.48	0.10	0.33	0.61
η_i	Gamma Invertida	1.00	1.72	2.00	1.28	2.12
η_f	Gamma Invertida	1.00	0.45	2.00	0.33	0.57
σ_z	Gamma Invertida	0.10	1.60	1.00	1.42	1.79
σ_c	Gamma Invertida	0.21	0.039	1.00	0.033	0.05
σ_g	Gamma Invertida	0.10	0.04	1.00	0.029	0.053
σ_R	Gamma Invertida	0.25	1.36	1.00	1.15	1.53
$\sigma_{\bar{\phi}}$	Gamma Invertida	0.25	0.17	1.00	0.08	0.34
σ_{Yf}	Gamma Invertida	0.10	0.029	1.00	0.021	0.037

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Habiendo definido los valores a priori, en el caso de rigidez de precios en las firmas que producen bienes no transables, la probabilidad de no ajustar óptimamente los precios es de

0.11, es decir, $(1 - 0.11) = 89\%$ de las firmas seleccionadas aleatoriamente puede optimizar su precio en el periodo (t), demandando entre 1.1 a 1.2 trimestres para que toda las firmas reoptimicen su precio, lo cual señala que las políticas adoptadas por parte de la autoridad monetaria es efectiva en la economía boliviana, requiriendo solamente 1 trimestre para completarse. En el caso de las firmas importadoras de bienes de consumo, la probabilidad de no optimizar los precios es de 0.49; es decir, $(1 - 0.49) = 51\%$ de las firmas seleccionadas aleatoriamente optimizan su precio en el periodo (t), lo cual significa que política monetaria tardara en efectivizarse 2 trimestres. Estos resultados implica que las firmas que producen bienes no transables se reoptimizan más frecuentemente en las firmas importadoras de bienes. En el caso de las firmas importadoras de bienes de inversión, la probabilidad de no ajustar los precios es de 0.17, mientras que el de las firmas exportadoras es 0.92. En el sector importador de bienes de inversión, las firmas reoptimizan los precios en una periodo de 1.2 trimestre, mientras en el sector exportador la reoptimización de precios se completa en mayor a un año.

En promedio, la probabilidad de no ajustar óptimamente los precios es de 0.42; es decir, $(1 - 0.42)=58\%$ de las firmas seleccionadas aleatoriamente puede optimizar su precio en el periodo (t), requiriendo aproximadamente 2 trimestres para completar al 100%, lo cual significa que el diseño de las políticas implementadas por parte de la autoridad monetaria en coordinación con el Estado, requiere 2 trimestres para efectivizarse de manera completa.

Por otro lado, los salarios se ajustan en el periodo (t) con una probabilidad de 0.68, se decir $(1 - 0.68) = 32\%$ de los agentes seleccionados aleatoriamente puede optimizar su precio en el periodo (t), requiriendo 3 trimestres para reoptimizar la totalidad de sus precios. Estos resultados implican que el grado de rigidez de los salarios es mayor al grado de rigidez de los precios; sin embargo, también estos resultados implican que el análisis de rigidez de precios y salarios es un elemento muy importante en la implementación de políticas monetarias.

Los coeficientes estimados de indexación de precios en firmas de bienes no transables es 0.45, mientras para firmas importadoras de bienes de consumo es 0.48, inversión es 0.46, de bienes exportadores 0.47 y salarios es 0.48 respectivamente; todos estos coeficientes son menor a 0.5. Considerando la ecuación (14) las firmas le dan una mayor importancia a la inflación objetivo (target) que al precio efectivo del período anterior, para indexar su precio.

La elasticidad de sustitución entre bienes nacionales es de 1.72. Esto indica que los bienes producidos domésticamente presentan muy pocas diferencias entre sí para los consumidores, ya que ellos no tienen muchas dificultades para sustituirla. Mientras la elasticidad de sustitución

de bienes importados es de 0.45. Estos resultados muestran que los bienes domésticos son sustituidos frecuentemente que los bienes importados.

➤ **FUNCIÓN IMPULSO RESPUESTA (FIR)**

La función impulso respuesta muestra el impacto de un shock a lo largo de un tiempo sobre las variables endógenas en el sistema. En el Anexo – B se muestran la función impulso respuesta ante distintos shocks que se van a analizar en este apartado.

En la primera figura de la función impulso respuesta, se muestra el shock de tecnología (productividad) σ_z . Este shock tiene efectos positivos y permanentes (largo plazo) en el producto, consumo, inversión, exportaciones y el empleo; mientras la tasa de política monetaria, la variación de precios tanto doméstico e importado tienen una reacción negativa en su tasa de crecimiento, en el caso de precios domésticos se demanda 30 trimestres para volver a su estado estacionario, en el caso de las precios importados, este demanda más periodos para retornar a su estado estacionario debido a la rigidez de precios; el crecimiento del salario disminuye al principio, pero luego se incrementa a partir del trimestre 25. En resumen, el shock de tecnología (productividad) tiene efectos positivos y permanentes en el sector real de la economía boliviana.

El segundo shock que se analiza es el de gasto público σ_g ; este genera un crecimiento temporal en la producción demandando 5 trimestres para volver a su estado estacionario; el crecimiento del consumo a principio se torna negativa, pero después de 7 trimestres se vuelve positivo, generando la complementariedad entre gasto público y consumo privado. El crecimiento de los precios tanto domestica como importada es temporal, volviendo a su estado estacionario en 3 a 4 trimestres; el crecimiento del empleo es positiva, este demanda 24 trimestres para volver a su estado estacionario.

El shock del tasa de política monetaria σ_R , disminuye el crecimiento del producto, consumo, inversión y las exportaciones; en el caso del producto, consumo y la inversión demandan 8 trimestres para volver a su estado estacionario, mientras las exportaciones retornan al estado estacionario en 6 trimestres; la variación de los precios demandan menos tiempo para retornar a su estado estacionario, esto implica de que la política monetaria es más efectiva en la estabilización de precios; el crecimiento del empleo es positivo y demanda mayor tiempo para situarse en su sendero de estado estacionario.

Por otro lado se analiza el shock de oferta monetaria σ_m (crecimiento del M1); este shock ha sido incorporado en el presente modelo y repercute positivamente en la tasa de variación de los precios debido a mayor circulante en poder del público, se incrementa la tasa de interés de política monetaria para amortiguar las presiones inflacionarias; el crecimiento del salario real se devalúa debido al incremento de los precios requiriendo mayor cantidad de periodos para retornar al estado estacionario.

También se analiza el shock de prima de riesgo σ_ϕ , este shock se puede interpretar como la expectativa del tipo de cambio nominal; se observa que este shock repercute en la tasa de variación de los precios de bienes domésticos e importados en el corto plazo, lo cual implica la efectividad de política monetaria (es decir, el efecto pass through del tipo de cambio a precios es completo, ya que ambos retornan a su nivel de estado estacionario en corto plazo). En el caso del producto, inversión, exportaciones y el salario real muestran un crecimiento temporal, mientras el consumo y el empleo tienen una caída temporal para luego retornar a su estado estacionario; sin embargo los resultados permiten evidenciar que las variables observables tienen poca sensibilidad respecto a variaciones del tipo de cambio, lo cual implica que existen otros instrumentos más relevantes de política monetaria para dinamizar la economía, que la prima de riesgo.

Por último analizamos el shock del crecimiento de la demanda externa σ_{yf} ; este genera mayor dinamismo en el producto, exportaciones e inversión, este incremento es acompañado por un aumento de los precios en el corto plazo; sin embargo en otras variables como, consumo y empleo su impacto no es muy relevante, el crecimiento de los salarios aumenta hasta el periodo 10, luego disminuye por debajo de su nivel de estado estacionario.

VI. COMENTARIOS FINALES

En este documento hemos estimado un modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (DSGE, sus siglas en inglés) para la economía boliviana; empleando los siguientes supuestos: una economía pequeña y abierta, un mercado imperfecto con un conjunto de rigideces nominales y reales, formación de hábitos en la función de utilidad de consumo, la rigidez en precios y salarios. Adicionalmente se incluyeron la indexación en la ecuación de precios y salarios, así como el efecto imperfecto del tipo de cambio al precio de productos transables y no transables (efecto pass through).

Los resultados obtenidos mediante la inferencia bayesiana, indican que existe mayor grado de rigidez en salarios que en precios, sin embargo, los datos muestran que estos, se ajustan frecuentemente, lo cual significa mayor credibilidad en las políticas diseñadas por parte de la autoridad monetaria en coordinación con el Estado.

Otro de los elementos importantes que se incorporó dentro del modelo, es la indexación de precios y salarios. Los resultados indican que el grado de indexación es menor a 0.5, este resultado implica que las firmas le dan una mayor preferencia a la inflación objetivo (target) que al precio efectivo del período anterior, para indexar su precio. Por otro lado, la elasticidad de sustitución de bienes nacionales es mayor, respecto a los bienes de importación, lo cual induce que los bienes nacionales son frecuentemente sustituidos, debiéndose a poca diferenciación de estos bienes.

Analizando los resultados de la función impulso respuesta se verifica que la política fiscal debe enfocarse en garantizar la estabilidad macroeconómica a través de la diversificación de los ingresos y el control del déficit fiscal para mantener la solvencia de la deuda. Mientras la política monetaria debe enfocarse de manera explícita para la estabilización de precios y de manera implícita en la estabilización de ciclos económicos.

En resumen, el análisis de rigidez en los precios y salarios, son un elemento importante para la forma en que se debería diseñar la política monetaria. Por otro lado, los shocks analizados en el presente trabajo, sugieren que las políticas fiscal y monetaria deben coordinar la ejecución de sus instrumentos con el objeto de lograr de forma eficiente el logro simultáneo de sus objetivos.

En línea de futuras extensiones del presente trabajo vendrían dadas por la segunda iteración del modelo mediante la inferencia bayesiana: grado de rigidez en la demanda de empleo, reglas fiscales y el shock del sector externo.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abel, A. (1990). Asset prices under habit formation and catching up with the joneses. *The American Economic Review*, 80(2), 38-42.
- Adolfson, M., Laseén, S., Lindé, J., & Villani, M. (2005b). Bayesian estimation of an open economy DSGE model with incomplete pass-through. *Sveriges Riksbank*, 179, 3-82.
- Adolfson, M., Laséen, S., Lindé, J., & Villani, M. (2007). Bayesian estimation of an open economy DSGE model with incomplete pass-through. *Forthcoming in Journal of International Economics*, 72, 481-511.
- Benigno, P., & Woodford, M. (2004). Inflation Stabilization and Welfare: The Case of a Distorted Steady State. *Cambridge*, 10838, 1-63.
- Bolivar, O., & Ugarte, D. (2015). Demanda Interna Motor de Crecimiento Económico en Bolivia. *Cuadernos de Investigación Económica Boliviana*, 1, 7-44.
- Calvo, G. (1983). Staggered prices in a utility-maximising framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(10027), 383-398.
- Caputo, R., Liendo, F., & Medina, P. (2006). Modelo neokeynesiano para Chile durante el periodo de metas de inflación: un enfoque estructural. *Banco Central de Chile*, 9(402), 1-27.
- Castillo, C. E. (2012). Un Modelo Macroeconomico para Guatemala Estimado por Métodos Bayesianos. *Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala*, 124, 3-84.
- Castro, M., S., G., Minella, A., R., S., & Souza, N. (2011). Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach. *Banco Central do Brasil*, 239, 2-48.
- Cerezo, S. (2010). Un modelo de equilibrio general dinámico estocástico para el análisis de la política monetaria en Bolivia. *Revista de análisis (Banco Central de Bolivia)*, 13, 49-89.
- Christiano, L., & Eichenbaum, M. (1992). Current real business cycle theories and aggregate labor market fluctuations. *The American Economic Review*, 82, 430-450.
- Christiano, L., Eichenbaum, M., & Evans, C. (2005). Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. *Journal of Political Economy*, 113, 1-45.
- Erceg, C., Henderson, D., & Levin, A. (2000). Optimal monetary policy with staggered wage and price contracts. *Journal of Monetary Economics*, 46, 281-313.
- Estévez, D., & Sáez, F. (2012). Estimation of general equilibrium model in dynamic economies using Markov Chain Monte Carlo Methods. *Banco Central de Venezuela*, 19, 7-36.

- Fernandez - Villaverde, J., & Rubio - Ramirez, J. (2003). Comparing Dynamic Equilibrium Models to Data: A Bayesian Approach. *Federal Reserve Bank of Atlanta*, 23a, 2-51.
- Fernández-Villaverde, J., & Rubio-Ramírez, J. F. (2005). Estimating dynamic equilibrium economies: linear versus nonlinear likelihood. *Journal Of Applied Econometrics*, 20, 891–910.
- González, L. (2015). Una estimación bayesiana de un modelo DSGE para analizar el pass through. El caso Brasil en el período 1999-2015. *Torcuato Di Tella*, 1, 1-52.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press.
- Kydland, F., & Prescott, E. (1982). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica*, 50(6), 1345-1370.
- Mendoza, R., & Boyán, R. (2001). Metas Explícitas de Inflación y la Política Monetaria en Bolivia. *Revista de Analisis*, 4, 75-127 .
- Quiroz, D., & Arce, L. (2015). Fomalización Matemática del Modelo Económico Social Comunitario Productivo. *Cuaderno de Investigación Económica Boliviana*, 1, 81-120.
- Rebelo, S. (2005). Real Business Cycle Models: Past, Present and Future. *The Scandinavian Journal of Economics*, 107, 217-238.
- Rotemberg, J., & Woodford, M. (1993). Dynamic General Equilibrium Models with Imperfectly Competitive Product Markets. *NBER Working Paper*, 4502, 2-63.
- Smets, F., & Wouters, R. (2003a). An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area. *Journal of the European Economic Association*, 1, 1-61.
- Smets, F., & Wouters, R. (2007). Shocks and frictions in us business cycles a bayesian DSGE approach. *European Central Bank*, 722, 4-57.
- Valdivia, D., & Montenegro, M. (2008). Bolivia's Fiscal Rules: Dynamic Stochastic General Equilibrium Model Approach. *SSRN*, 32114(1), 1-32.
- Valdivia, D., & Pérez, D. (2013). Dynamic economic and coordination on fiscal – monetary policies in Latin América: Evaluation through a DSGE model. *Munich Personal RePEc Archive*, 51562, 1-42.
- Vargas, J. (2010). Análisis del crecimiento y ciclos económicos: una aplicación general para Bolivia. *Revista de Análisis*, 13(1), 9-47.
- Woodford, M. (2001). Inflation Stabilization and Welfare. *NBER Working Paper Series*, 8071, 1-53.
- Woodford, M. (2010). Simple Analytics of the Government Expenditure Multiplier. *Columbia University*, 15714, 1-45.

VIII. ANEXO – A. MODELO LOG LINEALIZADO

El modelo fue estimado en Matlab utilizando el aplicativo Dynare 4.4.3. A continuación las ecuaciones del modelo log linealizado. Para obtener más detalle consultar Adolfson et.al (2005).

Curva de Phillips de firmas productoras de bienes de consumo.

$$\begin{aligned} \hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^c = & -\frac{\beta}{1 + \kappa_d \beta} (E_t \hat{\pi}_{t+1} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) + \frac{\kappa_d}{1 + \kappa_d \beta} (E_t \hat{\pi}_{t-1} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) - \frac{\kappa_d \beta (1 - \rho_\pi)}{1 + \kappa_d \beta} \hat{\pi}_t^c \\ & + \frac{(1 - \xi_d)(1 - \beta \xi_d)}{\xi_d (1 + \beta \kappa_d)} (\widehat{m}c_t + \hat{\lambda}_{d,t}) \end{aligned} \quad (A.1)$$

Costo marginal domestico

$$\begin{aligned} \widehat{m}c_t &= \alpha \hat{r}_t - (1 - \alpha) [\widehat{w}_t + \widehat{R}_t^f] - \hat{\epsilon}_t \\ &= \alpha (\hat{\mu}_{z,t} + \widehat{H}_t - \hat{r}_t) + \widehat{w} + \widehat{R}_t^f - \hat{\epsilon}_t \end{aligned}$$

Tasa de renta real de capital

$$\hat{r}_t^k = \hat{\mu}_{z,t} + \widehat{w}_t + \widehat{R}_t^f + \widehat{H}_t - \hat{k}_t$$

Curva de Phillips de firmas productoras de bienes de consumo.

$$\begin{aligned} \hat{\pi}_t^{m,c} - \hat{\pi}_t^c = & -\frac{\beta}{1 + \kappa_{m,c} \beta} (E_t \hat{\pi}_{t+1}^{m,c} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) + \frac{\kappa_{m,c}}{1 + \kappa_{m,c} \beta} (E_t \hat{\pi}_{t-1}^{m,c} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) - \frac{\kappa_{m,c} \beta (1 - \rho_\pi)}{1 + \kappa_{m,c} \beta} \hat{\pi}_t^c \\ & + \frac{(1 - \xi_{m,c})(1 - \beta \xi_{m,c})}{\xi_{m,c} (1 + i \beta)} (\widehat{m}c_t^{m,c} + \hat{\lambda}_t^{m,c}) \end{aligned} \quad (A.2)$$

Curva de Phillips de firmas productoras de bienes de inversión.

$$\begin{aligned} \hat{\pi}_t^{m,i} - \hat{\pi}_t^c = & -\frac{\beta}{1 + \kappa_{m,i} \beta} (E_t \hat{\pi}_{t+1}^{m,i} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) + \frac{\kappa_{m,i}}{1 + \kappa_{m,i} \beta} (E_t \hat{\pi}_{t-1}^{m,i} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) - \frac{\kappa_{m,i} \beta (1 - \rho_\pi)}{1 + \kappa_{m,i} \beta} \hat{\pi}_t^c \\ & + \frac{(1 - \xi_{m,i})(1 - \beta \xi_{m,i})}{\xi_{m,i} (1 + i \beta)} (\widehat{m}c_t^{m,i} + \hat{\lambda}_t^{m,i}) \end{aligned} \quad (A.3)$$

Costo marginal de importación de bienes de consumo y de inversión

$$\begin{aligned} \widehat{m}c_t^{m,c} &= -\widehat{m}c_t^x - \hat{\gamma}_t^{x,*} - \hat{\gamma}_t^{m,c,d} \\ \widehat{m}c_t^{m,i} &= -\widehat{m}c_t^x - \hat{\gamma}_t^{x,*} - \hat{\gamma}_t^{m,i,d} \end{aligned}$$

Curva de Phillips de firmas productoras de bienes de consumo

$$\begin{aligned} \hat{\pi}_t^x - \hat{\pi}_t^c = & -\frac{\beta}{1 + \kappa_x \beta} (E_t \hat{\pi}_{t+1}^x - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) + \frac{\kappa_x}{1 + \kappa_x \beta} (E_t \hat{\pi}_{t-1}^x - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c) - \frac{\kappa_x \beta (1 - \rho_\pi)}{1 + \kappa_x \beta} \hat{\pi}_t^c \\ & + \frac{(1 - \xi_x)(1 - \beta \xi_x)}{\xi_x (1 + i\beta)} (\hat{m}_t^x + \hat{\lambda}_t^x) \end{aligned} \quad (\text{A. 4})$$

Ecuación del salario real

$$\begin{aligned} E[\eta_0 \hat{\omega}_{t-1} + \eta_1 \hat{\omega}_t + \eta_2 \hat{\omega}_{t+1} + \eta_3 (\hat{\pi}_t^d - \hat{\pi}_t^c) + \eta_4 (\hat{\pi}_{t+1}^d - \rho_{\pi^c} \hat{\pi}_t^c) + \eta_5 (\hat{\pi}_{t-1}^c - \hat{\pi}_t^c) + \eta_6 (\hat{\pi}_t^c - \rho_{\pi^c} \hat{\pi}_t^c) \\ + \eta_7 \hat{\psi}_{z,t}^r + \eta_8 \hat{H}_t + \eta_9 \hat{\tau}_t^y + \eta_{10} \hat{\tau}_t^\omega + \eta_{11} \hat{\zeta}_t^h] = 0 \end{aligned} \quad (\text{A. 5})$$

$$b_\omega = \frac{[(\lambda_\omega \sigma_L - (1 - \lambda_\omega))]}{[(1 - \beta \xi_\omega)(1 - \xi_\omega)]}$$

$$\begin{pmatrix} \eta_0 \\ \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ \eta_5 \\ \eta_6 \\ \eta_7 \\ \eta_8 \\ \eta_9 \\ \eta_{10} \\ \eta_{11} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_\omega \xi_\omega \\ (\lambda_\omega \sigma_L - b_\omega (1 + \beta \xi_\omega^2)) \\ b_\omega \beta \xi_\omega \\ -b_\omega \xi_\omega \\ b_\omega \beta \xi_\omega \\ b_\omega \xi_\omega K_\omega \\ -b_\omega \xi_\omega K_\omega \\ (1 - \lambda_\omega) \\ -(1 - \lambda_\omega) \sigma_L \\ \tau^y \\ -(1 - \lambda_\omega) \frac{\tau^y}{(1 - \tau^y)} \\ -(1 - \lambda_\omega) \frac{\tau^\omega}{(1 - \tau^\omega)} \\ -(1 - \lambda_\omega) \end{pmatrix}$$

Derivada respecto a restricción presupuestaria

$$\begin{aligned} E \left[-b\beta\mu_z \hat{c}_{t+1} + (\mu_z^2 + b^2\beta)\hat{c}_t + b\mu_z \hat{c}_{t-1} + b\mu_z (\hat{\mu}_{z,t} - \beta\hat{\mu}_{z,t+1}) + (\hat{\mu}_z - b\beta)(\hat{\mu}_z - b)\hat{\psi}_{z,t} \right. \\ \left. + \frac{\tau^c}{(1 - \tau^c)} (\hat{\mu}_z - b\beta)(\hat{\mu}_z - b)\hat{\tau}_t^c + (\hat{\mu}_z - b\beta)(\hat{\mu}_z - b)\hat{\gamma}_t^{c,d} - (\hat{\mu}_z - b)(\hat{\mu}_z \hat{\zeta}_t^c - b\beta \hat{\zeta}_{t+1}^c) \right] \\ = 0 \end{aligned} \quad (\text{A. 6})$$

Derivada respecto a restricción presupuestaria

$$E_t \{ \hat{P}_{k,t} + \hat{\gamma}_t + \hat{\gamma}_t^{i,d} + \mu_t^2 \hat{S}'' [(\hat{i}_t - \hat{i}_{t-1}) - \beta(\hat{i}_{t+1} - \hat{i}_t) + \hat{\mu}_{z,t} - \beta\hat{\mu}_{z,t+1}] \} = 0 \quad (\text{A. 7})$$

Derivada respecto a restricción presupuestaria

$$E_t \left\{ -\mu \hat{\Psi}_{z,t} + \mu \hat{\Psi}_{z,t+1} + \mu \hat{\mu}_{z,t+1} + (\mu + \beta \tau^k) \hat{R}_t - \mu \hat{\pi}_{t+1} + \frac{\tau^k}{(1 - \tau^k)} (\beta - \mu) \hat{\tau}_{t+1}^k \right\} = 0 \quad (\text{A. 8})$$

Derivada respecto a restricción presupuestaria

$$E_t \left\{ \hat{\Phi}_{z,t} + \hat{\mu}_{z,t+1} + \hat{\Phi}_{z,t-1} + \frac{\beta(1 - \delta)}{\mu_z} \hat{P}_{k',t+1} + \hat{P}_{k',t} - \frac{\mu_z - \beta(2 - \delta)}{\mu_z} \hat{r}_{t+1}^k + \frac{\tau^k}{(1 - \tau^k)} \frac{\mu_z - \beta(1 - \delta)}{\mu_z} \hat{r}_{t+1}^k \right\} = 0 \quad (\text{A. 9})$$

Ecuación de paridad de poder adquisitivo

$$E_t \Delta \hat{S}_{t+1} - (\hat{R}_t - \hat{R}_t^*) - \tilde{\Phi}_a \hat{a}_t + \hat{\Phi}_t = 0 \quad (\text{A. 10})$$

Restricción de recursos totales

$$\begin{aligned} & (1 - \omega_c)(\gamma^{c,d})^{\eta_c} \frac{c}{y} (\hat{c}_t + \eta_c \hat{\gamma}_t^{c,d}) + (1 - \omega_i)(\gamma^{i,d})^{\eta_i} \frac{i}{y} (\hat{i}_t + \eta_i \hat{\gamma}_t^{i,d}) + \frac{g}{y} \hat{g}_t + \frac{y^*}{y} (\hat{y}_t^* - \eta_f \hat{\gamma}_t^{\alpha,*} + \hat{z}_t^*) \\ & = \lambda_d (\hat{\epsilon}_t + \alpha(\hat{k}_t - \hat{\mu}_{z,t}) + (1 - \alpha) \hat{H}_t) - (1 - \tau^k) r^k \frac{\bar{k}}{y \mu_z} (\hat{k}_t - \bar{k}) \end{aligned} \quad (\text{B. 11})$$

Ley de movimiento de capital

$$\hat{k}_{t+1} = (1 - \delta) \frac{1}{\mu_z} \hat{k}_t - (1 - \delta) \frac{1}{\mu_z} \hat{\mu}_{z,t} + \left(1 - (1 - \delta) \frac{1}{\mu_z}\right) \hat{\gamma}_t + \left(1 - (1 - \delta) \frac{1}{\mu_z}\right) \hat{i}_t \quad (\text{B. 12})$$

Tasa de capacidad instalada

$$\hat{\mu}_t = \hat{k}_t - \bar{k}_t = \frac{1}{\sigma_a} \hat{r}_t^k - \frac{1}{\sigma_a} \frac{r^k}{(1 - r^k)} \hat{r}_t^k \quad (\text{B. 13})$$

Primera derivada de tenencia de Efectivo

$$\hat{q}_t = \frac{1}{\sigma_q} \left[\hat{\zeta}_t^q + \frac{r^k}{(1-r^k)} \hat{r}_t^k - \hat{\Psi}_{z,t} - \frac{R}{(R-1)} \hat{R}_{t-1} \right] \quad (B.14)$$

$$\mu_t = \frac{M_{t+1}}{M_t} = \frac{\bar{m}_{t+1} z_t P_t}{\bar{m}_t z_{t-1} P_{t-1}} = \frac{\bar{m}_{t+1} \mu_{z,t} \pi_t}{\bar{m}_t} \hat{r}_t^k$$

Movimiento de oferta monetaria

$$\hat{\mu}_t - \hat{m}_{t+1} - \hat{\mu}_{z,t} - \hat{\pi}_t + \hat{m}_t = 0 \quad (B.15)$$

Condiciones de clearing de Mercado

$$v\bar{w}H(\hat{v}_t + \hat{\omega}_t + \hat{H}_t) = \frac{\mu\bar{m}}{\pi\mu_z} (\hat{\mu}_t + \hat{m}_t - \hat{\pi}_t - \hat{\mu}_t) - q\hat{q}_t \quad (B.16)$$

Equilibrio en la ley de movimiento del saldo de activos del exterior

$$\begin{aligned} \hat{\mu}_t = & -y^* \hat{m}c_t^x - \eta_f y^* \hat{\gamma}_t^{x,*} + y^* \hat{y}_t^* + y^* \hat{z}_t^* + (c^m + i^m) \hat{\gamma}_t^f - \left(c^m \left(-\eta_c (1 - \omega_c) (\gamma_t^{c,d})^{-1(1-\eta_c)} \hat{\gamma}_t^{m,c,d} + \hat{c}_t \right) \right) \\ & + \left(i^m \left(-\eta_i (1 - \omega_i) (\gamma_t^{i,d})^{-1(1-\eta_i)} \hat{\gamma}_t^{m,i,d} + \hat{i}_t \right) \right) + \frac{R}{\pi\mu_z} \hat{\alpha}_{t-1} \quad (B.17) \end{aligned}$$

Precios relativos

$$\hat{\gamma}_t^{m,c,d} = \hat{\gamma}_{t-1}^{m,c,d} + \hat{\pi}_t^{m,c} - \hat{\pi}_t^d \quad (B.18)$$

$$\hat{\gamma}_t^{m,i,d} = \hat{\gamma}_{t-1}^{m,i,d} + \hat{\pi}_t^{m,i} - \hat{\pi}_t^d \quad (B.19)$$

$$\hat{\gamma}_t^{x,*} = \hat{\gamma}_{t-1}^{x,*} + \hat{\pi}_t^x - \hat{\pi}_t^* \quad (B.20)$$

$$\hat{m}c_t^x = \hat{m}c_{t-1}^x + \hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^x - \Delta \hat{S}_t \quad (B.21)$$

Regla de Taylor

$$\begin{aligned} \hat{R}_t = & \rho_R \hat{R}_{t-1} + (1 - \rho_R) (\hat{\pi}_t^c + r_\pi (\hat{\pi}_{t-1}^c - \hat{\pi}_t^c) + r_y \hat{y}_{t-1} + r_x \hat{x}_{t-1}) + r_{\Delta\pi} (\hat{\pi}_t^c - \hat{\pi}_{t-1}^c) + r_{\Delta y} \Delta \hat{y}_{t-1} \\ & + \epsilon_{R,t} \quad (B.22) \end{aligned}$$

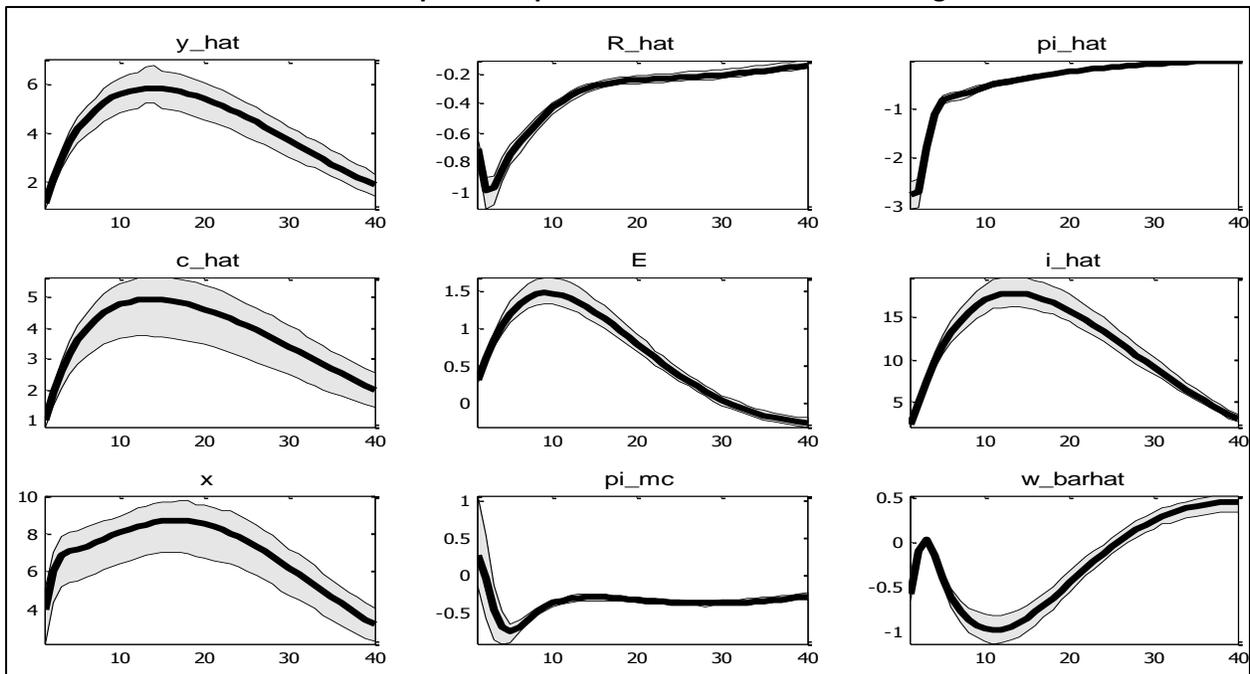
Ecuación de Empleo

$$\hat{E}_t = \frac{\beta}{1-\beta} E_t \hat{E}_{t+1} + \frac{\beta}{1-\beta} \hat{E}_{t-1} + \frac{(1-\xi_e)(1-\beta\xi_e)}{(1-\beta)\xi_e} (\hat{H}_t - \hat{E}_t) \quad (B.23)$$

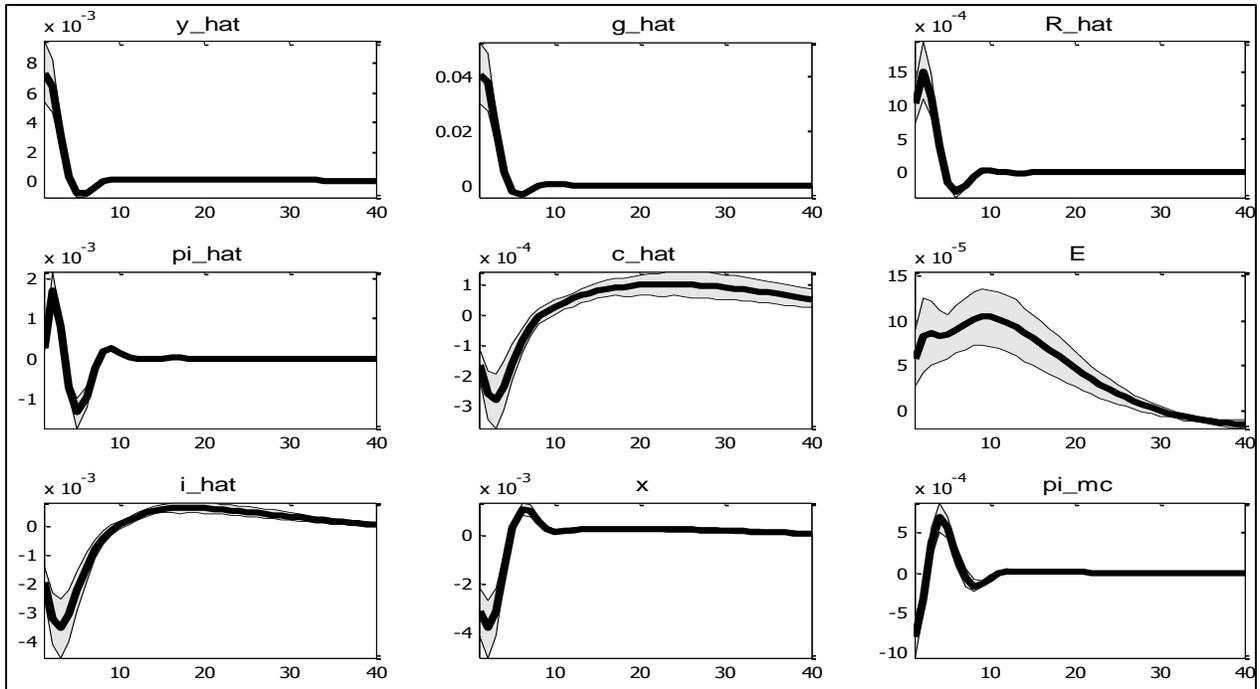
IX. ANEXO – B

Variables observables: $y_{\hat{}}$: PIB real, $R_{\hat{}}$: tasa de interés de política monetaria, $\pi_{\hat{}}$: variación de precio de bienes consumo interno, $c_{\hat{}}$: consumo, E : empleo, $i_{\hat{}}$: inversión, x : exportaciones, π_{mc} : variación de precios importados, $w_{\bar{\hat{}}}$: salario real.

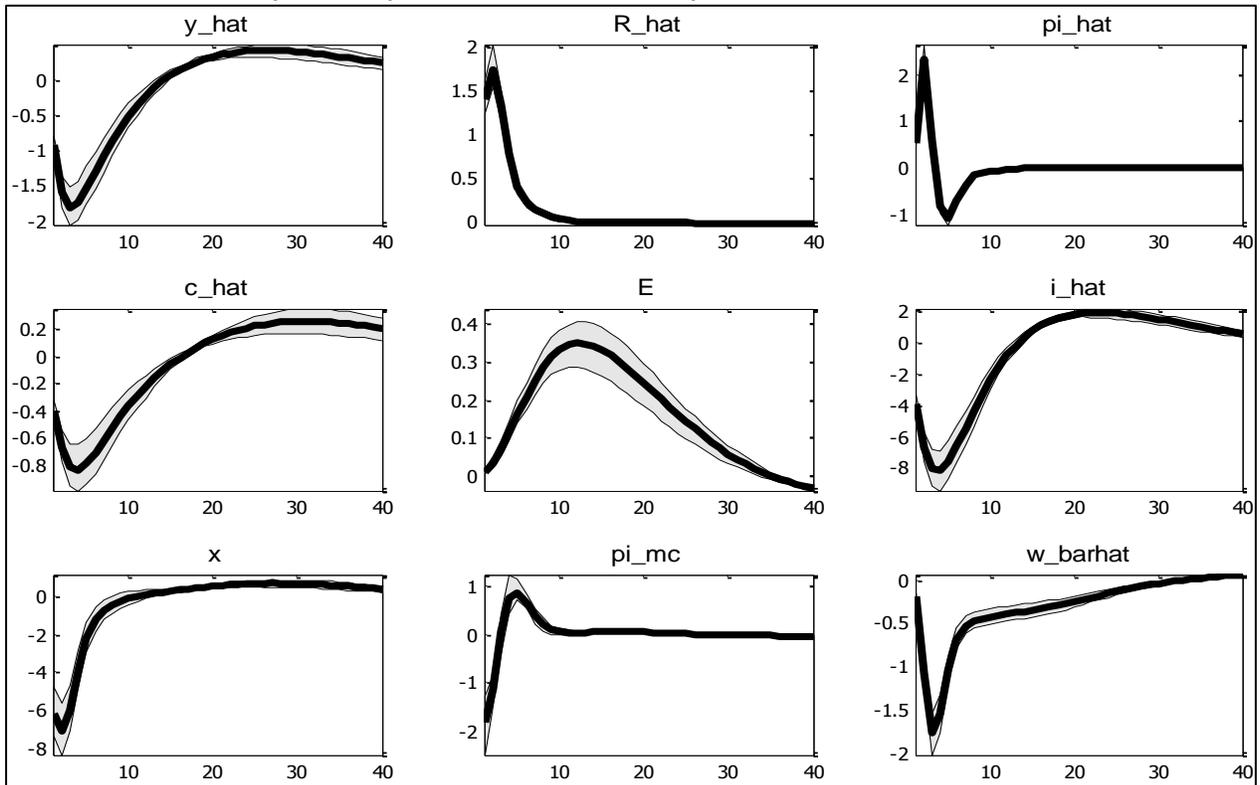
Función Impulso Respuesta ante un Shock de Tecnología



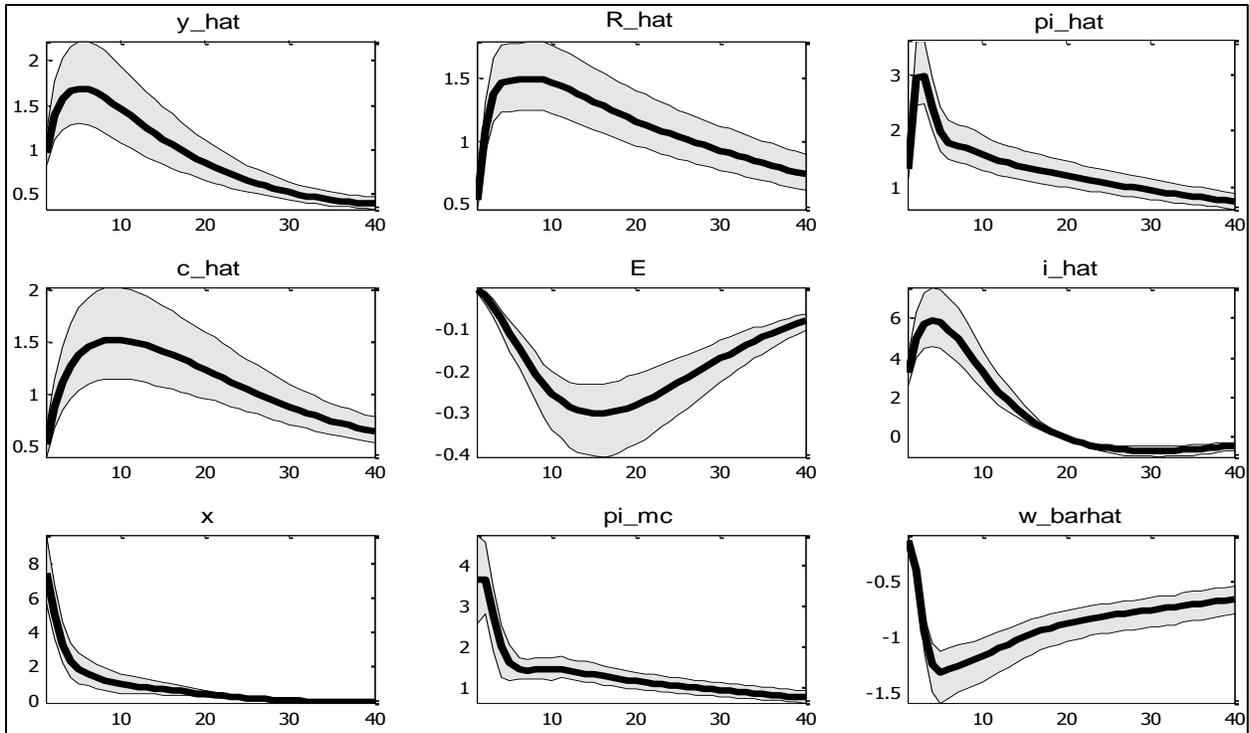
Función Impulso Respuesta ante un Shock de gasto público



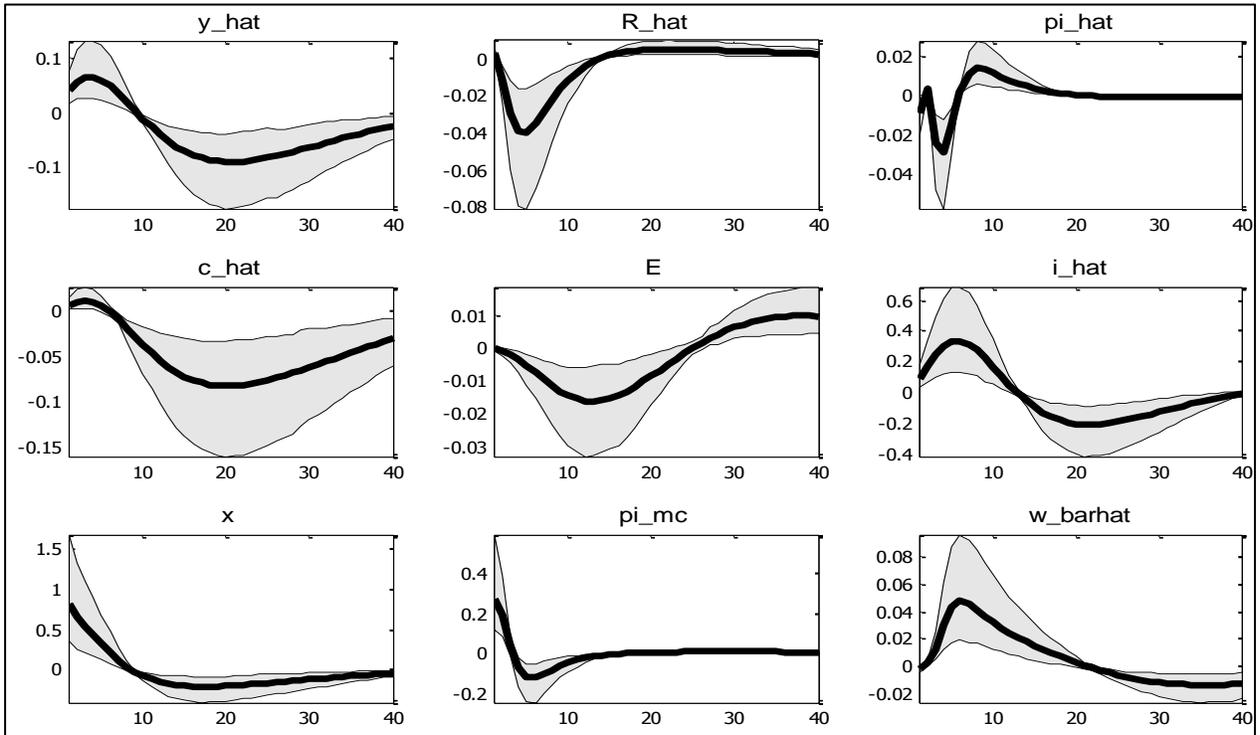
Función Impulso Respuesta ante un Shock de política monetaria (tasa de interés)



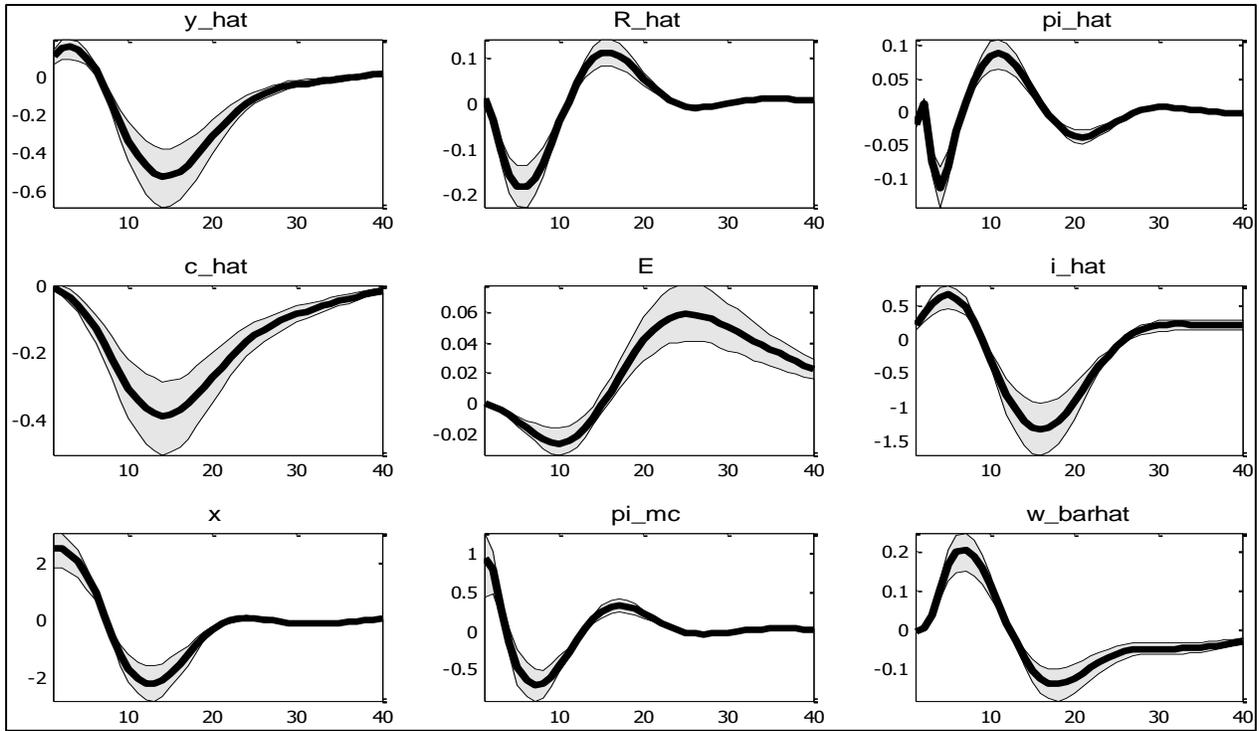
Función Impulso Respuesta ante un Shock de M1



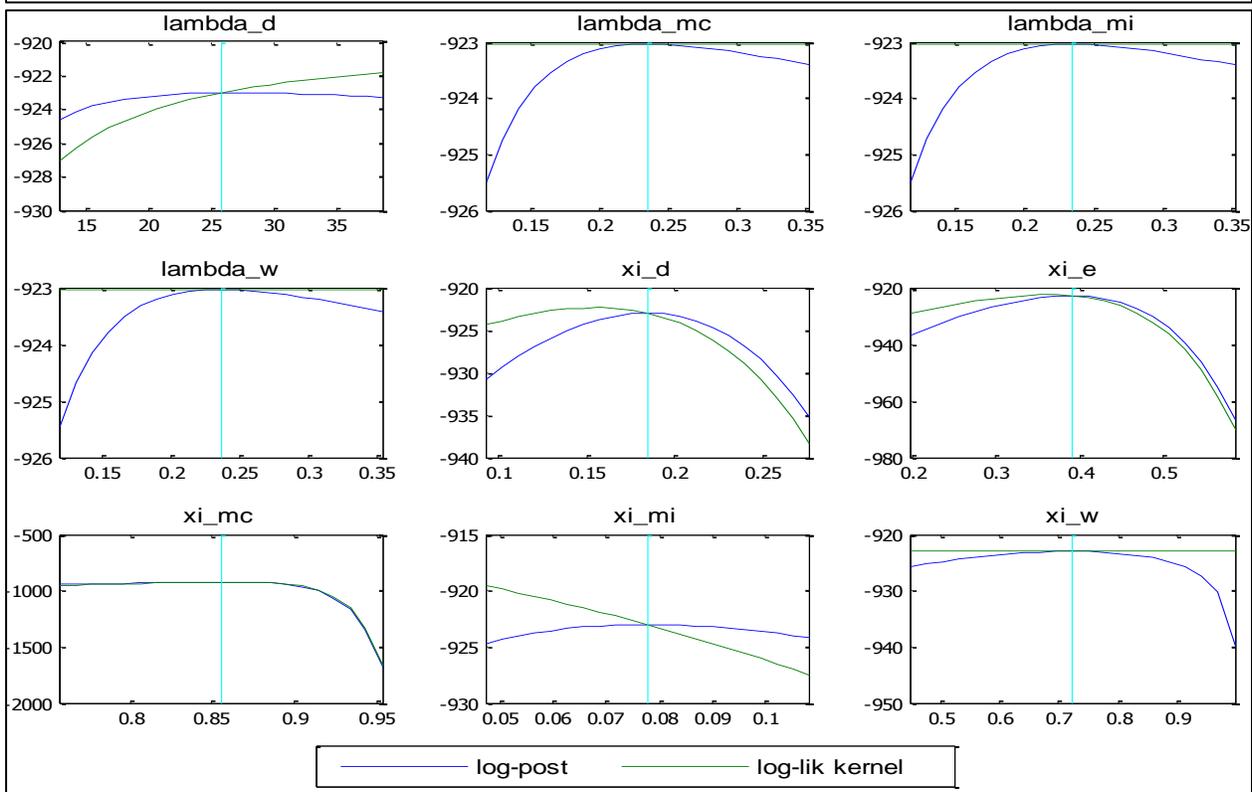
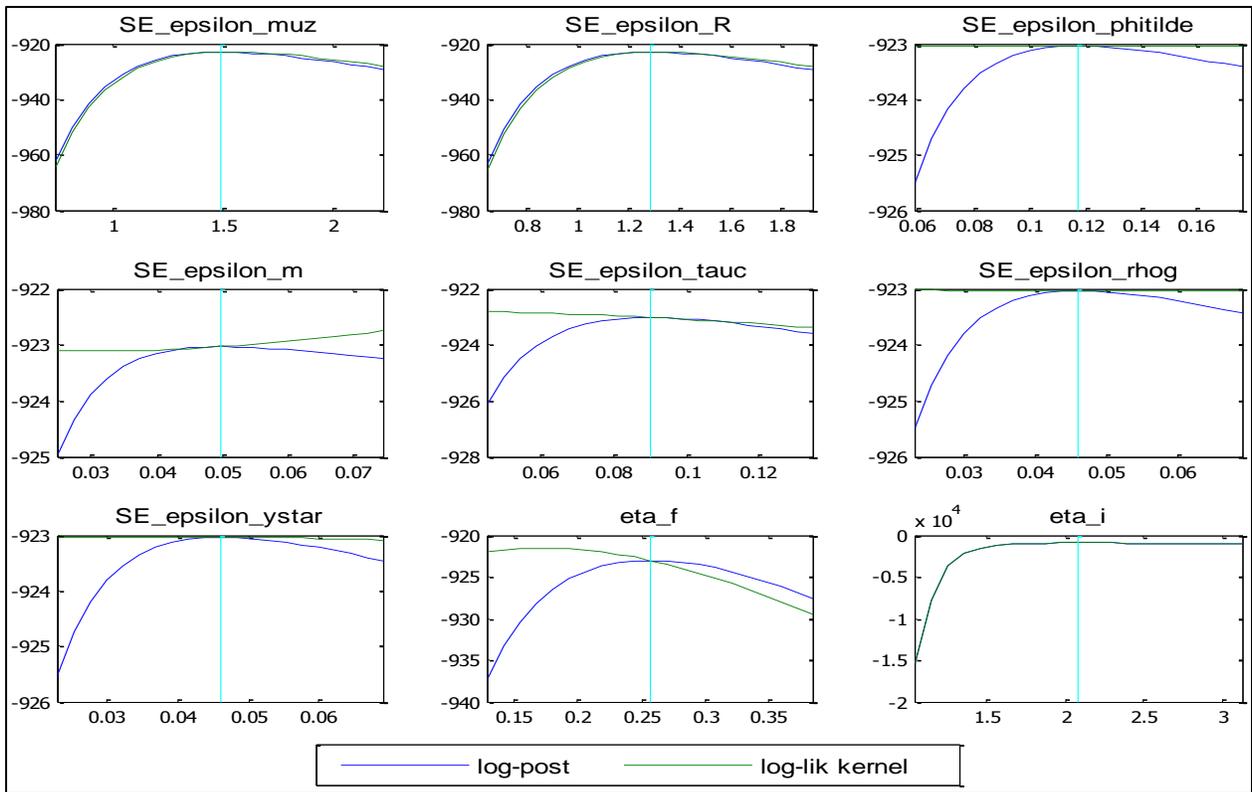
Función Impulso Respuesta ante un Shock de prima de riesgo (tipo de cambio)

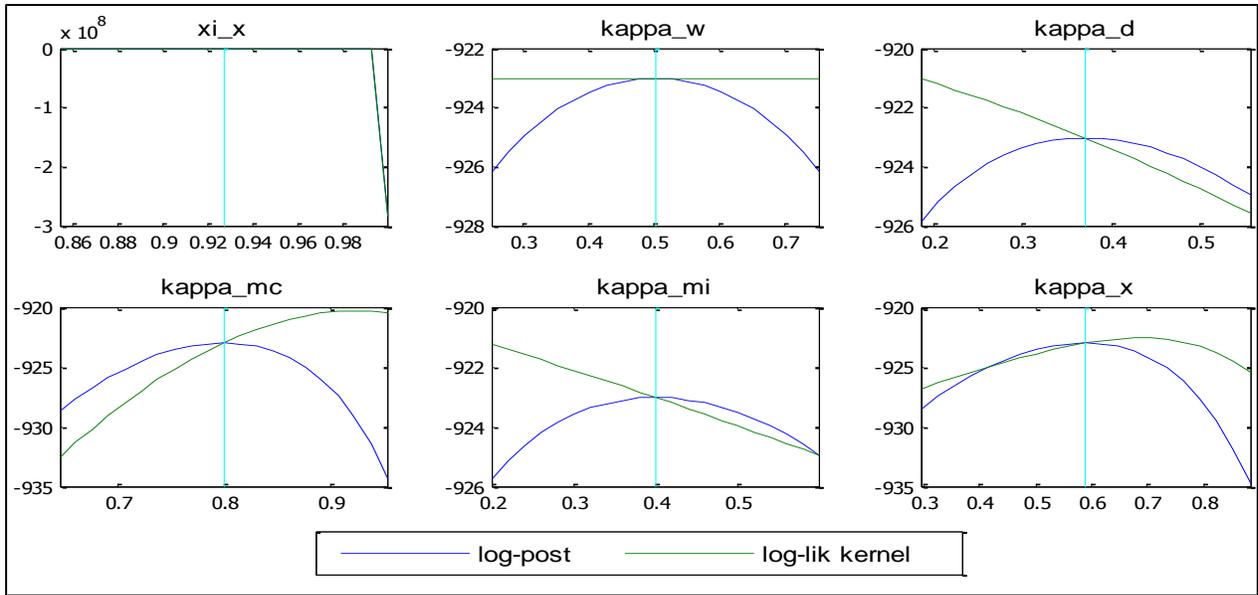


Función Impulso Respuesta ante un Shock de demanda externa

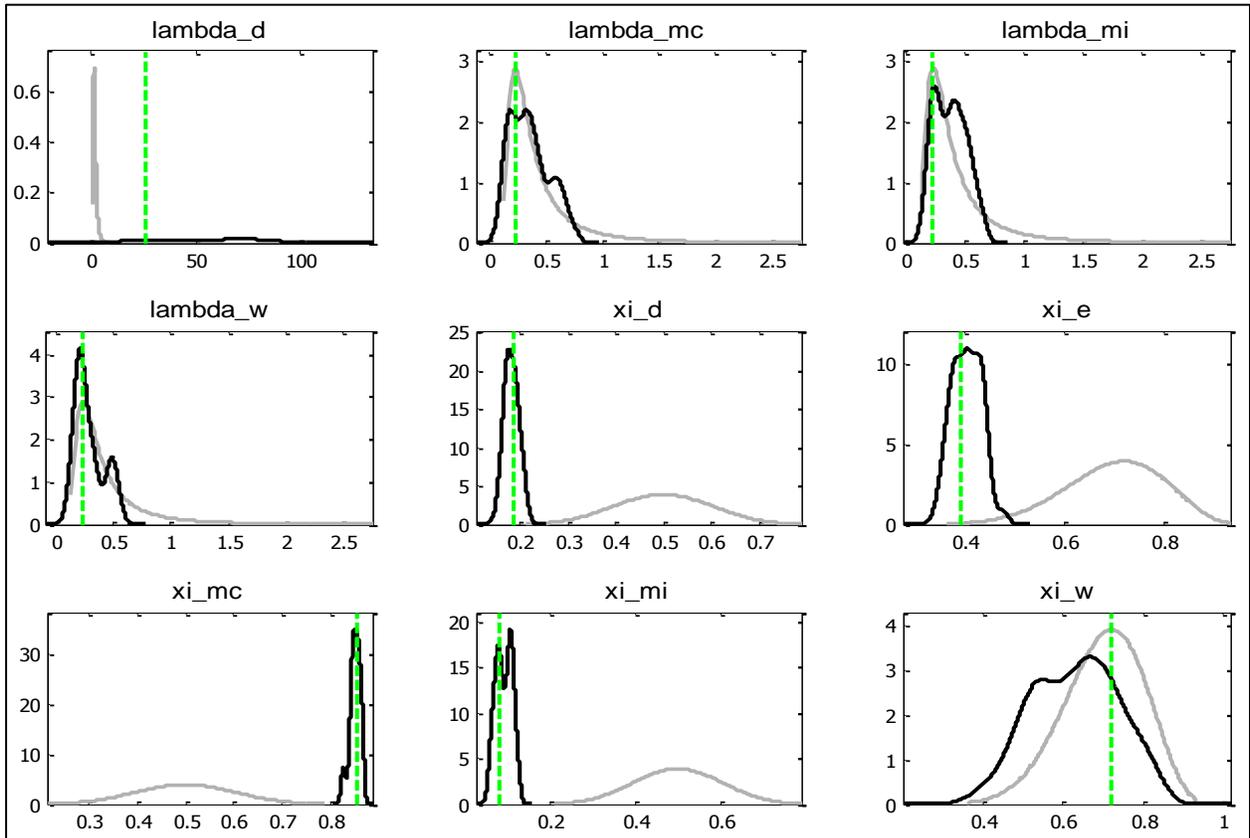


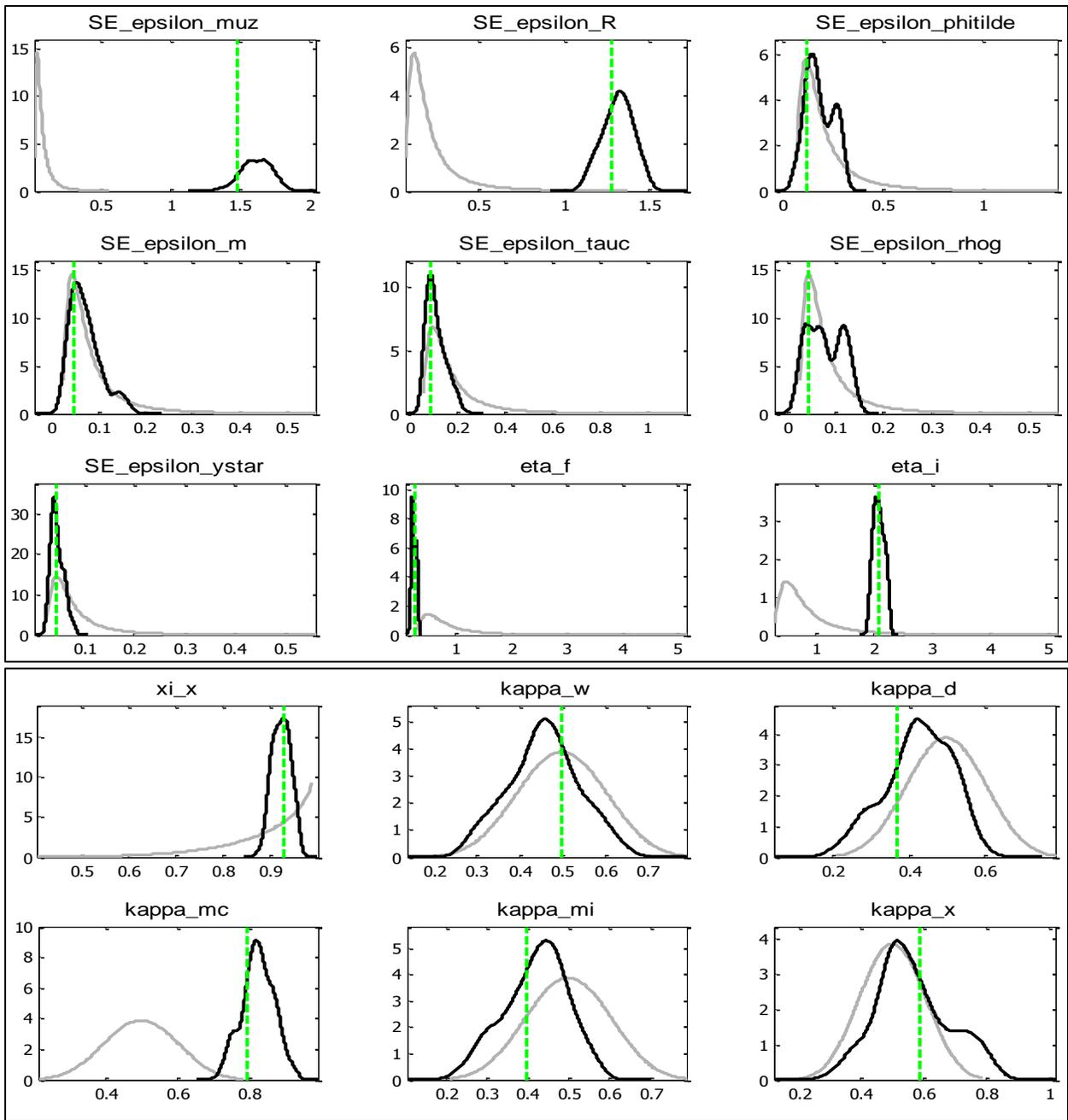
ESTIMACIÓN BAYESIANA: OPTIMIZACIÓN DE LOS ESTIMADORES



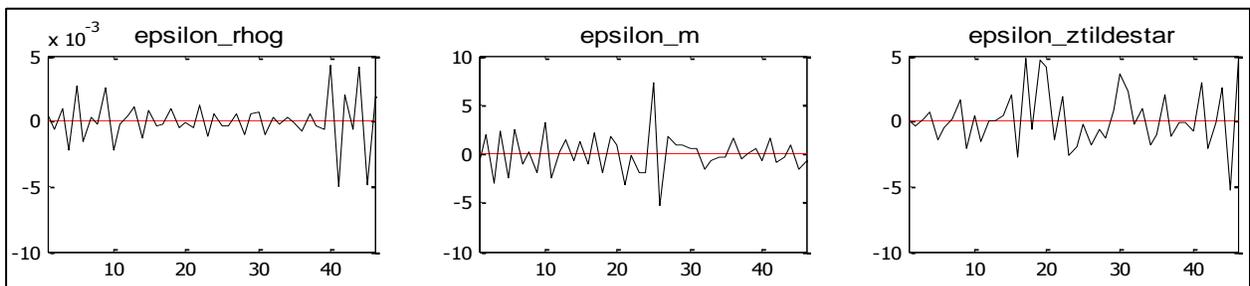


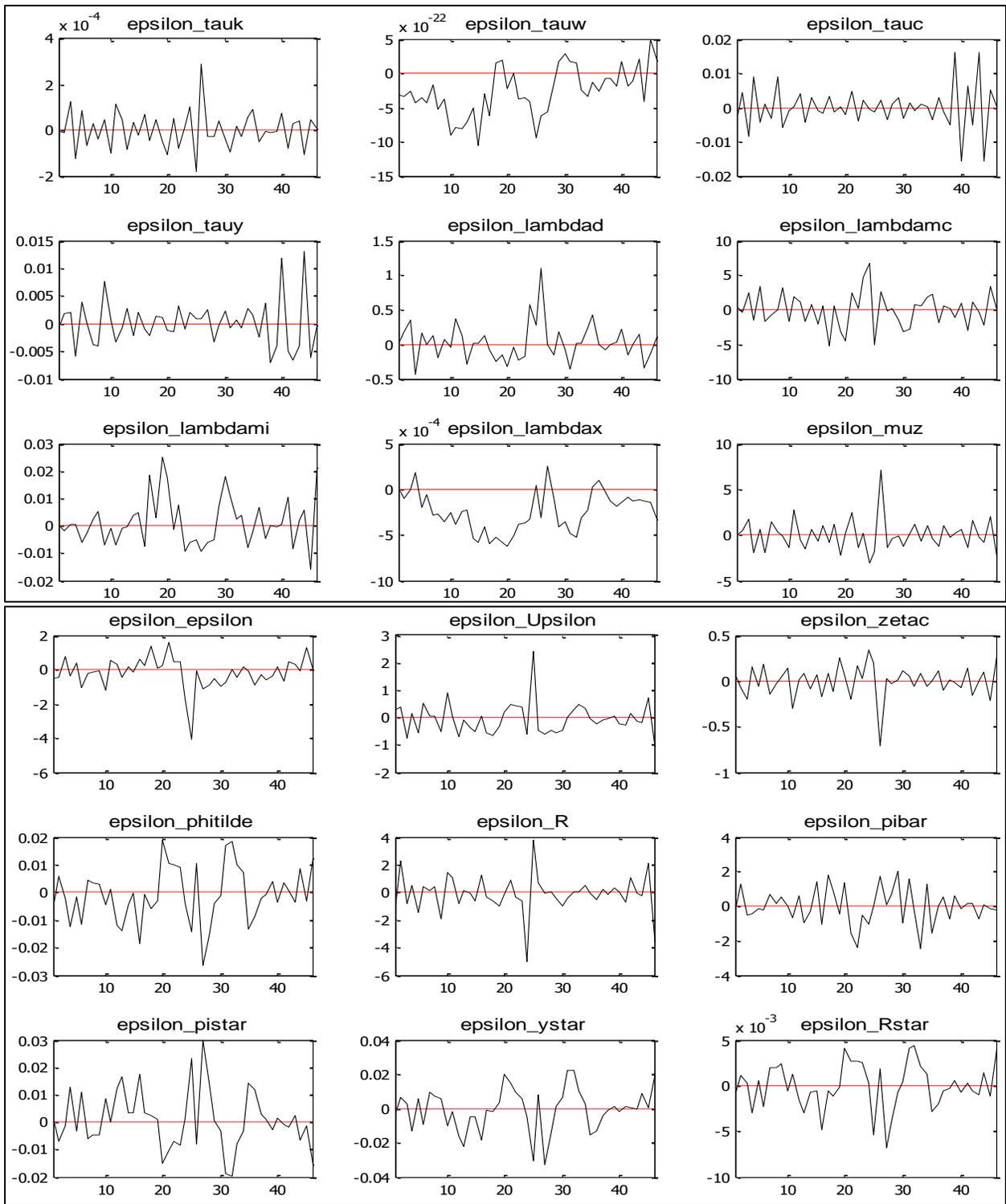
DISTRIBUCIÓN A PRIORI Y DISTRIBUCIÓN A POSTERIORI DE LOS TÉRMINOS DE ERROR



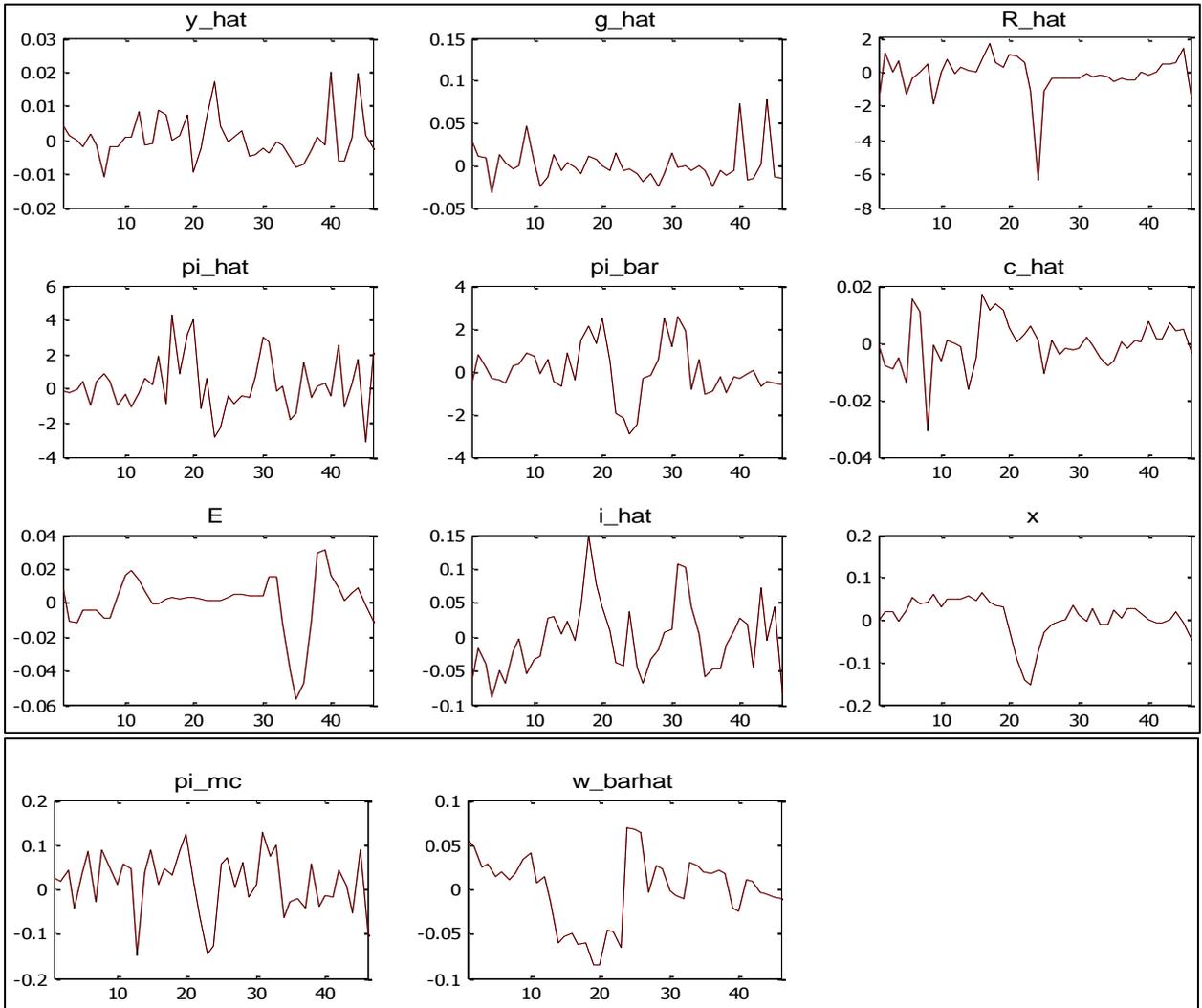


SHOCKS SUAVIZADOS





BRECHA DE LAS VARIABLES OBSERVADAS



PRONÓSTICO

