



# **“LA TASA NATURAL DE INTERÉS Y LAS FRICCIONES DE CRÉDITO”**

**Trabajo de Investigación presentado  
para optar al Grado Académico de  
Magíster en Economía**

**Presentado por**

**Sr. Ismael Ignacio Mendoza Mogollón**

**Asesor: Profesor Paul Castillo Bardalez**

**2011**

Dedico este trabajo a mis padres, cuyo ejemplo me ha guiado y enseñado a superarme en cada momento

Agradezco a mi asesor, Paul Castillo, por sus excelentes comentarios a lo largo de la elaboración de este documento

## **Resume ejecutivo**

En esta investigación se analiza el rol de las fricciones de crédito y las propiedades de la tasa natural de interés en una economía donde las empresas, cuando se endeudan, pagan una tasa de interés superior a la que fija el banco central. Se demuestra que (i) en presencia de fricciones de crédito, los choques en la economía se amplifican y se hacen más persistentes; sin embargo, (ii) la tasa natural de interés es independiente del grado de fricción financiera de la economía, y si se utiliza en una regla de tasa natural, continúa asegurando que la estabilidad de precios se mantiene.

## Índice de contenidos

Índice de tablas.....	vii
Índice de anexos.....	viii
<b>Capítulo I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo II. El modelo.....</b>	<b>3</b>
1. Individuos.....	4
1.1. Preferencias .....	4
1.2. El problema estático .....	5
1.3. El problema dinámico .....	6
2. Firmas.....	8
2.1. Productores de bienes intermedios .....	8
2.2. Productores de bienes finales .....	9
2.3. Productores de capital .....	13
3. Los empresarios .....	14
4. Sector externo.....	16
5. Sector gobierno .....	16
6. Economía pequeña y abierta .....	17
7. Demandas por producción doméstica y externa.....	18
8. Condiciones de equilibrio de mercado .....	19
<b>Capítulo III. Validación empírica y resultados .....</b>	<b>22</b>
1. Validación empírica .....	22
2. Resultados .....	25
2.1. Rol de las fricciones de crédito .....	25
2.1.1. Choque de política monetaria.....	25
2.1.2. Choque de tasa de interés internacional .....	26
2.2. Respuesta dinámica de la tasa natural .....	27
<b>Conclusiones .....</b>	<b>28</b>

<b>Bibliografía .....</b>	<b>29</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>31</b>

## Índice de tablas

Tabla 1.	Validación empírica.....	22
Tabla 2.	Estadísticos reportados por el modelo .....	24

## Índice de anexos

Anexo 1.	Impulsos respuesta a un choque de política monetaria.....	32
Anexo 2.	Impulsos respuesta a un choque de tasa de interés internacional .....	32
Anexo 3.	Impulsos respuesta de la TNI a choques de la economía .....	33

## Capítulo I. Introducción

El concepto de tasa natural de interés (TNI) propuesto inicialmente por Wicksell (1936) ha atraído recientemente renovada atención. En el contexto del modelo nekeynesiano, Woodford (2003) define la TNI como la tasa de interés real en un modelo de equilibrio general con precios flexibles, y muestra que actúa como un indicador resumen de las presiones inflacionarias. En ese ambiente, la estabilidad de precios se puede conseguir en todo momento por un banco central comprometido con una regla de tipo Taylor – llamada regla de tasa natural– cuando el instrumento de política reacciona uno a uno a los movimientos en la tasa natural de interés.

Debido al papel preponderante de la estabilidad de precios para la mayoría de los bancos centrales, la regla de tasa natural proporciona un punto de referencia interesante para la política monetaria. Sin embargo, su capacidad para lograr la estabilidad de precios se establece en el contexto de modelos con mercados sin fricciones de crédito. Pero el concepto de tasa natural propuesto inicialmente por Wicksell (1936) es más general y reconoce el hecho de que diferentes tasas de interés contribuyen a determinar la demanda agregada. Las tasas de préstamo desempeñan un papel importante en este sentido, especialmente donde, en presencia de fricciones de crédito, las empresas cuando se endeudan pagan una tasa de interés superior a la que fija el banco central, una característica típica de mercados financieros poco desarrollados y poco profundos como el peruano. ¿Cuáles son los efectos de las fricciones de crédito en la economía?, ¿cómo se altera la dinámica de la TNI en presencia de estas fricciones de crédito? ¿La tasa natural de interés sigue siendo un indicador útil de presiones inflacionarias?

En este trabajo se abordan estas cuestiones en un modelo donde la tasa de interés de los préstamos de las empresas es diferente de la tasa de interés de política. Particularmente, el modelo considera el mecanismo del acelerador financiero siguiendo de cerca los trabajos de Gertler *et al.* (2007) y de Deveraux *et al.* (2006). En estos modelos, las empresas se endeudan con el sistema financiero para financiar inversión pagando una prima por riesgo que depende de su grado de apalancamiento. Aquellas empresas que estén altamente endeudadas deberán pagar una prima por riesgo mayor que aquellas que no lo están.

Adicionalmente, el modelo es diseñado con la finalidad de incluir las principales características de la economía peruana. En esa línea, se permite que los salarios reales se desvíen de su equilibrio competitivo, de esta manera se toma en cuenta la existencia de desempleo y una baja respuesta de los salarios reales a fluctuaciones de demanda agregada, características observables en la

economía peruana. Se asume también que las condiciones internas de la economía peruana no tienen efecto sobre la economía mundial, supuesto consistente con el tamaño relativo de la economía peruana respecto a la economía mundial.

Este análisis conduce a dos resultados principales. En primer lugar, una implicación es que, en este modelo, en presencia de fricciones de crédito, el impacto de la política monetaria se amplifica porque el banco central también afecta la prima por riesgo. Así, un incremento de las tasas de interés reduce el valor de los activos de las empresas y deteriora su flujo de caja, ambos factores incrementan la prima por riesgo amplificando y haciendo más persistente el impacto de los choques monetarios en la economía.

El principal resultado en segundo lugar, sin embargo, es que la tasa natural de interés conserva sus propiedades deseables también en la presencia de fricciones de crédito. Si se utiliza en una regla de tasa natural, esta continúa asegurando que la estabilidad de precios se mantiene en todo momento. Este conjunto de resultados sugiere que la tasa natural de interés es un indicador útil de política también en los modelos con fricciones de crédito.

## Capítulo II. El modelo

¿Cuáles son los efectos de las fricciones de crédito en la economía?, ¿cómo se altera la dinámica de la TNI en presencia de estas fricciones de crédito? ¿La tasa natural de interés sigue siendo un indicador útil de presiones inflacionarias? Esta investigación pretende abordar estas interrogantes. Con el fin de incluir imperfecciones en el mercado de crédito en el modelo, se siguen los lineamientos planteados por Gertler *et al.* (2007) y de Deveraux *et al.* (2006), incorporando el enfoque del acelerador financiero. En estos modelos, las empresas se endeudan con el sistema financiero para financiar inversión pagando una prima por riesgo que depende de su grado de apalancamiento. Aquellas empresas que estén altamente endeudadas deberán pagar una prima por riesgo mayor que aquellas que no lo están.

El modelo también incorpora competencia monopolística en el mercado de bienes finales, y rigideces al ajuste de precios. La existencia de competencia monopolística permite que en el modelo las empresas fijen precios, y no sean tomadoras de precios como en el caso del modelo neoclásico. La existencia de rigideces de precios implica que las empresas no pueden cambiar precios todos los periodos sin incurrir en costos y, por lo tanto, cuando estas fijan precios deben considerar no solo los costos marginales actuales sino también los esperados para futuros periodos.

Igualmente, se permite que los salarios reales se desvíen de su equilibrio competitivo, de esta manera se toma en cuenta la existencia de desempleo y una baja respuesta de los salarios reales a fluctuaciones de demanda agregada, características observables en la economía peruana. Se asume también que las condiciones internas de la economía no tienen efecto sobre la economía mundial, supuesto consistente con el tamaño relativo de la economía peruana respecto a la economía mundial.

Bajo este modelo la TNI estará definida como aquella tasa de interés que prevalecería en equilibrio bajo la ausencia de rigideces de precios. En ese sentido, luego de validar empíricamente el modelo, contrastando el nivel de rigurosidad con que puede replicar los principales hechos estilizados de la economía, se procede a “apagar” la presencia de rigideces al ajuste de los precios, lo que permitirá obtener la TNI y analizar su respuesta dinámica ante diferentes choques en presencia (y ausencia) de fricciones en el mercado de crédito.

En el modelo existen individuos, firmas y empresarios. Los individuos realizan las decisiones de consumo y trabajo, las firmas producen y los empresarios acumulan el capital. También existe un sector externo y el sector gobierno asociado a las políticas fiscal y monetaria. Por su parte, existen tres tipos de firmas que operan en la economía doméstica: (a) productoras de bienes intermedios (mayoristas), (b) productoras de bienes finales (minoristas) y (c) productoras de capital.

## 1. Individuos

Los individuos tienen preferencias sobre consumo y trabajo. Reciben ingresos provenientes de las horas trabajadas y de la participación en los beneficios de las firmas. También ahorran comprando bonos en el sistema financiero doméstico o externo.

Los individuos consumen dos bienes transables. Estos bienes son sustitutos imperfectos y son producidos domésticamente o importados. A continuación, se analizan estos aspectos.

### 1.1. Preferencias

La economía mundial está poblada por un continuo de individuos de densidad 1, donde una fracción  $n$  vive en la economía doméstica y la diferencia,  $1-n$ , reside en el resto del mundo. Cada individuo  $j$  en la economía doméstica recibe utilidad por consumir una canasta de bienes,  $C_t^j$ , y recibe desutilidad por trabajar,  $L_t^j$ .

Las preferencias del individuo doméstico están representadas por la siguiente función de utilidad,

$$U_t = E_t \left[ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left( \frac{(C_t^j - hC_{t-1}^{ind})^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{(L_t^j)^{1+\eta}}{1+\eta} \right) \right] \quad (1)$$

donde las preferencias sobre el consumo exhiben hábitos externos, medidos a través del parámetro  $h$ , cuyos valores oscilan entre  $0 < h < 1$ . Es decir, el nivel de la utilidad marginal por consumir es decreciente en la diferencia relativa de  $C_t^j$  con relación al nivel del consumo agregado en el período anterior,  $C_t^{ind}$ . Por lo tanto, los individuos disfrutan de mayor utilidad en tanto sus niveles de consumo aumentan con relación a sus hábitos<sup>1</sup>. El parámetro  $\eta$  representa la inversa de la

---

<sup>1</sup> La presencia de hábitos en los nuevos modelos keynesianos ayuda a explicar la dinámica del consumo y producto que se observa en la data, puesto que agregan persistencia en las variables reales.

elasticidad de la oferta de trabajo,  $\sigma > 1$  es el coeficiente de aversión al riesgo, y  $\beta$  es el factor de descuento intertemporal, con  $0 < \beta < 1$ . Finalmente,  $L_t^j$  es el número de horas trabajadas por los individuos, el cual guarda una relación inversa con el nivel de utilidad.

## 1.2. El problema estático

La canasta de consumo,  $C_t$ , está compuesta de bienes domésticos,  $C_t^H$ , y de bienes importados,  $C_t^M$ . Siguiendo el índice CES se define la canasta de consumo:

$$C_t = \left[ (\gamma^H)^{\frac{1}{\varepsilon_H}} (C_t^H)^{\frac{\varepsilon_H-1}{\varepsilon_H}} + (1 - \gamma^H)^{\frac{1}{\varepsilon_H}} (C_t^M)^{\frac{\varepsilon_H-1}{\varepsilon_H}} \right]^{\frac{\varepsilon_H}{\varepsilon_H-1}} \quad (2)$$

donde  $\varepsilon_H$  es la elasticidad de sustitución entre los bienes domésticos y los bienes importados, y  $\gamma^H$  representa la fracción de bienes producidos domésticamente que contiene la canasta total de consumo en la economía pequeña.

A su vez,  $C_t^H$  y  $C_t^M$  son índices de un continuo de bienes diferenciados producidos domésticamente y en el exterior, respectivamente. Estos índices de consumo se definen a continuación:

$$C_t^H = \left[ \left( \frac{1}{n} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} \int_0^n C_t^H(z)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dz \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}, \quad C_t^M = \left[ \left( \frac{1}{1-n} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} \int_n^1 C_t^M(z)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dz \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (3)$$

donde  $\varepsilon > 1$  es la elasticidad de sustitución tanto para los bienes producidos domésticamente,  $C_t^H(z)$ ; como para aquellos producidos en el exterior,  $C_t^M(z)$ .

El problema del consumidor doméstico, en primer lugar, es cómo repartir  $C_t$ , entre  $C_t^H$  y  $C_t^M$ , gastando lo mínimo posible. Luego, dentro de cada índice de consumo, debe elegir la canasta de los bienes  $C_t^H(z)$  y  $C_t^M(z)$ , para  $z \in [0, n]$ , tal que minimice el gasto en estos bienes. Las demandas óptimas de los individuos por estos tipos de bienes están dadas por:

$$C_t^H(z) = \left( \frac{1}{n} \right) \gamma^H \left( \frac{P_t^H(z)}{P_t^H} \right)^{-\varepsilon} \left( \frac{P_t^H}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} C_t \quad (4)$$

$$C_t^M(z) = \left( \frac{1}{1-n} \right) (1 - \gamma^H) \left( \frac{P_t^M(z)}{P_t^M} \right)^{-\varepsilon} \left( \frac{P_t^M}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} C_t \quad (5)$$

Tal como se observa, el consumo de cada tipo de bien es creciente en el consumo agregado y decreciente en su correspondiente precio relativo. También es fácil mostrar que el índice de precios al consumidor, expresado en unidades de consumo, bajo el supuesto de las preferencias descritas líneas arriba, está determinado por la siguiente condición:

$$P_t = [\gamma^H (P_t^H)^{1-\varepsilon_H} + (1 - \gamma^H)(P_t^M)^{1-\varepsilon_H}]^{\frac{1}{1-\varepsilon_H}} \quad (6)$$

donde  $P_t^H$  y  $P_t^M$  representan los niveles de precios de los bienes producidos domésticamente y bienes importados, respectivamente. Cada uno de estos índices a su vez es definido de la siguiente manera:

$$P_t^H = \left[ \frac{1}{n} \int_0^n P_t^H(z)^{1-\varepsilon} dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}}, P_t^M = \left[ \frac{1}{1-n} \int_n^1 P_t^M(z)^{1-\varepsilon} dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (7)$$

donde  $P_t^H(z)$  y  $P_t^M(z)$  representan los precios de la variedad  $z$  expresados en moneda doméstica tanto para bienes producidos domésticamente como para bienes importados.

### 1.3.El problema dinámico

Por simplicidad, se asume una estructura de mercado de activos en la que existen dos bonos nominales de un período libres de riesgo, los mismos que están denominados en moneda doméstica (sol) y moneda extranjera (dólares), respectivamente. Bajo esta estructura de activos, la restricción presupuestaria del agente doméstico representativo  $j$  definida en unidades de moneda doméstica viene dada por:

$$P_t C_t^j + B_t^j + S_t B_t^{j*} = (1 + i_{t-1})B_{t-1}^j + (1 + i_{t-1}^*)\Psi_B \left( B_{t-1}^* \frac{S_{t-1}}{P_{t-1}} \right) S_t B_{t-1}^{j*} + W_t L_t^j + \Gamma_t^j + T_t^j \quad (8)$$

donde  $B_t^j$  es la tenencia de bonos denominados en moneda local y  $B_t^{j*}$  la tenencia de bonos externos por parte del agente doméstico. Asimismo,  $S_t$  es el tipo de cambio nominal;  $i_t$ , la tasa de interés nominal doméstica;  $i_t^*$ , la tasa de interés nominal externa;  $W_t$  es el salario nominal;  $\Gamma_t^j$  son los beneficios reales en términos de unidades de consumo que son distribuidos de todas las firmas de la economía al agente  $j$ ; y  $T_t^j$  son transferencias del gobierno. La función  $\Psi_B(\cdot)$  representa el costo real asociado a comprar o intercambiar bonos externos denominados en dólares, la misma que depende del nivel agregado de bonos externos en términos reales que

mantienen los residentes locales<sup>2</sup>. Este supuesto es consistente con la existencia de fricciones financieras para intermediar internacionalmente.

El individuo maximiza (1) sujeto a (8). Las condiciones que caracterizan las asignaciones óptimas son:

(i) la ecuación de Euler,

$$(C_t - hC_{t-1})^{-\sigma} = \beta(1 + i_t)E_t\left(\frac{P_t}{P_{t+1}}\right)(C_{t+1} - hC_t)^{-\sigma} \quad (9)$$

donde,  $(C_t - hC_{t-1})^{-\sigma}$  representa la utilidad marginal por consumir. Como se puede observar, se han eliminado los índices  $j$  en la medida que las variables representan variables agregadas. La ecuación de Euler determina la trayectoria óptima del consumo agregado al igualar los beneficios marginales de ahorrar con sus costos marginales:

(ii) la ecuación de tenencia de bonos externos

$$(C_t - hC_{t-1})^{-\sigma} = \beta(1 + i_t^*)\Psi_B\left(\frac{S_t B_t^*}{P_t}\right)E_t\left(\frac{\left(\frac{S_{t+1}}{S_t}\right)}{\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}\right)}\right)(C_{t+1} - hC_t)^{-\sigma} \quad (10)$$

De la ecuación de Euler y la tenencia de bonos externos se obtiene la ecuación que representa la paridad descubierta de las tasas de intereses (PDI):

$$\frac{(1+i_t)}{(1+i_t^*)} = \frac{\Psi_B\left(\frac{S_t B_t^*}{P_t}\right)E_t\left\{\frac{\left(\frac{S_{t+1}}{S_t}\right)}{\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}\right)}(C_{t+1} - hC_t)^{-\sigma}\right\}(PDI_t)}{E_t\left\{\left(\frac{P_t}{P_{t+1}}\right)(C_{t+1} - hC_t)^{-\sigma}\right\}} \quad (11)$$

Esta versión no-lineal de la PDI vincula la depreciación esperada del tipo de cambio nominal con el diferencial nominal de tasas de interés. Adicionalmente, para evaluar posibles desviaciones de esta relación se agrega un choque PDI, el mismo que sigue el siguiente proceso:

$$\ln PDI_t = \rho_{pdi} \ln PDI_{t-1} + \varepsilon_t^{pdi} \quad (12)$$

donde  $\varepsilon_t^{pdi}$  se distribuye *iid*  $(0, \sigma_{pdi}^2)$ .

---

<sup>2</sup> Se toma que  $\Psi_B\left(\frac{B^*S}{P}\right) = 1$ ; es decir, esta función toma el valor de 1 en el estado estacionario. Asimismo,  $\Psi_B(\cdot)$  es diferenciable y decreciente alrededor del estado estacionario.

Finalmente, con el fin de incluir fricciones en el mercado laboral presentes en la economía peruana, se relaja la condición de eficiencia estándar asumiendo que los salarios reales se ajustan lentamente ante cambios en la tasa marginal de sustitución,  $MRS_t^3$ . La ecuación de la oferta de trabajo viene determinada por:

$$\left(\frac{W_t}{P_t}\right) = \left(\frac{W_{t-1}}{P_{t-1}}\right)^{\lambda_{wp}} (MRS_t)^{1-\lambda_{wp}} \quad (13)$$

donde  $\frac{W_t}{P_t}$  es el salario real y el parámetro  $\lambda_{wp}$  mide el grado de persistencia de los salarios reales en la economía y, por lo tanto, es un índice de las fricciones en el mercado laboral.

## 2. Firmas

### 2.1. Productores de bienes intermedios

Las firmas productoras de bienes intermedios combinan capital y trabajo para producir un bien intermedio que se vende al por mayor a los productores de bienes finales. Estas firmas operan bajo competencia perfecta, alquilando el trabajo de los individuos y el capital de los empresarios. Se considera que existe un continuo de firmas intermedias cuya masa es  $n$ . Cada firma  $z$  utiliza una tecnología con retornos constantes de escala que adopta la siguiente forma funcional:

$$Y_t^{int}(z) = A_t [K_{t-1}^u(z)]^\alpha [L_t(z)]^{1-\alpha} \quad (14)$$

donde

$$K_{t-1}^u(z) = u_t K_{t-1}(z) \quad (15)$$

$0 < \alpha < 1$  representa la participación del capital en la producción,  $K_{t-1}^u(z)$  es el servicio de capital alquilado a los empresarios al final del período  $t-1$  para la producción, el cual depende de la tasa de utilización del capital  $u_t$  y del *stock* del capital físico  $K_{t-1}(z)$ ,  $K_{t-1}(z)$  es la cantidad de trabajo demandada a los individuos y  $A_t$  es un choque transitorio de tecnología que sigue el siguiente proceso autorregresivo:

$$\ln A_t = \rho_A^1 \ln A_{t-1} + \rho_A^2 \ln A_{t-2} + \varepsilon_t^\alpha \quad (16)$$

donde  $\varepsilon_t^\alpha$  se distribuye *iid*  $(0, \sigma_\alpha^2)$ .

---

<sup>3</sup> Se define  $MRS_t = -\left(\frac{U_{mg}L_t^j}{U_{mg}C_t^j}\right) = \left(\frac{L_t^\eta}{(C_t - hC_{t-1})^{-\sigma}}\right)$ .

Estas firmas toman como dados el salario real,  $\frac{W_t}{P_t}$ ; que se paga a los individuos y la tasa de alquiler del capital,  $R_t^H$ ; que se paga a los empresarios. Asimismo, dado que todas las firmas cuentan con la misma tecnología de retornos constantes a escala, el costo marginal real de cada firma intermedia  $z$  es el mismo, es decir  $MC_t(z) = MC_t$ . La demanda de factores se determina óptimamente igualando el valor de la productividad marginal de cada factor a su precio relativo:

$$L_t(z) = (1 - \alpha) \left( \frac{MC_t}{\frac{W_t}{P_t}} \right) Y_t^{int}(z) \quad (17)$$

$$K_{t-1}(z) = \alpha \left( \frac{MC_t}{R_t^H} \right) Y_t^{int}(z) \quad (18)$$

Luego de reemplazar la demanda de cada factor en la función de producción se obtiene el costo marginal:

$$MC_t = \frac{1}{A_t} \left( \frac{R_t^H}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{W_t}{P_t} \right)^{1-\alpha} \quad (19)$$

## 2.2. Productores de bienes finales

Las firmas productoras de bienes finales (minoristas) utilizan los bienes intermedios para producir un continuo de bienes diferenciados para el consumo, inversión y gasto público. Cabe mencionar que los productores de bienes finales operan en un ambiente de competencia monopolística y fijan precios de manera escalonada, es decir, presentan rigideces nominales en precios. Al respecto, existen tres tipos de minoristas. Un primer sector de minoristas vende su producción internamente y un segundo grupo vende externamente, ejerciendo discriminación de precios. Un tercer sector de minoristas, distribuidores de bienes importados, compran un bien homogéneo en el mercado mundial y lo venden domésticamente.

Bienes vendidos domésticamente: Estos minoristas compran bienes intermedios producidos domésticamente y diferencian su producto ligeramente para consumo final. No obstante, la particularidad es que las empresas se enfrentan a rigideces nominales. En cada periodo, aleatoriamente un grupo de empresas pueden cambiar sus precios óptimamente, las restantes no cambian precios. Cada empresa cambia precios con una probabilidad  $(1 - \theta^H)^4$ .

---

<sup>4</sup> Siguiendo a Calvo (1983), se asume que esta probabilidad es independiente del nivel de precio seleccionado por la firma en el período previo, así como del tiempo transcurrido desde la última vez en que la firma haya cambiado sus precios.

Las empresas, cuando les toca cambiar precios, escogen el precio,  $P_t^{H,0}(z)$ , que maximiza el valor presente descontado de la siguiente función de utilidades esperadas:

$$E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (\theta^H)^k \Lambda_{t+k} \left( \frac{P_t^{H,0}(z)}{P_t^H} F_{t+k}^H - MC_{t+k}^H \right) Y_{t+k}^H(z) \right\} \quad (20)$$

definido  $\Lambda_{t+k} = \beta^k \left( \frac{\text{Umg}_{t+k}}{\text{Umg}_t} \right)$ ;  $F_{t+k}^H = \frac{P_t^H}{P_{t+k}^H}$ ;  $Y_{t+k}^H(z) = \left( \frac{P_t^{H,0}(z)}{P_t^H} F_{t+k}^H \right)^{-\varepsilon}$  que es la demanda por el bien  $z$  en  $t+k$  condicionado a que el precio ha sido fijado desde el periodo  $t$ .

La condición de primer orden que resuelve este problema está dada por:

$$E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (\theta^H)^k \Lambda_{t+k} \left( \frac{P_t^{H,0}(z)}{P_t^H} F_{t+k}^H - MUP_{t+k} \mu MC_{t+k}^H \right) (F_{t+k}^H)^{-\varepsilon} Y_{t+k}^H \right\} = 0$$

donde  $\mu = \left( \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \right)$  que representa el margen sobre el costo de las empresas. El margen es una función inversa del grado de sustitución entre bienes,  $\varepsilon$ . Si  $\varepsilon$  tiende a 1, entonces  $\left( \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \right)$  tiende a infinito. Y, por el contrario, si  $\varepsilon$  tiende a infinito, entonces  $\left( \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \right)$  tiende a 1, en cuyo caso estaríamos en un equilibrio de competencia perfecta. Adicionalmente,  $MUP_{t+k}$  es un choque a los márgenes que es cambiante en el tiempo y evoluciona según el siguiente proceso autorregresivo:

$$\ln MUP_t = \rho_{MUD} \ln MUP_{t-1} + \varepsilon_t^{MUP} \quad (21)$$

Siguiendo a Benigno y Woodford (2006), la condición de primer orden puede ser reescrita de forma recursiva de la siguiente manera:

$$\frac{P_t^{H,0}(z)}{P_t^H} = \frac{V_t^N}{V_t^D}$$

donde

$$V_t^N = MUP_t \mu (MC_t^H) Y_t^H + \beta \theta^H E_t \{ (\Pi_{t+1}^H)^\varepsilon V_{t+1}^N \} \quad (22)$$

$$V_t^D = Y_t^H + \beta \theta^H E_t \{ (\Pi_{t+1}^H)^{\varepsilon-1} V_{t+1}^D \} \quad (23)$$

donde  $\Pi_{t+1}^H = \frac{P_{t+1}^H}{P_t^H}$  representa la tasa bruta de inflación. Asimismo, dado que en cada periodo  $t$  solo una fracción  $(1 - \theta^H)$  de firmas cambian sus precios, y el resto de firmas cambian sus precios, la tasa bruta de inflación doméstica está determinada por la siguiente condición:

$$\theta^H [\Pi_t^H]^{\varepsilon-1} = 1 - (1 - \theta^H) \left( \frac{V_t^N}{V_t^D} \right)^{1-\varepsilon} \quad (24)$$

Estas tres últimas ecuaciones determinan la ecuación de oferta agregada (curva de Phillips) de la producción doméstica. Finalmente, los costos marginales,  $MC_t^H$  están dados por:

$$MC_t^H = \frac{P_t MC_t}{P_t^H} \quad (25)$$

Bienes vendidos en el exterior: Se asume que estos minoristas pueden discriminar precios entre el mercado doméstico y el externo, por esta razón pueden fijar el precio de sus exportaciones en la moneda extranjera. Asimismo, al vender al exterior enfrentan también un ambiente de competencia monopolística con rigideces nominales, en el cual tienen una probabilidad  $(1 - \theta^X)$  de poder reajustar sus precios.

El problema de los minoristas que venden en el exterior es muy similar al de las empresas que venden en el mercado doméstico, el cual se resume en las siguientes tres ecuaciones que determinan la curva de oferta de los exportadores para precios en moneda extranjera:

$$V_t^{N,X} = MUP_t^X \mu(MC_t^X) Y_t^X + \beta \theta^X E_t \{ (\Pi_{t+1}^X)^\varepsilon V_{t+1}^{N,X} \} \quad (26)$$

$$V_t^{D,X} = Y_t^X + \beta \theta^X E_t \{ (\Pi_{t+1}^X)^{\varepsilon-1} V_{t+1}^{D,X} \} \quad (27)$$

$$\theta^X [\Pi_t^X]^{\varepsilon-1} = 1 - (1 - \theta^X) \left( \frac{V_t^{N,X}}{V_t^{D,X}} \right)^{1-\varepsilon} \quad (28)$$

Los costos marginales están dados por  $MC_t^X = \frac{MC_t^{nom}}{S_t P_t^X} = \frac{P_t MC_t}{S_t P_t^X}$  y, por lo tanto:

$$MC_t^X = \left( \frac{P_t}{S_t P_t^*} \right) \left( \frac{P_t^*}{P_t^X} \right) MC_t \quad (29)$$

los cuales dependen inversamente del tipo de cambio real  $RER_t = \left(\frac{S_t P_t^*}{P_t}\right)$  y del precio relativo de las exportaciones sobre los precios externos  $\left(\frac{P_t^X}{P_t^*}\right)$ . En tanto,  $MUP_t^X$  representa un choque a los márgenes cambiante en el tiempo, el mismo que evoluciona de la siguiente manera:

$$\ln MUP_t^X = \rho_{MUP^X} \ln MUP_{t-1}^X + \varepsilon_t^{MUP^X} \quad (30)$$

Bienes importados vendidos al por menor: Las firmas que venden bienes importados compran un bien homogéneo en el mercado mundial y lo diferencian en un bien final importado  $Y_t^M(z)$ . Estas firmas operan en un ambiente de competencia monopolística con rigideces nominales, en el cual tienen una probabilidad  $(1 - \theta^M)$  de poder reajustar sus precios. El problema de los minoristas también es muy similar al de los productores de bienes finales que venden en el mercado doméstico. La curva de Phillips de los importadores viene dada por:

$$V_t^{N,M} = MUP_t^M \mu(MC_t^M) Y_t^M + \beta \theta^M E_t \{ (\Pi_{t+1}^M)^\varepsilon V_{t+1}^{N,M} \} \quad (31)$$

$$V_t^{D,M} = Y_t^M + \beta \theta^M E_t \{ (\Pi_{t+1}^M)^{\varepsilon-1} V_{t+1}^{D,M} \} \quad (32)$$

$$\theta^M [\Pi_t^M]^{\varepsilon-1} = 1 - (1 - \theta^M) \left( \frac{V_t^{N,M}}{V_t^{D,M}} \right)^{1-\varepsilon} \quad (33)$$

donde el costo marginal real de los importadores está dado por el costo de adquirir los bienes en el exterior  $(S_t P_t^*)$  sobre el precio de las importaciones  $(P_t^M)$ :

$$MC_t^M = \frac{S_t P_t^*}{P_t^M} = LOP_t \quad (34)$$

donde  $LOP_t$  mide las desviaciones de la ley un solo precio<sup>5</sup> y tiene la siguiente ley de movimiento:

$$\frac{LOP_t}{LOP_{t-1}} = DS_t \frac{\Pi_t^{M^*}}{\Pi_t^M} \quad (35)$$

donde  $DS_t$  representa la depreciación nominal.

---

<sup>5</sup> Ver Monacelli (2005) para una formulación similar.

Asimismo,  $MUP_t^M$  representa un choque a los márgenes cambiantes en el tiempo que evoluciona según el siguiente proceso autorregresivo de primer orden:

$$\ln MUP_t^M = \rho_{MUP^M} \ln MUP_{t-1}^M + \varepsilon_t^{MUP^M} \quad (36)$$

### 2.3.Productores de capital

Los productores de capital utilizan como insumo los bienes finales (inversión) para producir bienes de capital, los cuales son vendidos a los empresarios. Estas firmas operan en un mercado de competencia perfecta. El capital producido es vendido a los empresarios al precio  $Q_t$  en términos de unidades de consumo. La tecnología de producción viene dada por:

$$K_t^{nuevo} = F[INV_t, INV_{t-1}]$$

Esta tecnología considera el hecho de que existen costos de ajuste de instalar nuevas inversiones en el capital, los cuales dependen del cambio del nivel de inversión respecto a la del periodo anterior. Por simplicidad se asume la siguiente forma funcional:  $F[INV_t, INV_{t-1}] = \left[1 - \Psi_I \left(\frac{INV_t}{INV_{t-1}}\right)\right] INV_t$ , donde  $\Psi_I(1) = \Psi_I'(1) = 0$ .

La condición de primer orden del problema intertemporal de las firmas productoras de capital sin terminar es:

$$Q_t F_{1,t} + E_t \Lambda_{t+1} Q_{t+1} F_{2,t+1} = 1 \quad (37)$$

donde  $\Lambda_{t+1}$  es el factor estocástico de descuento definido previamente.

Esta condición determina el nivel óptimo de inversión mediante una relación que iguala el valor marginal de la inversión con el precio del capital presente y futuro. Además, como se mencionó anteriormente, para hacer el modelo más tratable se asume que la producción de bienes de capital sin terminar utiliza un compuesto de bienes finales igual al de los bienes de consumo. Es decir, la inversión se supone que es un compuesto de los bienes finales nacionales,  $I_t^H$ , y extranjeros,  $I_t^M$ ,

$$I_t = \left[ (\gamma^H)^{\frac{1}{\varepsilon_H}} (I_t^H)^{\frac{\varepsilon_H - 1}{\varepsilon_H}} + (1 - \gamma^H)^{\frac{1}{\varepsilon_H}} (I_t^M)^{\frac{\varepsilon_H - 1}{\varepsilon_H}} \right]^{\frac{\varepsilon_H}{\varepsilon_H - 1}}$$

donde el parámetro de producción  $H$  mide el peso relativo que los insumos nacionales reciben en el compuesto de inversión. Por lo tanto, el índice de precios de la inversión y del consumidor coinciden. Finalmente, el *stock* de capital evoluciona de acuerdo con lo siguiente:

$$K_t = \phi \left( \frac{I_t}{K_{t-1}} \right) K_{t-1} + (1 - \delta) K_{t-1} \quad (38)$$

### 3. Los empresarios

Los empresarios son agentes que acumulan capital y financian la inversión con su propio patrimonio,  $N_t$ , y con deuda,  $D_t$ , denominada en unidades de moneda doméstica. Estos agentes compran el capital de las firmas productoras de capital y lo alquilan a las firmas productoras de bienes intermedios. El balance del empresario está determinado por:

$$N_t + \frac{D_t}{P_t} = Q_t K_t \quad (39)$$

Para modelar imperfecciones en el mercado de créditos se toma como referencia el estudio de Bernanke *et al.* (1999). En dicho estudio, la prima por riesgo está relacionada inversamente con el patrimonio neto del empresario. Por lo tanto, cuanto menor sea la deuda relativa al patrimonio neto, menor será el valor esperado de la prima. Los empresarios se endeudan domésticamente, pagando una prima por riesgo,  $RP_t$ , sobre el nivel de la tasa nominal libre de riesgo denominada en moneda doméstica. Se asume que la prima por riesgo es una función de la ratio deuda/patrimonio neto:

$$RP_t = \chi_t \left( \frac{D_t}{P_t N_t} \right) \quad (40)$$

donde  $\chi_t(\cdot)$  es una función creciente de la ratio de apalancamiento,  $\frac{D_t}{P_t N_t}$ , con  $\chi_t'(\cdot) > 0$ ;  $\chi_t(0) = 0$ ; y  $\chi_t(\infty) = \infty$ .

La ecuación anterior establece las bases para el acelerador financiero. Vincula los movimientos de la situación financiera del prestatario con el costo marginal de fondeo y, por tanto, a la demanda de capital. Tenga en cuenta, en particular, que las fluctuaciones en el precio del capital,  $Q_t$ , pueden tener efectos significativos en el ratio de apalancamiento,  $\frac{D_t}{P_t N_t} = \frac{D_t}{P_t Q_t K_t - D_t}$ . En equilibrio, el

retorno esperado del capital debe ser igual al costo de endeudamiento para financiar capital para la inversión:

$$E_t[R_{t+1}^K] = (1 + RP_t)E_t\left\{(1 + i_t)\frac{P_t}{P_{t+1}}\right\} \quad (41)$$

y donde  $E_t\left\{(1 + i_t)\frac{P_t}{P_{t+1}}\right\}$  es el coste de fondeo en ausencia de fricciones del mercado de crédito.

Los empresarios compran en cada periodo capital nuevo de las firmas productoras de capital al precio  $Q_t$  y alquilan una proporción  $u_t \leq 1$  del capital físico instalado a los productores de bienes intermedios. En la utilización del capital incurren en un costo  $\Psi_U(u_t)$ , donde  $\Psi_U$  es una función creciente que mide el desgaste acelerado del capital por su uso más intensivo. El retorno de invertir en capital está dado por:

$$R_{t+1}^K = \frac{1}{Q_{t-1}}[u_t R_t^H - \Psi_U(u_t) + (1 - \delta)Q_t] \quad (42)$$

el cual está compuesto por dos factores: el pago recibido de los productores de bienes intermedios neto del costo de utilización,  $u_t R_t^H - \Psi_U(u_t)$ , y las ganancias por aumentos en el precio del capital neto de depreciación,  $(1 - \delta)Q_t$ , todo dividido por precio inicial del capital,  $Q_{t-1}$ . Para maximizar el retorno del capital, la condición de primer orden de la tasa de utilización de capital está dada por:

$$\Psi'_U(u_t) = R_t^H \quad (43)$$

El otro aspecto clave del acelerador financiero es la relación que describe el valor del capital de los empresarios neto del costo de endeudamiento del periodo anterior,  $V_t$ , dado por:

$$V_t = R_t^K Q_{t-1} K_{t-1} - (1 + RP_{t-1}) \left(\frac{1+i_{t-1}}{\Pi_t}\right) \frac{D_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (44)$$

Tomando en consideración el supuesto que una proporción  $v$  de empresas desaparece cada periodo y los empresarios que salen del negocio consumen sus recursos remanentes, la dinámica de la evolución del patrimonio neto está dado por:

$$N_t = (1 - v)V_t \quad (45)$$

y el consumo empresarial satisfice:

$$C_t^{emp} = vV_t \quad (46)$$

#### 4. Sector externo

La canasta de consumo de la economía externa tiene una forma funcional similar a la de la economía doméstica y está dada por:

$$C_t^* = \left[ (\gamma^F)^{\frac{1}{\varepsilon_F}} (C_t^X)^{\frac{\varepsilon_F-1}{\varepsilon_F}} + (1 - \gamma^F)^{\frac{1}{\varepsilon_F}} (C_t^F)^{\frac{\varepsilon_F-1}{\varepsilon_F}} \right]^{\frac{\varepsilon_F}{\varepsilon_F-1}} \quad (47)$$

donde  $\varepsilon_F$  es la elasticidad de sustitución entre bienes producidos en el país doméstico ( $C_t^X$ ) y en la economía externa ( $C_t^F$ ), respectivamente, y  $\gamma^F$  es la fracción de bienes producidos domésticamente que contiene la canasta total de consumo de la economía externa. A su vez,  $C_t^X$  y  $C_t^F$  son índices de un continuo de bienes diferenciados similares a  $C_t^H$  y  $C_t^M$  definidos en la ecuación (3). Así se obtienen las siguientes demandas por consumo para cada tipo de bien:

$$C_t^X(z) = \left(\frac{1}{n}\right) \gamma^F \left(\frac{P_t^X(z)}{P_t^X}\right)^{-\varepsilon} \left(\frac{P_t^X}{P_t^*}\right)^{-\varepsilon_F} C_t^* \quad (48)$$

$$C_t^F(z) = \left(\frac{1}{1-n}\right) (1 - \gamma^F) \left(\frac{P_t^F(z)}{P_t^F}\right)^{-\varepsilon} \left(\frac{P_t^F}{P_t^*}\right)^{-\varepsilon_F} C_t^* \quad (49)$$

donde  $P_t^X$  y  $P_t^F$  corresponden a los índices de precios de las exportaciones y de los bienes producidos en el exterior y  $P_t^*$  es el índice de precios al consumidor de la economía externa, definido por:

$$P_t^* = [\gamma^F (P_t^X)^{1-\varepsilon_F} + (1 - \gamma^F) (P_t^F)^{1-\varepsilon_F}]^{\frac{1}{1-\varepsilon_F}} \quad (50)$$

#### 5. Sector gobierno

El banco central implementa su política monetaria fijando su tasa de interés nominal,  $i_t$ , siguiendo una regla de tasa de interés tipo Taylor. La regla depende de la inflación al consumidor,  $\Pi_t$ , y la tasa de crecimiento del producto,  $\frac{Y_t}{Y_{t-1}}$ .

La forma genérica de la regla de Taylor adopta la siguiente forma:

$$\frac{(1+i_t)}{(1+\bar{i}_t)} = \left(\frac{1+i_{t-1}}{1+\bar{i}_t}\right)^{\varphi_i} \left[\left(\frac{\Pi_t}{\bar{\Pi}_t}\right)^{\varphi_\pi} \left(\frac{Y_t}{Y_{t-1}}\right)^{\varphi_y}\right]^{1-\varphi_i} \quad (51)$$

donde,  $\varphi_i, \varphi_y > 0$  y,  $\varphi_\pi > 1$ . Asimismo,  $\bar{i}_t$  y  $\bar{\Pi}_t$  son los niveles de estado estacionario de la tasa de interés nominal y la inflación. Se asume que existe suavizamiento de tasa de interés,  $i_{t-1}$ ; cuya sensibilidad está dada por el parámetro  $\varphi_i$ . La restricción presupuestaria del gobierno está dada por:

$$0 = T_t + P_t G_t \quad (52)$$

donde,  $T_t$  son transferencias del gobierno y  $G_t$  es el gasto de gobierno en términos reales. La ecuación anterior implica que el déficit del gobierno se encuentra balanceado en cada periodo. Por simplicidad, se asume que el gasto del gobierno está compuesto por una canasta de bienes domésticos e importados similares a las del consumo de los individuos, razón por la cual comparte el mismo índice de precios que el consumo. Finalmente, se considera que el gasto público se comporta según el siguiente proceso:

$$\ln G_t = \rho_G \ln G_{t-1} + \varepsilon_t^G \quad (53)$$

## 6. Economía pequeña y abierta

Tal y como lo hace Sutherland (2002), se asume que el parámetro que determina las preferencias domésticas por bienes importados,  $(1 - \gamma^H)$ , depende tanto del tamaño relativo de la economía externa,  $(1 - n)$ , así como del grado de apertura,  $(1 - \gamma)$ :  $(1 - \gamma^H) = (1 - n)(1 - \gamma)$ . De la misma manera, para la economía externa se asume que las preferencias de los consumidores externos por bienes domésticos dependen del tamaño relativo de la economía doméstica y del grado de apertura de la economía mundial,  $(1 - \gamma^*)$ , esto es  $\gamma^F = n(1 - \gamma^*)$ .

Esta parametrización implica que cuando la economía se vuelve más abierta, la fracción de bienes importados en la canasta de consumo aumenta. Por otro lado, cuando la economía se hace más grande, esta fracción cae. La parametrización definida previamente permite obtener la economía pequeña y abierta como un caso límite de un modelo de dos países. Esto se logra haciendo que el tamaño de la economía tienda a cero,  $n \rightarrow 0$ .

En este caso, se tiene que  $\gamma^H \rightarrow \gamma$  y  $\gamma^F \rightarrow 0$ . Por lo tanto:

$$C_t^H = \gamma \left( \frac{P_t^H}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} C_t \quad (54)$$

$$C_t^M = (1 - \gamma) \left( \frac{P_t^M}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} C_t \quad (55)$$

$$C_t^X = (1 - \gamma^*) \left( \frac{P_t^X}{P_t^*} \right)^{-\varepsilon_F} C_t^* \quad (56)$$

Asimismo, en el límite, los índices de precios al consumidor doméstico y externo tienen la siguiente forma funcional:

$$P_t = [(\gamma)(P_t^H)^{1-\varepsilon_H} + (1 - \gamma)(P_t^M)^{1-\varepsilon_H}]^{\frac{1}{1-\varepsilon_H}} \quad (57)$$

$$P_t^* = P_t^F \quad (58)$$

## 7. Demandas por producción doméstica y externa

Por simplicidad se asume que las canastas de inversión y de gasto público, tanto domésticas como externas, adoptan la misma forma funcional que la del consumo de los individuos. Dado lo anterior, la agregación de los tres componentes del gasto facilita obtener la demanda por bienes de producción doméstica, importada y por bienes de exportación:

$$Y_t^H = \gamma \left( \frac{P_t^H}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} ABS_t \quad (59)$$

$$Y_t^M = (1 - \gamma) \left( \frac{P_t^M}{P_t} \right)^{-\varepsilon_H} ABS_t \quad (60)$$

$$Y_t^X = (1 - \gamma^*) \left( \frac{P_t^X}{P_t^*} \right)^{-\varepsilon_F} Y_t^* \quad (61)$$

donde  $ABS_t$  corresponde a la absorción interna, definida como la suma de las demandas de bienes de consumo, inversión y gasto público domésticas y  $Y_t^*$  al producto externo.

Asimismo, la demanda de cada bien  $z$  de producción doméstica, externa o para exportación es:

$$Y_t^H(z) = \left( \frac{P_t^H(z)}{P_t^H} \right)^{-\varepsilon} Y_t^H \quad (62)$$

$$Y_t^M(z) = \left( \frac{P_t^M(z)}{P_t^M} \right)^{-\varepsilon} Y_t^M \quad (63)$$

$$Y_t^X(z) = \left( \frac{P_t^X(z)}{P_t^X} \right)^{-\varepsilon} Y_t^X \quad (64)$$

Dado el supuesto de economía pequeña, las variables de la economía externa que afectan la dinámica de la economía doméstica son el producto externo,  $Y_t^*$ , la tasa de interés externa,  $i_t^*$ , y la inflación externa,  $\Pi_t^*$ .

## 8. Condiciones de equilibrio de mercado

La demanda interna o absorción se determina por la suma total del consumo, inversión y gasto público:

$$ABS_t = C_t + INV_t + G_t \quad (65)$$

donde el consumo total viene dado por la suma del consumo de los individuos y los empresarios:

$$C_t = C_t^{ind} + C_t^{emp} \quad (66)$$

De forma similar, la demanda total por producción doméstica y externa (importaciones) está dada por la suma total de sus respectivos componentes:

$$Y_t^H = C_t^H + INV_t^H + G_t^H \quad (67)$$

$$Y_t^M = C_t^M + INV_t^M + G_t^M \quad (68)$$

La suma total de la producción doméstica está dada por:

$$P_t^{def} Y_t = P_t^H Y_t^H + S_t P_t^X Y_t^X \quad (69)$$

luego de utilizar las ecuaciones (59) y (60) y la definición del índice de precios (57), la ecuación (69) puede ser descompuesta de la siguiente forma:

$$P_t^{def} Y_t = P_t ABS_t + S_t P_t^X Y_t^X - P_t^M Y_t^M \quad (70)$$

Para poder identificar el producto bruto interno de la economía,  $Y_t$ , es necesario definir el deflactor del PBI,  $P_t^{def}$ , el cual es una suma ponderada de los índices de precio al consumidor, de exportaciones e de importaciones y el tipo de cambio:

$$P_t^{def} = \varnothing_{ABS} P_t + \varnothing_X S_t P_t^X - \varnothing_M P_t^M \quad (71)$$

donde  $\varnothing_{ABS}$ ;  $\varnothing_X$  y  $\varnothing_M$  corresponden a los valores en estado estacionario de la ratio de la absorción, exportaciones e importaciones sobre el PBI. La demanda por bienes intermedios se obtiene de agregar aquella que se utiliza para la producción doméstica y para la exportación:

$$Y_t^{int}(z) = Y_t^H(z) + Y_t^X(z) = \left(\frac{P_t^H(z)}{P_t^H}\right)^{-\varepsilon} Y_t^H + \left(\frac{P_t^X(z)}{P_t^X}\right)^{-\varepsilon} Y_t^X \quad (72)$$

Agregando (72) se obtiene:

$$Y_t^{int} = \frac{1}{n} \int_0^n Y_t^{int}(z) dz = \Delta_t^H Y_t^H + \Delta_t^X Y_t^X \quad (73)$$

donde  $\Delta_t^H = \frac{1}{n} \int_0^n \left(\frac{P_t^H(z)}{P_t^H}\right)^{-\varepsilon} dz$ , y;  $\Delta_t^X = \frac{1}{n} \int_0^n \left(\frac{P_t^X(z)}{P_t^X}\right)^{-\varepsilon} dz$  son medidas de dispersión relativa de precios. Similarmente, las demandas agregadas por servicios de capital y trabajo son:

$$L_t = (1 - \alpha) \left(\frac{MC_t}{W_t}\right) (\Delta_t^H Y_t^H + \Delta_t^X Y_t^X) \quad (74)$$

$$K_{t-1} = \alpha \frac{MC_t}{R_t^H} (\Delta_t^H Y_t^H + \Delta_t^X Y_t^X) \quad (75)$$

Asimismo, el *stock* de capital es igual a la producción de capital sin terminar que los empresarios compran de las firmas más el *stock* de capital del periodo anterior neto de depreciación:

$$K_t = \Phi \left(\frac{I_t}{K_{t-1}}\right) K_{t-1} + (1 - \delta) K_{t-1} \quad (76)$$

Luego de agregar la restricción presupuestaria de los individuos, reemplazar la restricción presupuestaria del gobierno, los beneficios de las firmas, la ecuación del balance de las empresas y la ecuación de la dinámica del patrimonio neto, e incluir la condición de equilibrio del mercado financiero que iguala la deuda doméstica de las empresas ( $D_t$ ) con los bonos domésticos en manos de los individuos, se obtiene la restricción agregada de recursos de la economía:

$$\frac{S_t}{P_t} B_t^* - \frac{S_{t-1}}{P_{t-1}} B_{t-1}^* = \frac{P_t^{def}}{P_t} Y_t - ABS_t + \left( \frac{(1+i_{t-1}^*) \frac{S_t}{S_{t-1}}}{\Pi_t} \Psi_B \left( B_{t-1}^* \frac{S_{t-1}}{P_{t-1}} \right) - 1 \right) \frac{S_{t-1}}{P_{t-1}} B_{t-1}^* + REST_t \quad (77)$$

Ecuación que constituye la balanza de pagos de la economía.

### Capítulo III. Validación empírica y resultados

#### 1. Validación empírica

Antes de evaluar las implicancias de las fricciones de crédito y su efecto sobre la TNI, es necesario validar empíricamente el modelo. Una alternativa es calibrar el modelo de tal forma que los momentos, condicionados o no condicionados, se acerquen a lo que se observa en la data. En ese sentido, se comparan las varianzas, correlaciones y autocorrelaciones de un conjunto de variables que caracterizan la economía peruana con aquellas que predice el modelo.

**Tabla 1. Validación empírica**

Parámetro	Valor	Descripción
$\beta$	0,9975	Factor de descuento
$\alpha$	0,255	Participación del capital en el producto
$\sigma$	3	Coefficiente de aversión al riesgo
$\varepsilon$	6	Elasticidad de sustitución entre bienes diferenciados
$\delta$	0,025	Tasa de depreciación del capital
$\theta_B$	-1,6	Posición de activos netos sobre PBI
$\theta_G$	0,12	Relación gasto público sobre PBI
$\theta^H$	0,75	Grado de rigidez de precios de los bienes domésticos
$\varphi_\pi$	1,5	Coefficiente de la regla de Taylor: Inflación
$\varphi_y$	0,1	Coefficiente de la regla de Taylor: Producto
$\varphi_i$	0,7	Coefficiente de la regla de Taylor: Suavizamiento
$h$	0,75	Coefficiente de formación de hábitos
$\eta_k$	3,2	Elasticidad de los costos de ajuste
$\psi_U$	3,5	Inversa de elasticidad del costo marginal de usar capital
$\psi_x$	0,1	Elasticidad de la prima por riesgo
$\theta_{KN}$	2	Ratio entre capital y la riqueza neta
$\theta^X$	0,1	Grado de rigidez de precios de los exportadores
$\theta^M$	0,95	Grado de rigidez de precios de los bienes importados
$\varepsilon_H$	0,75	Elasticidad de sustitución entre bienes transables
$\gamma$	0,6	Participación de bienes domésticos en el IPC
$\psi_b$	0,001	Elasticidad de la prima por riesgo externa
$\eta$	2	Inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo
$\lambda_{wp}$	0,99	Grado de rigidez del salario real
$\theta_C$	0,7	Ratio de consumo sobre PBI

Fuente: Elaboración: propia.

Como se puede observar, el factor de descuento es fijado en 0,9975, lo cual implica una tasa de interés real de 2 % en el estado estacionario. Siguiendo estudios previos para economías cerradas y abiertas y los resultados en Castillo *et al.* (2006) se asume un coeficiente para la formación de hábitos,  $h$ ; igual a 0,75. Se fija la inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo,  $\eta$ , igual a 2, valor que está dentro del rango de parámetros utilizados en la literatura. El parámetro  $\gamma$  es fijado en 0,6, lo cual implica una participación de bienes importados en el índice de precios al

consumidor,  $1 - \gamma$ , de 40 %. Para la elasticidad de sustitución entre bienes transables,  $\varepsilon_H$ , se asume un valor relativamente bajo, 0,75.

La participación del factor capital en la producción,  $\alpha$ , es igual a 0,255 de forma tal que se obtenga una ratio de inversión sobre PBI en estado estacionario igual a 20 por ciento. A su vez, se fija el grado de depreciación  $\delta = 0,025$ , lo cual implica una depreciación anual de 10 %. El costo de ajuste de la inversión,  $\eta_k = 3,2$ , es parámetro libre el mismo que se ajusta de tal forma que la volatilidad relativa de la inversión respecto al producto se sitúe alrededor de 3,5, valor consistente con lo estimado por Castillo *et al.* (2008).

La elasticidad de sustitución entre bienes diferenciados,  $\varepsilon$ , se fija en 6; siendo consistente con un margen de 15 % sobre los costos marginales en todos los sectores. La elasticidad de la prima por riesgo por concepto de deuda,  $\psi_b$  es fijada en 0,001. Se asume un valor pequeño para este parámetro para no distorsionar las propiedades de los ciclos que genera el modelo.

Para el grado de rigidez real,  $\lambda_{wp}$ , se considera un valor de 0,99. El valor de este parámetro implica fricciones importantes en el mercado laboral tales que los salarios reales varían poco. Esta característica es consistente con lo que se observa en la economía peruana.

Para los bienes producidos domésticamente se asume un grado de rigidez,  $\theta^H$ , de 0,75. Este grado de rigidez implica que las firmas mantienen sus precios fijos en promedio 4 trimestres. Se asume que los bienes importados son mucho más rígidos,  $\theta^M = 0,95$ . Lo anterior es consistente con el pequeño grado de traspaso que se observa en los bienes importados en la economía peruana (20 %). Por el lado de los exportadores, se asume bastante flexibilidad en los precios, es decir, no pueden discriminar en gran medida en los mercados externos. Los valores calibrados son  $\theta^X = 0,1$  para la rigidez.

Para los coeficientes de la regla de tasa de interés:  $\varphi_\pi$  toma un valor de 1,5,  $\varphi_y$  un valor de 0,1 y  $\varphi_i$  un valor de 0,7. Finalmente, para la elasticidad de la prima por riesgo relativa al patrimonio de las firmas,  $\psi_\chi$ , se asume un valor base de 0,1 consistente con los valores reportados en estudios previos para economías desarrolladas y en vías de desarrollo. Este valor implica una prima por riesgo en estado estacionario de 3 %.

Los estadísticos reportados por el modelo son:

**Tabla 2. Estadísticos reportados por el modelo**

Rubros (I)	Datos Perú	Modelo Estimado	Rubros (II)	Datos Perú	Modelo Estimado
<b>Desviación estándar</b>			<b>Correlación con el PIB</b>		
PIB	1,81	2,74	Empleo	0,56	0,90
<b>Relativa al PIB</b>			Exportaciones	0,18	0,91
Consumo	0,84	0,26	Importaciones	0,51	0,68
Inversión	3,35	3,13	Inflación	0,22	0,67
Empleo	1,03	1,07	<b>Autocorrelación</b>		
Exportaciones	2,06	1,85	PIB	0,42	0,88
Importaciones	2,90	0,77	Consumo	0,37	0,87
Tipo de cambio real	1,73	2,49	Inversión	0,34	0,90
Inflación	0,44	0,10	Empleo	0,23	0,86
Tasa de interés nominal	0,60	0,57	Exportaciones	0,55	0,89
<b>Correlación con el PIB</b>			Importaciones	0,37	0,86
Consumo	0,57	0,51	Tasa de interés nominal	0,31	0,54
Inversión	0,69	0,70	Inflación	0,65	0,69

Fuente: Elaboración: propia.

En general se encuentra que el modelo base reproduce momentos no condicionados cercanos a lo que se observa en los datos. El modelo tiene un buen ajuste en varias dimensiones. En primer lugar, la volatilidad absoluta del PBI en el modelo es 2,74 %, en tanto que en la data es de 1,81 %. El modelo hace un excelente trabajo en acercarse a las volatilidades relativas respecto al producto para el caso de las variables reales. Así se obtienen volatilidades relativas respecto al producto para la inversión, el empleo y exportaciones de 3,13, 1,07 y 1,86, en tanto que en la data se registran valores de 3,35, 1,03 y 2,06. Asimismo, el modelo es capaz de acercarse a la volatilidad relativa de la tasa de interés nominal (0,57 en el modelo versus 0,60 en la data) y con menos éxito la volatilidad de la inflación.

El modelo también presenta algunas debilidades. Por ejemplo, el modelo produce importaciones bastante menos volátiles que los valores reportados en los datos (0,77 en el modelo versus 2,90 en los datos). Este resultado podría estar explicado por el alto grado de fricción nominal en el sector importador, el cual es necesario para inducir un bajo grado de traspaso del tipo de cambio a los bienes importados. Finalmente, el modelo genera un tipo de cambio real multilateral más volátil que en los datos (2,49 en el modelo versus 1,73 en los datos). Esta discrepancia se podría solucionar incluyendo en el modelo bienes no transables. En los modelos con dos sectores (transable y no transable), el precio relativo entre los sectores es fundamental para explicar la volatilidad del tipo de cambio real.

## **2. Resultados**

### **2.1. Rol de las fricciones de crédito**

Se analiza el rol de las fricciones de crédito en los mecanismos de transmisión de la economía. Para evaluar el impacto de las fricciones de crédito, en esta subsección se analiza cómo cambian las respuestas de, entre otras variables, la inflación, el producto, el tipo de cambio real y la tasa de interés ante choques de política monetaria doméstica y externa considerando el caso contrafactual de una economía sin fricciones de crédito. Este ejercicio se muestra en las figuras 1 y 2 del Anexo.

En estos gráficos, la línea discontinua representa la reacción de cada variable cuando no existen fricciones de crédito, mientras que la línea sólida la reacción cuando se considera que sí existe este tipo de fricciones.

#### **2.1.1. Choque de política monetaria**

Las respuestas son consistentes con los mecanismos de transmisión contenidos en el modelo. Así, un incremento en la tasa de interés del banco central, debido a que los precios se ajustan lentamente, genera un incremento en la tasa de interés real y una apreciación real del sol. A su vez, la mayor tasa de interés real crea una contracción en el consumo y en la inversión, las cuales tal como se observa en la Anexo 1, alcanzan su nivel máximo 3 trimestres después del choque. Consistente con la existencia del acelerador financiero, la inversión sufre una contracción mayor que el consumo. En la misma línea, la inversión se ve más afectada en el escenario donde las fricciones de crédito están presentes.

Asimismo, la apreciación cambiaria genera una reducción en las exportaciones debido al incremento en su precio relativo que las hace más caras que los productos producidos fuera del país. Esta apreciación cambiaria, sin embargo, no genera mayores niveles de importaciones porque el efecto en precios relativos es contrarrestado por la contracción del consumo y la inversión total. El impacto neto del choque contractivo de política monetaria genera un deterioro de la balanza en cuenta corriente que induce a una caída de la posición neta de activos.

La respuesta conjunta del consumo, la inversión, y las exportaciones netas determinan la respuesta del PBI. Tal como se muestra en la Anexo 1, el PBI responde de manera gradual al choque de

política monetaria, alcanzando su nivel mínimo luego de 4 trimestres y luego revirtiendo a su senda de crecimiento de largo plazo. No obstante, registra una contracción mayor con fricciones de crédito. Consistente con la evolución del PBI, la inflación doméstica se reduce en 0,29 puntos porcentuales y luego converge gradualmente a la meta de inflación.

Es interesante observar que en presencia del acelerador financiero los choques de política monetaria se amplifican y hacen más persistentes dado que se genera una correlación positiva entre la prima por riesgo y la tasa de interés que fija el banco central. Esta relación existe porque el valor del capital, que representa el activo de los empresarios, depende negativamente de la tasa de interés. Así, cuando la tasa de interés aumenta, el precio del capital disminuye, y con ello, el valor del activo de los empresarios. Este menor nivel de activos eleva el apalancamiento de las empresas generando una mayor prima por riesgo, el mismo que incrementa el impacto del choque de política monetaria. La relación entre la prima por riesgo y el apalancamiento de las empresas no es solo estática sino fundamentalmente dinámica, dado que cambios en la prima por riesgo afectan el patrimonio neto de las empresas a futuro al incrementar el costo de los pasivos de los empresarios. De esta manera, el impacto de la tasa de interés sobre la prima por riesgo afecta a esta última variable por más de un periodo.

### **2.1.2. Choque de tasa de interés internacional**

Para este ejercicio se considera un aumento de la tasa de interés internacional. Este choque genera una fuerte depreciación de la moneda doméstica que se transmite hacia la inflación importada aumentando la inflación total. A su vez, una mayor inflación total induce al banco central a aumentar la tasa de interés generando condiciones monetarias más restrictivas que ocasionan una caída del consumo, la inversión y las importaciones, tal como se muestra en la Anexo 2. Las exportaciones, por el contrario, aumentan fuertemente en respuesta al incremento del tipo de cambio real.

También, la reducción de la demanda doméstica y el aumento de las exportaciones hacen que la tasa de crecimiento del PBI se incremente en el corto plazo respecto a su tendencia de largo plazo. Asimismo, la dinámica de las exportaciones e importaciones en respuesta a este choque generan un superávit en cuenta corriente que induce a una menor acumulación de deuda externa, es decir, una mayor posición de activos internacionales netos.

No obstante, en el caso de un choque a la tasa de interés externa, los resultados en la Anexo 2 muestran que con fricciones de crédito la respuesta del nivel de actividad económica a un incremento en la tasa de interés internacional es superior respecto a su respuesta en el caso de no existir fricciones de crédito.

## **2.2.Respuesta dinámica de la tasa natural**

Esta sección analiza cómo se altera la dinámica de la TNI en presencia de imperfecciones en el mercado de crédito. Siguiendo la línea de Woodford (2003), la TNI será definida como la tasa de rentabilidad real de equilibrio cuando los precios son totalmente flexibles. Por tanto, para determinar la TNI a partir del modelo base se procede a “apagar” la presencia de rigideces al ajuste de los precios, esto es, hacer los parámetros  $\theta^H = \theta^M = \theta^X = 0,001$ .

Se precisa que, si bien para determinar la TNI se anula el efecto de las rigideces en la fijación de precios, en la replicación de los hechos estilizados en la sección previa ha sido fundamental la inclusión de estas rigideces. En ese sentido, es evidente la importancia de las fricciones nominales para calibrar el modelo correctamente y caracterizar la dinámica de los datos. En general, las fricciones nominales agregan persistencia endógena a la dinámica.

Para evaluar el impacto de las fricciones de crédito sobre la TNI, en esta subsección se analiza cómo cambian la respuesta dinámica de la TNI ante una diversidad de choques incorporados en el modelo. Al igual que en la subsección previa, se muestra el escenario en presencia y ausencia de fricciones de crédito. Este ejercicio se muestra en las figuras 3 del Anexo.

Tal como se puede observar, los sentidos de respuesta de la TNI son congruentes con el modelo y todos los choques evaluados aumentan las TNI a excepción del choque de productividad. Finalmente, se destaca que la respuesta dinámica no se altera y la TNI conserva sus propiedades deseables también en la presencia de fricciones de crédito. Este conjunto de resultados sugiere que la tasa natural de interés es un indicador útil de política también en los modelos con fricciones de crédito y si se utiliza en una regla de tasa natural, continúa asegurando que la estabilidad de precios se mantiene en todo momento.

## Conclusiones

- Esta investigación analiza el rol de las fricciones de crédito y las propiedades de la tasa natural de interés en una economía donde las empresas cuando se endeudan pagan una tasa de interés superior a la que fija el banco central.
- De acuerdo al modelo calibrado, en presencia del acelerador financiero los choques de política monetaria se amplifican y hacen más persistentes dado que se genera una correlación positiva entre la prima por riesgo y la tasa de interés que fija el banco central.
- En el caso de un choque a la tasa de interés externa, los resultados muestran que con fricciones de crédito la respuesta del nivel de actividad económica a un incremento en la tasa de interés internacional es superior respecto a su respuesta en el caso de no existir fricciones de crédito.
- Finalmente, se demuestra que: (i) en presencia de fricciones de crédito los choques en la economía se amplifican y se hacen más persistentes; sin embargo, (ii) la tasa natural de interés es independiente del grado de fricción financiera de la economía, y si se utiliza en una regla de tasa natural, continúa asegurando que la estabilidad de precios se mantiene.

## **Bibliografía**

Banco Central Europeo (2004). *Boletín mensual*, mayo.

Basdevant, O., N. Björkesten y O. Karagedikli (2004). *Estimating a time-varying neutral real interest rate for New Zealand*, Reserve Bank of New Zealand DP2004/01.

Bernanke, B., M. Gertler y S. Gilchrist (1999). *The financial accelerator in a quantitative business cycle framework*, Handbook of Macroeconomics, in: J. B. Taylor & M. Woodford (ed.), Handbook of Macroeconomics. Edición 1, volumen 1, capítulo 21, pp. 1341-1393.

Calvo, G. (1983). *Staggered prices in a utility maximizing framework*. Journal of Monetary Economics, vol. 12, pp. 383-398.

Castillo, P., C. Montoro y V. Tuesta (2006). *Estimación de la tasa natural de interés para la economía peruana*, Monetaria. Volumen 29, #3.

Castillo, P., C. Montoro y V. Tuesta (2008). *MEGA-D: Modelo de equilibrio general agregado con dolarización para la economía peruana*. BCRP.

Crespo-Cuaresma, J., E. Gnan y D. Ritzberger-Grunewald (2004). *Searching for the natural rate of interest: a euro-area perspective*, Empirica 31(2-3), 185-204.

Devereux, M., P. Lane y J. Xu (2006). *Exchange rates and monetary policy in emerging market economies*, Economic Journal, vol. 116 (511), pp. 478-506.

Galí, J. (2003). *New perspectives on monetary policy, inflation, and the business cycle*. En Advances in Economic Theory, editado por M. Dewatripont, L. Hansen y S. Turnovsky, vol. III. Cambridge, MA, EE.UU.: Cambridge University Press.

Garnier, J. y B.R. Wilhelmsen (2005). *The Natural Real Interest Rate and the Output Gap in the Euro Area: A Joint Estimation*, WP 546, European Central Bank.

Gertler, M., S. Gilchrist y F. Natalucci (2007). *External constraints on monetary policy and the financial accelerator*, Journal of Money, Credit and Banking, Blackwell Publishing. Vol. 39(2-3), pp. 295-330.

Giammarioli, N. y N. Valla (2003). *The natural real rate of interest in the Euro Area*, Working Paper 233, European Central Bank.

Humala, A. y Rodríguez, G. (2009). *Estimation of a time varying natural interest rate for Perú*. BCRP.

Larsen, J. D. J. y J. McKeown (2004). *The information content of empirical measures of real interest rates and output gaps for the United Kingdom*, WP 224, Bank of England.

Orphanides, A. y J. C. Williams (2002). *Robust monetary policy rules with unknown natural rates*, Brookings Papers on Economic Activity 2, 63-145.

Pereda, J. (2009). *Estimación de la tasa natural de interés para el Perú: un enfoque financiero*. BCRP.

Smets, F. y R. Wouters (2003). *An estimated stochastic dynamic general equilibrium model of the euro area*, Journal of the European Economic Association 1(5), 1123-1175.

Wicksell, K (1898). *Interest and prices*. English translation by R.F. Kahn, London: Macmillan, for the Royal Economic Society, 1936. Reprinted New York: Augustus M. Kelley, 1978.

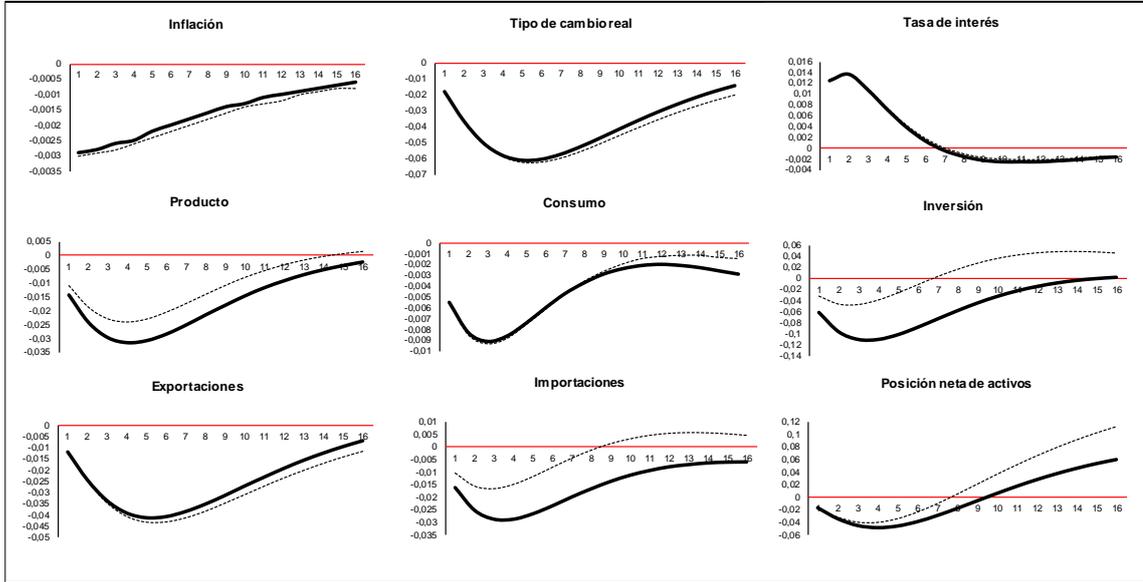
Woodford, M. (2003). *Interest and prices*, Princeton: Princeton University Press.

## **Anexos**

## Anexo 1. Impulsos respuesta a un choque de política monetaria

Línea sólida: Modelo con fricciones financieras

Línea discontinua: Modelo sin fricciones financieras

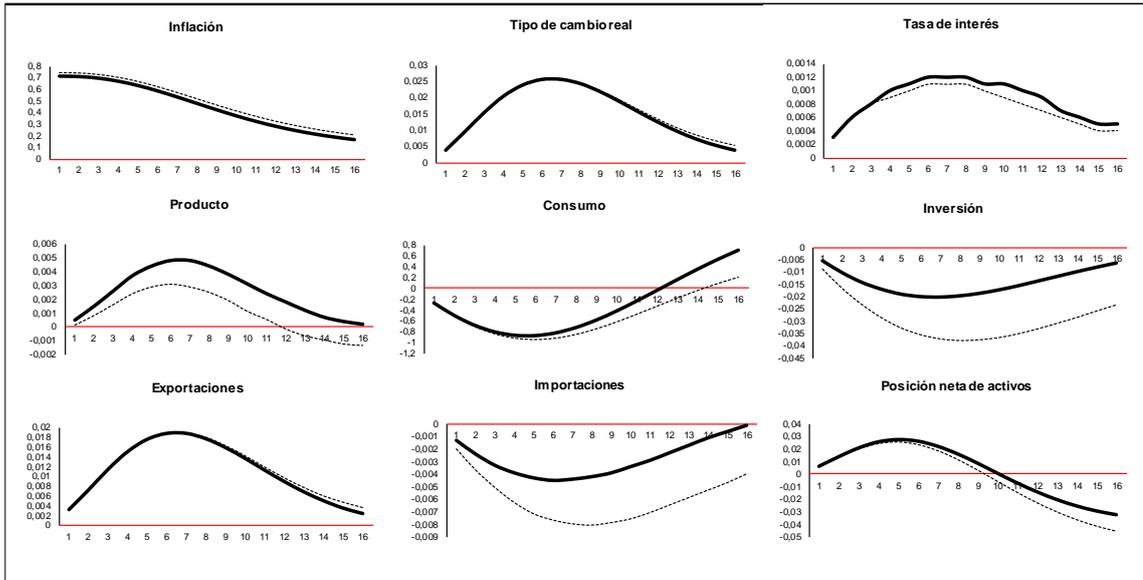


Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2. Impulsos respuesta a un choque de tasa de interés internacional

Línea sólida: Modelo con fricciones financieras

Línea discontinua: Modelo sin fricciones financieras

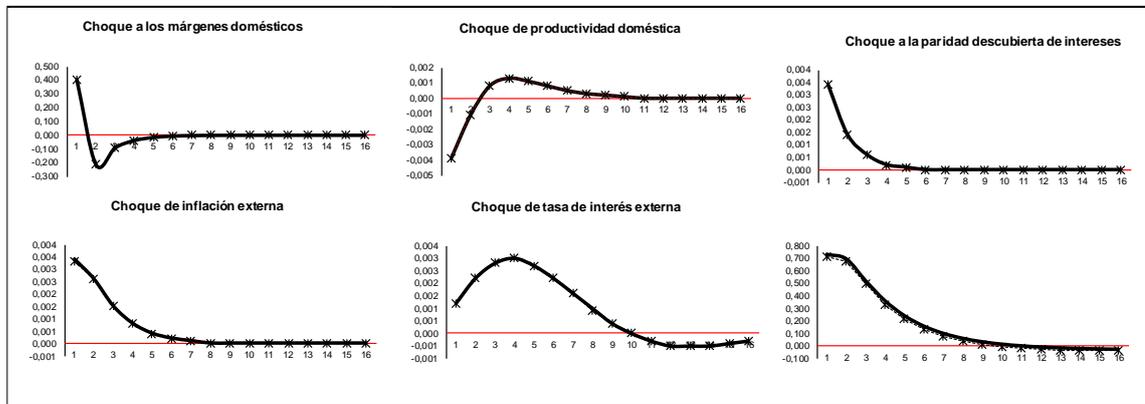


Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3. Impulsos respuesta de la TNI a choques de la economía

Línea sólida: Modelo con fricciones financieras

Línea discontinua: Modelo sin fricciones financieras



Fuente: Elaboración propia.