

Dynare Working Papers Series

<https://www.dynare.org/wp/>

Estimación Bayesiana de un Modelo de Economía Abierta con Sector Bancario

Aldo Rodríguez

Working Paper no. 52

February 2020

CEPREMAP

CENTRE POUR LA RECHERCHE ECONOMIQUE ET SES APPLICATIONS

48, boulevard Jourdan — 75014 Paris — France

<https://www.cepremap.fr>

Estimación Bayesiana de un Modelo de Economía Abierta con Sector Bancario

Aldo Rodríguez[†]

[†]UNCP

Resumen

Presentamos un modelo de una economía abierta, con bancos en competencia monopolística, dos tipos de créditos propensos a riesgo de crédito, empresariales e hipotecarios, requerimientos de capital como Basilea. Utilizamos métodos Bayesianos y datos de la economía peruana en la estimación. Encontramos que para las principales variables macro, las funciones impulso respuesta a un shock monetario y fiscal son similares a la literatura. Asimismo encontramos que la adopción de métodos IRB tanto básico como avanzado no afectarían las volatilidades de las principales variables macrofinancieras.

Palabras clave: Modelos DSGE, Fricciones financieras, Estimación Bayesiana, Banca, Regulación financiera.

Clasificación JEL: E0, F0, G0, C11.

Estimación Bayesiana de un Modelo de Economía Abierta con Sector Bancario

1 Introducción

En junio de 2004, el Comité de Basilea emitió un Marco sobre Convergencia de Medición de Capital y Estándares de Capital (en adelante Basilea II), BCBS (2004). Incluyendo los nuevos desarrollos en la medición y gestión de riesgos para aquellos bancos que adopten el enfoque “basado en calificaciones internas” (IRB). En este enfoque, las empresas financieras podrán utilizar sus propias medidas internas para los factores clave del riesgo de crédito como insumos primarios para el cálculo del capital, sujeto al cumplimiento de ciertas condiciones y a la aprobación explícita del supervisor. Se permitirá que las empresas financieras que utilicen el método IRB básico determinen las probabilidades de impago de los prestatarios (PD), mientras que aquellos que utilizan el método IRB avanzado también podrán basarse en estimaciones propias de pérdida dado el incumplimiento (LGD). Estas medidas se convierten en ponderadores de riesgo para fines de cálculos de requerimientos de capital por medio de fórmulas especificadas por el Comité de Basilea. Recientemente en Basilea III, BCBS (2017), se conservan las fórmulas principales en la aproximación de la medición de riesgo de crédito, basada por métodos internos .

Se han realizado esfuerzos para evaluar el impacto del método IRB básico en modelos dinámicos estocásticos de equilibrio general (DSGE), en Darracq-Pariès, Kok, Rodríguez-Palenzuela (2011) por ejemplo se ha encontrado un aumento en la volatilidad del crecimiento del producto y de la inflación en cinco y cuatro por ciento respectivamente. Sin embargo, el modelo corresponde a una economía cerrada.

Actualmente, los Modelos DSGE son utilizados por instituciones hacedoras de política incluyendo la Reserva Federal, el Banco Central Europeo y el Fondo Monetario Internacional, y “continuarán siendo fundamentales para la forma en que los macroeconomistas piensan sobre los fenómenos agregados y las políticas”, Christiano, Eichenbaum y Trabandt (2018).

En Latinoamérica los bancos centrales de Perú, Brasil, Colombia y Chile también han desarrollado sus propios modelos DSGE (Castillo, Montoro y Tuesta (2009), De Castro et al. (2011), González et al. (2011), Medina y Soto (2006), respectivamente). Estos modelos comparten una estructura proveniente de Christiano, Eichenbaum y Evans (2005) y Smets y Wouters (2003, 2007).

Sergi (2017) argumenta que la difusión de los modelos DSGE no fue significativamente interrumpida por la crisis del 2008. Presenta una relación de treinta y nueve modelos desarrollados por instituciones hacedoras de política, antes y después del 2008, veinte y dos son posteriores al 2008, incluyendo algunas de Asia (por ejemplo, India, Japón y Tailandia). Otra relación de diecinueve modelos DSGE que incluyen fricciones financieras utilizados por organismos internacionales y bancos centrales es presentada en Binder, Lieberknecht, Quintana y Wieland (2017).

Recientemente se han realizado mayores esfuerzos por incluir factores financieros en modelos DSGE. Uno de los trabajos que destacan en esta línea es RAMSES II del Banco de Suecia desarrollado por Christiano, Trabandt y Walentin (2011), CTW. Allí incluyen un mercado crediticio siguiendo el trabajo de Bernanke, Gertler y Gilchrist (1999), BGG. Otro reciente trabajo, es el de Coenen, Karadi, Schmidt y Warne (2018) que extiende el modelo de la Zona Euro utilizado por el Banco Central Europeo (NAWM) incluyendo intermediarios financieros. Estos esfuerzos han sido motivados en parte por la última recesión global, donde se manifestó la importancia del comportamiento de los mercados financieros en el desarrollo de la recesión. Así, por ejemplo, Galí (2009) y Christiano (en Vega (2013))

plantearon como reto asociado a la crisis financiera incluir un tratamiento más detallado del sector financiero en modelamiento macroeconómico. Recientemente, Lindé (2018) argumenta que “los modelos DSGE mejorados - modificados para tomar en cuenta las lecciones de la crisis reciente - seguirán siendo una herramienta de caballo de batalla en muchas instituciones de políticas por un largo tiempo”.

Algunos rasgos atractivos de modelos DSGE incluyen la flexibilidad para hacer ejercicios de evaluación de políticas económicas, en términos de respuesta de variables de interés ante shocks de política monetaria, fiscales u otros, o en términos de bienestar o de volatilidad bajo aplicación de diferentes reglas de política. Asimismo, estos modelos permiten identificar la contribución de shocks en la evolución de variables de interés. Adicionalmente, con los modelos DSGE es factible trazar trayectorias futuras consistentes entre variables y sus efectos de retroalimentación, Brázdik, Hlaváček y Marál (2011).

Del Negro, Hasegawa y Schorfheide (2016), puntualizan que “Del Negro y Schorfheide (2013) mostraron que el modelo de Smets y Wouters (2007) extendido con fricciones financieras a la Bernanke et al. (1999) habría hecho un trabajo mucho mejor (respecto a la versión sin fricciones financieras) al pronosticar la dinámica del crecimiento del PIB real y la inflación tras el colapso de Lehman Brothers”, Figura 1 del documento citado.

Estos rasgos los hacen también particularmente de interés en la evaluación de impacto de esquemas de regulación bancaria como el uso de métodos basados en calificaciones internas (internal rating based, IRB) por parte de los bancos comerciales para satisfacer requerimientos de capital sensibles a riesgos de crédito, medidas de políticas macroprudenciales, o para ejercicios de pruebas de estrés.

En los reglamentos y fórmulas de Basilea II y Basilea III, se incluyen variables como probabilidad de default y pérdida dado incumplimiento (PD y LGD), (BCBS (2006, 2017)). En Clerc y Siete Coautores (2015), Mendicino et al. (2017), Darracq Pariès, Kok y Rodríguez-Palenzuela (2011), DKR, Aguiar y Drumond (2009) y Covas y Fujita (2010) se explotan el tratamiento explícito de probabilidad de default proveniente del modelo de Bernanke et al. (1999). Recientemente, Darracq Pariès et al. (2015, 2016, 2018ab) han desarrollado estructuras complejas de economías abiertas con un modelamiento detallado de riesgo crediticio, de liquidez, riesgo soberano y fragilidad bancaria.

Así, en el presente trabajo nos proponemos desarrollar un modelo de economía abierta pequeña como la peruana para evaluar una posible adopción de métodos IRB, básico y avanzado, en la volatilidad de las principales variables macro financieras. Nos proponemos incluir variables del sector bancario que hasta recientemente han sido ausentes en la literatura, y su interacción con el sector real, utilizamos el modelo para incluir fórmulas de Basilea II y III, BCBS (2004, 2017), donde variables clave son PD y LGD, ambas son obtenidas endógenamente en el modelo. Esto es una diferencia respecto a modelos donde se asume relaciones exógenas entre requerimientos de capital y medidas de actividad económica. Aunado a lo anterior, aquí los requerimientos de capital dependen de dos tipos de créditos, empresariales e hipotecarios, los cuales representan el ochenta por ciento de la cartera crediticia de la banca peruana, asimismo, bancos operan en un entorno de competencia monopolística. Encontramos funciones impulsos respuesta similares a modelos referentes para variables macro. Además que, tras una evaluación de una posible adopción de métodos IRB en la volatilidad, los resultados sugieren que las volatilidades de las principales variables macrofinancieras no varían significativamente.

El resto del documento está organizado como sigue, en la Sección 2 presentamos el modelo, en la Sección 3 se describe el método de estimación Bayesiano y el tratamiento de los datos, en la Sección 4 presentamos los principales resultados, incluyendo una discusión de los parámetros estimados, en la Sección 5 presentamos posibles volatilidades bajo métodos IRB, finalmente, en la Sección 6 concluimos y presentamos algunas observaciones finales.

2 Especificación del modelo

A partir de las estructuras desarrolladas por Smets y Wouters (2003, 2007) y Christiano et al. (2005) se agregaron componentes de una economía abierta a modelos DSGE, de los cuales uno de los primeros fue desarrollado por Adolfson, Laseen, Lindé y Villani (2007), siendo éste adoptado por el Banco de Suecia con el acrónimo de RAMSES. En base a este último, Christoffel, Coenen y Warne (2008) desarrollaron un modelo similar para la Zona Euro, NAWM, el que además se utilizó como base para RAMSES II.

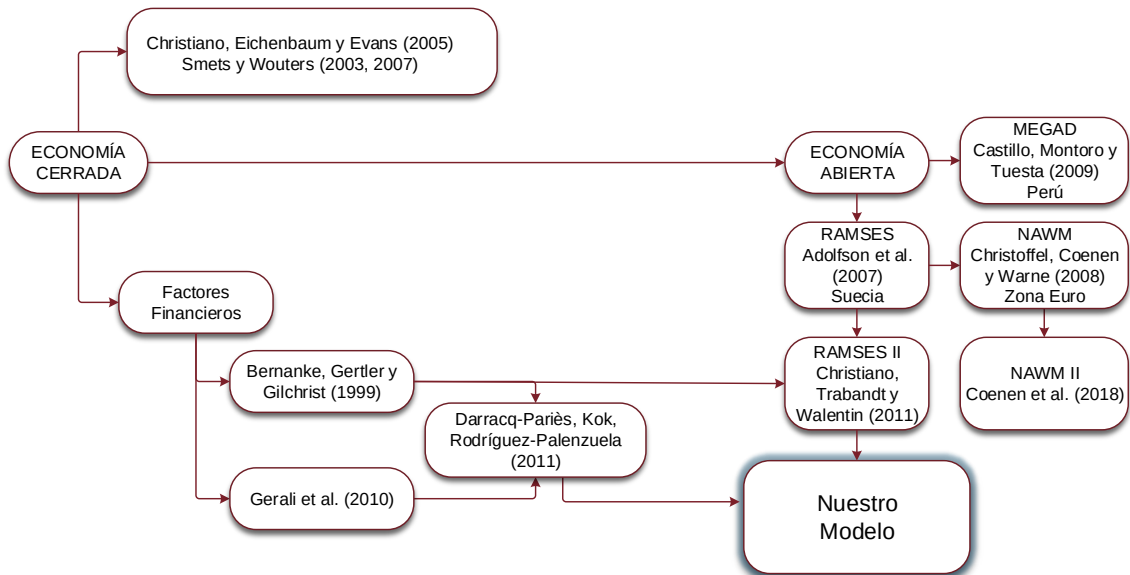


Figura 1: Principales modelos considerados

Una contribución destacable es también la de Generali, Neri, Sessa y Signoretti (2010), GNSS, quienes presentan evidencia que el grado de competencia entre los bancos está correlacionado con las tasas de interés y el acceso a crédito. Desarrollan un modelo donde (1) hay dos tipos de créditos, empresariales e hipotecarios, los bancos fijan tasas de interés diferentes a cada tipo de crédito con cierto grado de poder de mercado, lo que genera márgenes con respecto a la tasa de política, en específico, operan en competencia monopolística, (2) hay rigideces nominales en la fijación de tasas de interés, hay costos de ajuste, por lo que, el traspaso de condiciones financieras es incompleto en impacto, (3) bancos acumulan capital de utilidades retenidas y buscan que el ratio de capital-activos sea lo más cercano a un target fijado por el regulador, hay requerimientos de capital como Basilea I, aquí, los bancos siguen la identidad contable de activos (créditos a empresas y familias) igual a pasivos (depósitos de familias) más patrimonio, y (4) Familias y empresarios son restringidos en su capacidad de endeudamiento según el valor de sus activos colaterales, vivienda en el caso de familias y capital en el caso de empresarios.

Sin embargo, en GNSS no se incluye un tratamiento del evento de incumplimiento. DKR (2011), cierra esta brecha al combinar la estructura de GNSS con la de Bernanke et al. (1999) donde los

activos colaterales de los prestatarios son afectados por shocks de riesgo, y prestatarios caen en default cuando el valor de los activos es menor que la deuda. Como resultado obtienen una estructura donde firmas y familias son financieramente restringidas en sus decisiones de gasto e inversión. Firmas y familias pueden usar utilidades y capital como colateral, y vivienda o parte de sus ingresos salariales, respectivamente. La estructura, sin embargo, corresponde a una economía cerrada.

Aquí, combinamos dos modelos, RAMSES II y el de DKR.¹ El modelo resultante caracteriza una economía pequeña abierta, con un sector bancario que opera en competencia monopolística, bajo requerimientos de capital como Basilea. Consideramos dos tipos de créditos expuestos a eventos de default. Esta estructura persigue un objetivo similar al trabajo en desarrollo de Coenen, Karadi, Schmidt y Warne (2018), ellos agregan al NAWM un bloque financiero, caracterizado por bancos mayoristas con restricciones de financiamiento y bancos minoristas competitivos monopolísticamente. En la Figura 1 se puede ver un bosquejo de los principales modelos considerados aquí.

Respecto a estos supuestos, en el caso peruano, Céspedes y Orrego (2014) y Huayta, García y Sotomayor (2017) estiman el estadístico H de Panzar y Rosse para el sector bancario y microfinanciero, respectivamente, y encuentran que corresponde a una estructura de mercado de competencia monopolística. Asimismo, Lahura (2017) encuentra que el efecto traspaso de tasas de interés de política es incompleto y diferenciado para varios tipos de operaciones activas y pasivas.

El sector real y bancario proviene de DKR y el sector externo proviene de CTW.

Principales supuestos del bloque doméstico.

Seguimos a DKR:

1. Hay dos sectores en la economía, produciendo bienes residenciales y no residenciales.
2. Producción no residencial doméstica es asignada entre usos alternativos, consumo, inversión, exportaciones y consumo gubernamental.
3. Hay dos tipos de familias, pacientes e impacientes (ahorristas y prestatarias). Ambas familias reciben utilidad de consumo de bienes residenciales y no residenciales, y desutilidad de trabajar. Consumo de bienes no residenciales es un compuesto de bienes domésticos e importados.
4. Familias impacientes son financieramente restringidas por el valor de sus activos colaterales. Vivienda puede ser utilizado como colateral en el mercado de crédito. Evento de default en familias prestatarias surge cuando el valor de activos colaterales cae por debajo del reembolso prometido al prestamista.
5. El sector bancario reúne depósitos de familias pacientes y provee fondos a familias impacientes y empresarios. Hay tres capas de fricciones que afectan a intermediarios financieros. Primero, bancos mayoristas enfrentan requerimientos de capital como Basilea en la forma de costos ajuste relacionados a la estructura de capital, en específico, un costo al desvío del ratio capital-activos respecto a un target fijado exógenamente. Bancos acumulan capital a partir de utilidades que provienen de la diferencia entre ingresos financieros por créditos y gastos financieros por depósitos. Segundo, sucursales minoristas operan con rigideces nominales, los cuales generan un traspaso imperfecto de la tasa de política a tasas de depósitos y de crédito. Finalmente, debido a información asimétrica y costos de monitoreo en la presencia de shocks de riesgo, bancos fijan tasas a prestatarios con un margen sobre sus costos de financiamiento, este margen depende indirectamente del apalancamiento de los prestatarios.

¹Se agradece la disponibilidad de los códigos de ambos modelos.

6. Bienes intermedios domésticos, residenciales y no residenciales, son producidos por empresarios bajo restricciones de financiamiento, el monto de la deuda es restringido por el valor de su capital, el valor del capital es sujeto a shocks de riesgo que pueden generar el evento de default. Bienes no residenciales son producidos utilizando capital y trabajo. Bienes residenciales son producidos utilizando capital, trabajo y terreno.
7. Minoristas compran y diferencian los productos intermedios de los empresarios, operan en competencia monopolística y fijan precios de manera escalonada, ellos venden sus productos a distribuidores que operan en competencia perfecta y agregan los bienes diferenciados.
8. Los bienes de distribución sirven como bienes finales de consumo no residencial de familias, y son utilizados por productores de capital y stock de vivienda.
9. Hay dos tipos de stock de capital, según su destino, aquellos utilizados en la producción de bienes intermedios no residenciales y aquellos utilizados en la producción de bienes intermedios residenciales.
10. Productores de bienes de capital, compran dos insumos, bienes no residenciales distribuidos, en una cantidad que equivale a la inversión no residencial, y stocks de capital depreciados de empresarios, con estos insumos y bajo costos de ajuste de inversión aumentan los stocks de capital, los cuales luego son vendidos a los empresarios.
11. Hay dos tipos de stock de vivienda, para familias ahorristas y para familias prestatarias.
12. Productores de stocks de vivienda compran dos insumos, bienes residenciales distribuidos, en una cantidad equivalente a la inversión residencial, y stock de vivienda de ambos tipos de familia, con estos insumos y bajo costos de ajuste de inversión aumentan los stocks, los cuales luego son vendidos a las familias.

Principales supuestos del bloque foráneo

Seguimos a CTW:

1. Familias pacientes pueden ahorrar en activos domésticos y foráneos, activos foráneos son transados en el mercado internacional, esta elección genera una condición de paridad de tasas de interés considerando la variación esperada del tipo de cambio.
2. Bienes de consumo, inversión y exportación son producidos combinando bienes domésticos con insumos importados.
3. Hay tres tipos de firmas importadoras, según el destino de su producción, para consumo, inversión o exportación.
4. Ocurre un traspaso incompleto de tipo de cambio en el sector exportación e importación proveniente de rigideces nominales (ajuste escalonado de precios).
5. Hay un canal de capital de trabajo, esto es, cambios en tasas de interés, domésticas y foráneas, las que afectan directamente a los costos marginales de exportadores e importadores, respectivamente, debido a que las firmas deben financiar una fracción de sus costos con créditos para capital de trabajo.
6. Firmas foráneas venden un bien homogéneo a importadores domésticos, quienes convierten esto en bien intermedio, que luego venden a minoristas domésticos.

7. Minoristas utilizan como insumos los bienes importados intermedios y generan una curva de demanda de insumos, la cual es considerada por la firma productora del bien intermedio.
8. Demanda de bienes de exportación dependen de productos foráneos, y el precio relativo de los bienes de exportación en relación al precio de bienes foráneos.
9. Bienes de exportación son producidos por minoristas utilizando bienes intermedios, que son un compuesto de insumos domésticos e importados. El uso de bienes intermedios por parte de minoristas genera una curva de demanda, la cual es considerada por productores de bienes intermedios.

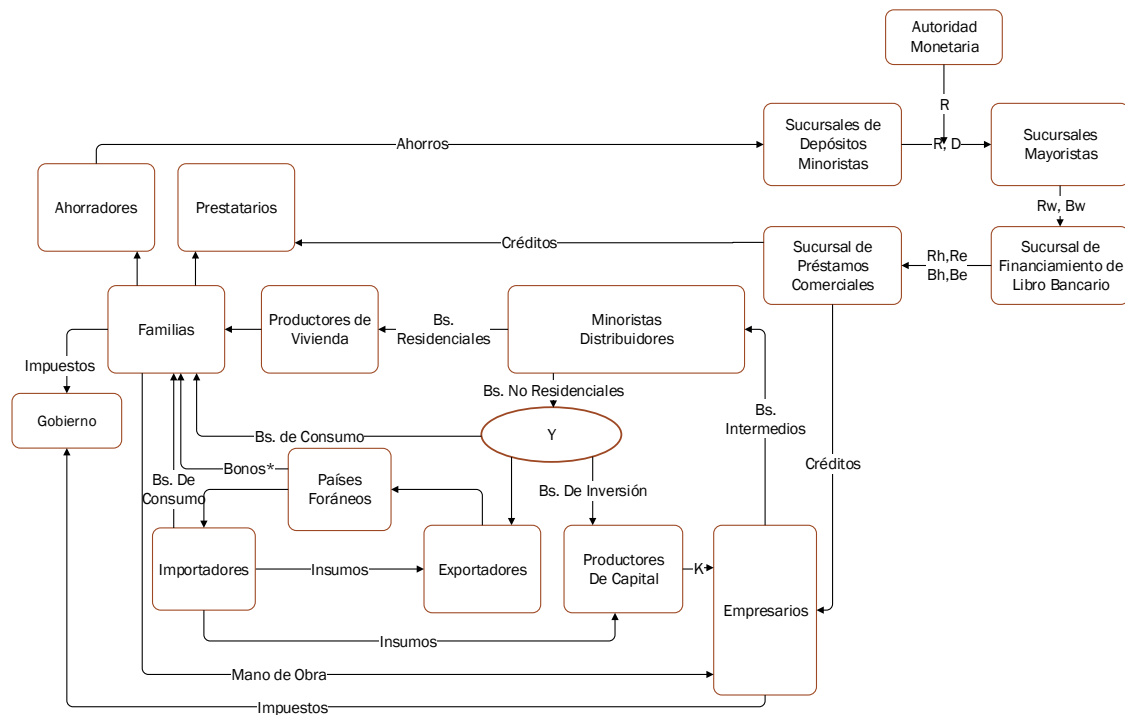


Figura 2: Flujograma del Modelo

Política Monetaria y Fiscal

Política monetaria sigue una regla de Taylor, donde la tasa de interés responde a su rezago, a la inflación rezagada, al producto rezagado, y las primeras diferencias de la inflación y del producto. El gasto público ingresa en la ecuación de la demanda agregada y sigue un proceso exógeno AR(1). El gobierno financia el gasto público con sumas fijas que provienen de la restricción presupuestaria de las familias y de empresarios. En la Sección 4.3 presentamos una discusión adicional de este supuesto.

La Figura 2 proporciona una descripción general del modelo.

2.1 Producción de Bienes de Consumo e Inversión Final

Bienes de consumo final son comprados por familias pacientes (ahorradoras) e impacientes (prestata-
rias), $\{s, b\}$. Estos bienes son un compuesto de bienes domésticos e importados, $\{d, m\}$:

$$C_t^j = \left[(1 - \omega_c)^{\frac{1}{\eta_c}} (C_t^{j,d})^{\frac{(\eta_c-1)}{\eta_c}} + \omega_c^{\frac{1}{\eta_c}} (C_t^{j,m})^{\frac{(\eta_c-1)}{\eta_c}} \right]^{\frac{\eta_c}{\eta_c-1}}, \quad j \in \{s, b\} \quad [1]$$

Optimización conduce a las siguientes funciones de demanda:

$$C_t^{j,d} = (1 - \omega_c)(p_t^c)^{\eta_c} C_t^j, \quad [2]$$

$$C_t^{j,m} = \omega_c \left(\frac{p_t^c}{p_t^{m,c}} \right)^{\eta_c} C_t^j, \quad [3]$$

Bienes de consumo compuesto C_t tienen precio P_t^c . Bienes domésticos tienen precio P_t y bienes de
consumo importados $P_t^{m,c}$. Los precios relativos relevantes aquí, son, $p_t^c = P_t^c/P_t$ y $p_t^{m,c} = P_t^{m,c}/P_t$.

Hay una fracción de $1 - \varrho$ de familias pacientes y ϱ de familias impacientes, por lo que, el total del
consumo doméstico es la suma ponderada del consumo doméstico de familias pacientes e impacientes.
Asimismo, el consumo importado es la suma ponderada del consumo importado de familias pacientes
e impacientes.

$$C_t^d = (1 - \varrho)C_t^{s,d} + \varrho C_t^{b,d} \quad [4]$$

$$C_t^m = (1 - \varrho)C_t^{s,m} + \varrho C_t^{b,m} \quad [5]$$

Y el consumo total, proviene de las cestas de familias pacientes e impacientes.

$$C_t = (1 - \varrho)C_t^s + \varrho C_t^b \quad [6]$$

Bienes de inversión no residencial I_t son producidos utilizando insumos domésticos e importados,
 I_t^d, I_t^m :

$$I_t + \Phi(u_t^C)K_{t-1}^C + \Phi(u_t^D)K_{t-1}^D = \left((1 - \omega_i)^{\frac{1}{\eta_i}} (I_t^d)^{\frac{\eta_i-1}{\eta_i}} + \omega_i^{\frac{1}{\eta_i}} (I_t^m)^{\frac{\eta_i-1}{\eta_i}} \right)^{\frac{\eta_i}{\eta_i-1}} \quad [7]$$

La inversión se destina a aumentar el stock de capital utilizado en la producción de bienes resi-
denciales y en stock de capital utilizados en la producción de bienes no residenciales, $I_t = I_t^D + I_t^C$.
Incluimos en inversión el mantenimiento de capital K_t^C, K_t^D . $\Phi()$ denota costos de ajuste de utilización
de capacidad.

Optimización genera las funciones de demanda de insumos domésticos e importados,

$$I_t^d = (1 - \omega_i)(p_t^i)^{\eta_i} \left(I_t + \Phi(u_t^C)\bar{K}_t^C + \Phi(u_t^D)\bar{K}_t^D \right) \quad [8]$$

$$I_t^m = \omega_i \left(\frac{p_t^i}{p_{m,t}^i} \right)^{\eta_i} \left(I_t + \Phi(u_t^C) \bar{K}_t^C + \Phi(u_t^D) \bar{K}_t^D \right) \quad [9]$$

Donde $p_t^i = P_t^i/P_t$ y $p_t^{m,i} = P_t^{m,i}/P_t$. El precio de I_t es denotado por P_t^i y $P_t^{m,i}$ respresenta el precio de bienes de inversión importados I_t^m .

2.2 Exportaciones e Importaciones

2.2.1 Exportadores

La demanda total de bienes de exportadores domésticos, sigue la siguiente forma, donde Y_t^* respresenta el PBI foráneo, P_t^* al precio de bienes foráneos y P_t^x un índice de precios de bienes de exportación.

$$X_t = \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{-\eta_f} Y_t^* \quad [10]$$

Los bienes, X_t , son producidos utilizando bienes intermedios $X_{i,t}$ según una función Dixit-Stiglitz, lo que genera una demanda de insumos de

$$X_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t}^x}{P_t^x} \right)^{-\frac{\lambda_x}{\lambda_x - 1}} X_t \quad [11]$$

Asimismo, $X_{i,t}$ es producido utilizando bienes domésticos e importados:

$$X_{i,t} = \left[\omega_x^{\frac{1}{\eta_x}} (X_{i,t}^m)^{\frac{\eta_x - 1}{\eta_x}} + (1 - \omega_x)^{\frac{1}{\eta_x}} (X_{i,t}^d)^{\frac{\eta_x - 1}{\eta_x}} \right]^{\frac{\eta_x}{1 - \eta_x}} \quad [12]$$

Minimización del costo $\tau_t^x [P_t^{m,x} R_t^x X_{i,t}^m + P_t R_t^d X_{i,t}^d]$, sujeta a la tecnología para producir $X_{i,t}$, (9), conduce al costo marginal real,

$$mc_t^x = \frac{\lambda}{S_t P_t^x} = \frac{\tau_t^x R_t^x}{q_t p_t^c p_t^x} \left[\omega_x (p_t^{m,x})^{1 - \eta_x} + (1 - \omega_x) \right]^{\frac{1}{1 - \eta_x}}, \quad [13]$$

donde incluimos el costo de tomar crédito de capital de trabajo en tasa doméstica en una fracción ν^x . τ_t^x representa un shock de margen y q_t denota el tipo de cambio real

$$R_t^x = \nu^x R_t + 1 - \nu^x. \quad [14]$$

$$\frac{S_t P_t^x}{P_t} = \frac{S_t P_t^*}{P_t^c} \frac{P_t^c}{P_t} \frac{P_t^x}{P_t^*} = q_t p_t^c p_t^x. \quad [15]$$

$$q_t = \frac{S_t P_t^*}{P_t^c} \quad [16]$$

De la solución del mismo problema también obtenemos la demanda de insumos domésticos $X_{i,t}^d$ e importados $X_{i,t}^m$ cuyas agregaciones conducen a:

$$X_t^d = (1 - \omega_x) \left[\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x) \right]^{\frac{\eta_x}{1-\eta_x}} (\bar{p}_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x-1}} (p_t^x)^{-\eta_f} Y_t^* \quad [17]$$

$$X_t^m = \omega_x \left(\frac{\left[\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x) \right]^{\frac{\eta_x}{1-\eta_x}}}{p_t^{m,x}} \right)^{\eta_x} (\bar{p}_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x-1}} (p_t^x)^{-\eta_f} Y_t^* \quad [18]$$

Asimismo, el productor de $X_{i,t}$ fija precios según un esquema de Calvo. Con probabilidad ξ_x no puede reoptimizar su precio, y lo actualiza según:

$$P_{i,t}^x = \tilde{\pi}_t^x P_{i,t-1}^x, \quad \tilde{\pi}_t^x = (\pi_{t-1}^x)^{\kappa_x} (\pi^x)^{1-\kappa_x - \varkappa_x} (\bar{\pi})^{\varkappa_x} \quad [19]$$

Así, la función que maximizan viene dada por

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \xi_x)^s \Lambda_{t+s} \{ S_{t+s} P_{i,t+s}^x X_{i,t+s} - M C_{t+s}^x X_{i,t+s} \} \quad [20]$$

Sujeto a la curva de demanda que genera el productor de X_t .

2.2.2 Importadores

Firmas foráneas venden un bien homogéneo a importadores domésticos. Los importadores convierten el bien homogéneo en insumo especializado y ofertan como insumo monopolísticamente a minoristas domésticos. Hay tres tipos de firmas importadoras, según el destino de su producción: (i) consumo, (ii) inversión y (iii) exportación.

$$\Xi_t^j = \begin{cases} C_t^m, & \text{si } j = c \\ X_t^m, & \text{si } j = x \\ I_t^m, & \text{si } j = i \end{cases} \quad [21]$$

Producción de Ξ_t^j requiere de bienes intermedios $\Xi_{i,t}^j$.

$$\Xi_t^j = \left[\int_0^1 (\Xi_{i,t}^j)^{\frac{1}{\lambda_{m,j}}} di \right]^{\lambda_{m,j}} \quad [22]$$

Los precios correspondientes son $P_t^{m,j}$ y $P_{i,t}^{m,j}$. Productores de $\Xi_{i,t}^j$ no pueden reoptimizar sus precios con probabilidad $\xi_{m,j}$, y actualizan su precio de acuerdo a:

$$P_{i,t}^{m,j} = \tilde{\pi}_t^{m,j} P_{i,t-1}^{m,j}, \quad \tilde{\pi}_t^{m,j} = (\pi_{t-1}^{m,j})^{\kappa_{m,j}} (\bar{\pi}_t^c)^{1-\kappa_{m,j} - \varkappa_{m,j}} (\bar{\pi})^{\varkappa_{m,j}} \quad [23]$$

El problema que maximizan viene dado por

$$\max E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \xi_{m,j})^s \Lambda_{t+s} \{P_{i,t+s}^{m,j} \Xi_{i,t+s}^j - MC_{t+s}^{m,j} S_{t+s} \Xi_{i,t+s}^j\} \quad s.a. \quad [24]$$

$$\Xi_{i,t}^j = \Xi_t^j \left(\frac{P_t^{m,j}}{P_{i,t}^{m,j}} \right)^{\frac{\lambda_{m,j}}{\lambda_{m,j}-1}}, \quad mc_t^{m,j} = \frac{MC_t^{m,j} S_t}{P_t^{m,j}} = \tau_t^{m,j} \frac{S_t P_t^*}{P_t^{m,j}} R_t^{v,*} \quad [25]$$

$\tau_t^{m,j}$ representa un shock de margen. Una fracción ν^* de capital de trabajo es financiada con créditos

$$R_t^{v,*} = \nu^* R_t^* + 1 - \nu^*. \quad [26]$$

El valor total de importaciones del sector j es:

$$S_t P_t^* R_t^{v,*} \Xi_t^j (\bar{p}_t^{m,c})^{\frac{\lambda_{m,j}}{1-\lambda_{m,j}}} \quad [27]$$

2.3 Familias

Hay dos tipos de familias, pacientes e impacientes, $i \in \{b, s\}$. ϱ representa la fracción de familias impacientes. La forma funcional de la función de utilidad es la misma para ambos tipos de familia

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta_i^t \left[\frac{1}{1-\sigma_X} \epsilon_t^\beta (X_t^i)^{1-\sigma_X} - \frac{\epsilon_t^L \bar{L}_{i,C}}{1+\sigma_{LC}} (N_{C,t}^i)^{1+\sigma_{LC}} - \frac{\epsilon_t^L \bar{L}_{i,D}}{1+\sigma_{LD}} (N_{D,t}^i)^{1+\sigma_{LD}} \right] \quad [28]$$

donde X_t^i es un índice de servicios de consumo derivados de bienes no residenciales C_t^i y stock residencial D_t^i , respectivamente. Asimismo, denotamos $\beta_s = \gamma$ y $\beta_b = \beta_{HH}$

$$X_t^i = \left[(1 - \epsilon_t^D \omega_D)^{\frac{1}{\eta_D}} (C_t^i - h_i C_{t-1}^i)^{\frac{\eta_D-1}{\eta_D}} + \epsilon_t^D \omega_D^{\frac{1}{\eta_D}} (D_t^i)^{\frac{\eta_D-1}{\eta_D}} \right]^{\frac{\eta_D}{\eta_D-1}} \quad [29]$$

el parámetro h_i captura la formación de hábitos en consumo de bienes no residenciales. Introducimos tres términos estocásticos en la función de utilidad: un shock de preferencia ϵ_t^β , un shock de oferta de trabajo ϵ_t^L y un shock de preferencia de vivienda, ϵ_t^D , este último afecta la fracción relativa de stock residencial, ω_D , y modifica la tasa marginal de sustitución entre bienes de consumo residenciales y no residenciales.

Familias reciben desutilidad de su oferta de trabajo según cada sector, no-residencial y residencial, $N_{C,t}^i$ y $N_{D,t}^i$. La compensación real de horas trabajadas en cada sector, son denotadas por $w_{C,t}^i$ y $w_{D,t}^i$.

Familias pacientes a diferencia de familias impacientes, invierten en depósitos Dep_t^s y bonos foráneos B_t^* . Por otra parte, familias impacientes acceden a créditos.

2.3.1 Restricción Presupuestaria de Hogares Pacientes

Hogares pacientes maximizan su función de utilidad sujeto a una secuencia infinita de restricciones presupuestarias:

$$\begin{aligned}
C_t^s + Q_{D,t}T_{D,t}(D_t^s - (1 - \delta)D_{t-1}^s) + Dep_t^s + S_tB_{t+1}^* &= \\
\frac{1 + R_{D,t-1}}{1 + \pi_t}Dep_{t-1}^s + B_t^*S_tR_{t-1}^*\Phi_{t-1} + & \\
w_{C,t}^sN_{C,t}^s + w_{D,t}^sN_{D,t}^s + \Pi_t^s + TT_t^s &
\end{aligned} \tag{30}$$

Donde B_{t+1}^* denota bonos foráneos transados internacionalmente, Dep_t^s depósitos reales, π_t tasa de inflación de bienes no residenciales, $R_{D,t-1}$ tasa de interés nominal de depósitos, $Q_{D,t}T_{D,t}$ precio real de stock de vivienda en términos de bienes no residenciales, TT_t^s transferencias de gobierno real y Π_t^s utilidades reales distribuidas.

2.3.2 Restricción Presupuestaria de Hogares Impacientes

Ingresos y valor de vivienda de los prestamistas son sujetos a shocks idiosincráticos comunes $\omega_{HH,t}$ con función de distribución acumulada log-normal $F(\omega_{HH,t})$, con media de 1 varianza variante en el tiempo según un proceso $AR(1)$.

El valor de la vivienda del prestatario es dado por:

$$\omega_{HH,t}\tilde{Q}_{D,t}T_{D,t}(1 - \delta)D_{t-1}^b. \tag{31}$$

El prestatario puede caer en default. Ahorradores no pueden forzar a los prestatarios a pagar. En su lugar, los créditos son intermediados por bancos comerciales que tienen una tecnología que permite embargar colaterales en un valor equivalente a

$$\omega_{HH,t}A_{HH,t}^b = (1 - \chi_{HH})\omega_{HH,t}\tilde{Q}_{D,t}T_{D,t}(1 - \delta)D_{t-1}^b \tag{32}$$

Con un costo proporcional de $\mu_{HH}\omega_{HH,t}A_{HH,t}^b$. χ_{HH} representa exenciones. μ_{HH} representa costos de monitoreo que pueden considerarse como el costo de la quiebra (incluidos los costos de auditoría, legales y de ejecución).

Hay un umbral, $\bar{\omega}_{HH,t}$, con el cual el valor del colateral cubre la deuda

$$\frac{(1 + R_{HH,t}^L)}{1 + \pi_t}B_{HH,t-1} = \bar{\omega}_{HH,t}A_{HH,t}^b \tag{33}$$

Prestatarios maximizan su función de utilidad sujeto a la restricción presupuestaria,

$$\begin{aligned}
C_t^b + \tilde{Q}_{D,t}T_{D,t}(D_t^b - (1 - \delta)D_{t-1}^b) + H(\bar{\omega}_{HH,t})A_{HH,t}^b &= \\
B_{HH,t} + \widetilde{TT}_t + \tilde{w}_{C,t}N_{C,t}^b + \tilde{w}_{D,t}N_{D,t}^b &
\end{aligned} \tag{34}$$

y la condición de utilidad cero de los bancos comerciales, esta condición fija la utilidad en cero cuando se considera el riesgo de crédito $G(\bar{\omega}_{HH,t})$. En la Sección 3.1.6, las utilidades de los bancos surgen por diferenciales de tasas y volúmenes diferentes de créditos y depósitos.

$$G(\bar{\omega}_{HH,t})A_{HH,t}^b = \frac{(1 + R_{HH,t-1})}{1 + \pi_t} B_{HH,t-1} \quad [35]$$

$R_{HH,t}$ es la tasa de interés en la cual los bancos comerciales obtienen financiamiento. $R_{HH,t}^L$ es la tasa de interés del crédito a los hogares. $H(\bar{\omega}_{HH,t})A_{HH,t}^b$ representa el pago esperado del prestatario, y $G(\bar{\omega}_{HH,t})A_{HH,t}^b$ el pago esperado del banco, neto de costos de embargo.

2.4 Fijación de Salarios

Familias $i \in \{b, s\}$ fijan el salario siguiendo un esquema de Calvo, con probabilidad $1 - \xi_{wji}$ las familias son capaces de optimizar su salario y con probabilidad ξ_{wji} lo actualiza según:

$$W_{j,i,t}(z) = (\Pi_{t-1})^{\gamma_w^{j,i}} (\bar{\Pi})^{1-\gamma_w^{j,i}} W_{j,i,t-1}(z) \quad [36]$$

La demanda de trabajo en los sectores no residencial y residencial $j \in \{C, D\}$ sigue un esquema Dixit Stiglitz:

$$l_{j,i,t}(z) = \left(\frac{W_{j,i,t}(z)}{W_{j,i,t}} \right)^{-\frac{\lambda_w}{\lambda_w - 1}} L_{j,i,t} \quad [37]$$

2.5 Sector Corporativo no Financiero

2.5.1 Empresarios

Empresarios reciben utilidad de su consumo de bienes no residenciales. Ellos se encargan de la producción de bienes intermedios residenciales y bienes no residenciales. La función de utilidad viene dada por:

$$E_t \left\{ \sum_{j=0}^{\infty} (\beta_E)^j \frac{(C_{t+j}^E - h_E C_{t+j-1}^E)^{1-\sigma_{CE}}}{1 - \sigma_{CE}} \varepsilon_{t+j}^\beta \right\} \quad [38]$$

Bienes intermedios no-residenciales son producidos con capital y trabajo, mientras que los bienes intermedios residenciales combinan capital, trabajo y terreno.

$$Z_t = \varepsilon_t^A (u_t^C K_{t-1}^C)^{\alpha_C} (L_t^C)^{1-\alpha_C} - \phi_C \quad [39]$$

$$Z_{D,t} = \varepsilon_t^{A_D} (u_t^D K_{t-1}^D)^{\alpha_D} (L_t^D)^{1-\alpha_D-\alpha_{\mathcal{L}}} \mathcal{L}_t^{\alpha_{\mathcal{L}}} - \phi_D \quad [40]$$

Donde ε_t^A y $\varepsilon_t^{A_D}$ son shocks tecnológicos y $\mathcal{L}_t$ denota terreno. El capital es específico a cada sector y es aumentado por una variable que representa la tasa de utilización de capital u_t .

Capital fijo de empresarios son sujetos a shocks multiplicativos $\omega_{E,t}$ con densidad log-normal de media 1 y varianza $AR(1)$.

El valor del colateral que el banco puede tomar es

$$\omega_{E,t}A_{E,t} = \omega_{E,t}(1 - \chi_E)(1 - \delta_K)(Q_t^C K_{t-1}^C + Q_t^D K_{t-1}^D) \quad [41]$$

a un costo proporcional $\mu_E \omega_{E,t} A_{E,t}$. χ_E refleja la habilidad de colateralizar capital. μ_{HH} representa costos de monitoreo que pueden considerarse como el costo de la quiebra (incluidos los costos de auditoría, legales y de ejecución). Hay un umbral, $\bar{\omega}_{E,t}$, con el cual el valor del colateral cubre la deuda

$$\frac{(1 + R_{E,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{E,t-1} = \bar{\omega}_{E,t} A_{E,t} \quad [42]$$

Finalmente, empresarios maximizan su utilidad considerando su restricción presupuestaria:

$$\begin{aligned} C_t^E + Q_t^C (K_t^C - (1 - \delta_K)K_{t-1}^C) + Q_t^D (K_t^D - (1 - \delta_K)K_{t-1}^D) + H^E(\bar{\omega}_{E,t})A_{E,t} = \\ B_{E,t} + MC_t Z_t + MC_{D,t} Z_{D,t} - W_{C,t}^r L_{C,t} - W_{D,t}^r L_{D,t} - p_{l,t} \mathcal{L}_t \\ - a(u_{t^C})K_{t-1}^C - a(u_{t^D})K_{t-1}^D + TT_t^E \end{aligned} \quad [43]$$

junto con la condición de utilidad cero de los bancos

$$G^E(\bar{\omega}_{E,t})A_{E,t} = \frac{(1 + R_{E,t-1})}{1 + \pi_t} B_{E,t-1} \quad [44]$$

$R_{E,t}$ es la tasa de interés en la cual los bancos comerciales obtienen financiamiento. $R_{E,t}^L$ es la tasa de interés del crédito a los empresarios. $H^E(\bar{\omega}_{E,t})A_{E,t}$ representa el pago esperado del prestatario, y $G^E(\bar{\omega}_{E,t})A_{E,t}$ el pago esperado que recibe el banco, neto de costos de embargo.

2.5.2 Sectores Minoristas y de Distribución

Minoristas son competidores monopolísticos, quienes compran los productos intermedios homogéneos de empresarios en precios MC_t y $MC_{D,t}$ para bienes intermedios no residenciales y residenciales, respectivamente.

Minoristas fijan precios en una base escalonada a la Calvo, maximizando beneficios sujeto a la función de demanda derivada de una estructura Dixit Stiglitz. En cada periodo, un minorista en el sector no residencial enfrenta una probabilidad constante $1 - \xi_C$ (y $1 - \xi_D$ en el sector residencial) de reoptimizar su precio. Si ellos no pueden reoptimizar precios, siguen el siguiente proceso en cada sector:

$$P_t(c) = (\Pi_{t-1})^{\gamma_C} (\bar{\Pi})^{1-\gamma_C} p_{t-1}(c) \quad [45]$$

$$P_{D,t}(d) = (\Pi_{D,t-1})^{\gamma_D} (\bar{\Pi})^{1-\gamma_D} p_{D,t-1}(d) \quad [46]$$

2.5.3 Productores de Stock de Vivienda y Capital

Utilizando bienes no residenciales y residenciales, un segmento de firmas perfectamente competitivas, producen stocks de vivienda y capital fijo. En el inicio del periodo t , compran stock de vivienda depreciados de ambos tipos de familia y stock de capital a empresarios, luego ellos aumentan los stocks utilizando bienes diferenciados y enfrentando costos de ajuste. Los stocks aumentados son vendidos de vuelta a empresarios y familias al fin del periodo.

2.6 Sector Bancario

Siguiendo a Gerali et al. (2010), cada grupo bancario es compuesto de una rama mayorista, la cual obtiene financiamiento en el mercado monetario y asigna fondos al resto del grupo, enfrentando un costo de ajuste en el ratio de capital del grupo. La rama mayorista toma el capital bancario y la política de diviendos como dada en su problema de decisión y opera bajo competencia perfecta. El segundo segmento consta de una sucursal de depósitos, la cual reúne depósitos de familias pacientes y los coloca en el mercado de dinero; así como dos sucursales de crédito bancario los cuales reciben financiamiento del banco mayorista y los asignan a sucursales de crédito comerciales. En este segundo segmento, bancos operan bajo competencia monopolística y enfrentan rigideces nominales en la fijación de sus tasas de interés. El tercer segmento es formado por dos sucursales de crédito comerciales, los cuales proveen contratos de crédito a familias impacientes y empresarios.

2.6.1 Sucursal Mayorista

La sucursal mayorista recibe depósitos, Dep_t^{wb} , de bancos minoristas, con una tasa de interés igual a la tasa de política R_t . Provee créditos $B_{E,t}^{wb}$ y $B_{HH,t}^{wb}$ en tasas de interés $R_{E,t}^{wb}$ y $R_{HH,t}^{wb}$ a las sucursales de financiación de préstamos a empresarios y hogares, respectivamente. Los bancos mayoristas son restringidos por un costo de ajuste del apalancamiento del banco. Esta fricción está destinada a capturar las presiones de los requerimientos de capital sobre el comportamiento de los bancos. Esta viene a ser la primera capa de fricción que afecta a los intermediarios financieros. Así también, se asume que bancos mayoristas tienen un ratio target de apalancamiento de 9 por ciento, y que el costo cuadrático representa las interacciones entre la estructura de balance de los bancos, fuerzas de disciplina de mercado y costos reputacionales.

El banco maximiza utilidades teniendo como variables créditos y depósitos $\{B_t^w, Dep_t^w\}$

$$\Pi_t^b = R_{HH,t}^{wb} B_{HH,t}^{wb} + R_{E,t}^{wb} B_{E,t}^{wb} - R_t Dep_t^{wb} - \frac{\aleph_{wb}}{2} \left(\frac{Bankcap_t}{APR_t} - 0.09 \right)^2 Bankcap_t \quad [47]$$

sujeto a la identidad contable del balance, activo igual a pasivo más patrimonio y una fórmula de activos ponderados por riesgo

$$\begin{aligned} B_{HH,t}^{wb} + B_{E,t}^{wb} &= Dep_t^{wb} + Bankcap_t \\ APR_t &= \mathcal{P}_{HH,t} B_{HH,t}^{wb} + \mathcal{P}_{E,t} B_{E,t}^{wb} \end{aligned} \quad [48]$$

En el modelo base, asumimos valores fijos en el tiempo para los ponderadores, $\mathcal{P}_{j,t}$, 0.5 a créditos para viviendas y 1 a créditos empresariales. En la Sección 5 modificamos los ponderadores aproximando una posible aplicación de métodos IRB. Optimización conduce a

$$R_{j,t}^{wb} - R_t = -\frac{\delta_{wb}}{2} \left(\frac{Bankcap_t}{APR_t} - 0.09 \right) \left(\frac{Bankcap_t}{APR_t} \right)^2 \times \mathcal{P}_{j,t} \quad j \in \{HH, E\} \quad [49]$$

El capital del banco mayorista es acumulado de utilidades retenidas

$$Bankcap_t = (1 - \delta^{wb})Bankcap_{t-1} + \nu^b \Pi_t^b \quad [50]$$

Donde δ^{wb} representa recursos utilizados al administrar capital, Π_t^b es la utilidad del grupo bancario y ν^b es la fracción de utilidades no distribuidas.

2.6.2 Traspaso Imperfecto de Tasas de Política

La sucursal de depósitos minoristas y las sucursales de financiación de préstamos son competidores monopolísticos y fijan sus tipos de interés de manera escalonada con cierto grado de rigidez nominal a la Calvo. Esta viene a ser la segunda capa de fricción que afecta a los intermediarios financieros.

2.6.2.1 Sucursal Minorista de Depósitos

Las sucursales de depósitos minoristas son competidores monopolísticos que recogen el depósito de los ahorradores y los colocan en el mercado monetario. Las sucursales de depósitos fijan los tipos de interés de manera escalonada, enfrentando en cada período una probabilidad constante $1 - \xi_D^R$ de ser capaz de reoptimizar su tasa de interés. Cuando una sucursal de depósitos minoristas no puede reoptimizar su tasa de interés, la tasa de interés es fijada en el nivel del periodo previo:

$$R_{D,t}(j) = R_{D,t-1}(j) \quad [51]$$

La sucursal minorista de depósitos j elige $\hat{R}_{D,t}(j)$ para maximizar sus utilidad intertemporal.

$$E_t \left[\sum_{k=0}^{\infty} (\gamma \xi_D^R)^k \frac{\Lambda_{t+k}}{\Lambda_t} \left(R_{t+k} Dep_{t+k}(j) - \hat{R}_{D,t}(j) Dep_{t+k}(j) \right) \right] \quad [52]$$

Donde

$$Dep_{t+k}(j) = \left(\frac{\hat{R}_{D,t}(j)}{R_{D,t}} \right)^{-\frac{\mu_D^R}{\mu_D^R - 1}} \left(\frac{R_{D,t}}{R_{D,t+k}} \right)^{-\frac{\mu_D^R}{\mu_D^R - 1}} Dep_{t+k} \quad [53]$$

y Λ_t es el valor marginal de consumo no residencial para familias ahorradoras. Asimismo, un shock $\epsilon_{D,t}^R$ es introducido en la fijación de tasas de interés.

2.6.2.2 Sucursales de financiamiento de préstamos

Las sucursales de créditos minoristas para cada segmento de mercado son competidores monopolísticos que recaudan fondos de las sucursales mayoristas y fijan los tipos de interés de manera escalonada a la Calvo, enfrentando en cada período una probabilidad constante $1 - \xi_i^R$ de ser capaz de reoptimizar

su tasa de interés nominal. Cuando una sucursal de créditos minoristas no puede reoptimizar su tasa de interés, la tasa de interés es fijada en el nivel del periodo previo:

$$R_{i,t}(j) = R_{i,t-1}(j), \quad i \in \{E, HH\} \quad [54]$$

En cada sector $i \in \{E, HH\}$, empresarial e hipotecarios, la sucursal minoristas de créditos j elige $\hat{R}_{i,t}(j)$ de manera que maximice su utilidad intertemporal.

$$E_t \left[\sum_{k=0}^{\infty} (\gamma \xi_i^R)^k \frac{\Lambda_{t+k}}{\Lambda_t} (R_{i,t}(j) B_{i,t+k}(j) - R_{i,t}^{wb}(j) B_{i,t+k}(j)) \right] \quad [55]$$

Donde:

$$B_{i,t+k}(j) = \left(\frac{\hat{R}_{i,t}(j)}{R_{i,t}} \right)^{-\frac{\mu_i^R}{\mu_i^R - 1}} \left(\frac{R_{i,t}}{R_{i,t+k}} \right)^{-\frac{\mu_i^R}{\mu_i^R - 1}} B_{i,t+k} \quad [56]$$

De manera similar a las tasas de depósitos, incorporamos un shock de margen $\epsilon_{i,t}^R$ en la fijación de tasas de interés.

2.6.3 Sucursales de Colocación

Debido a la información asimétrica y al costo de monitoreo hay un diferencial entre la tasa de préstamos del crédito colocado $R_{j,t}^L$ y la tasa de financiamiento de la sucursal $R_{j,t-1}$. Esta viene a ser la tercera capa de fricción que afecta a los intermediarios financieros. Estas ramas son perfectamente competitivas y en equilibrio tienen utilidades cero

$$G(\bar{\omega}_{j,t}) \tilde{A}_{j,t}^b = \frac{(1 + R_{j,t-1})}{1 + \pi_t} B_{j,t-1} \quad [57]$$

Considerando (57), y la definición de $\bar{\omega}_{j,t}$ como umbral de default

$$\bar{\omega}_{j,t} \tilde{A}_{j,t}^b = \frac{(1 + R_{j,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{j,t-1} \quad [58]$$

Tenemos el diferencial entre $R_{j,t}^L$ y $R_{j,t-1}$

$$\frac{(1 + R_{j,t}^L)}{(1 + R_{j,t-1})} = \frac{\bar{\omega}_{j,t}}{G(\bar{\omega}_{j,t})} \quad [59]$$

2.7 Paridad Descubierta de Tasas de Interés

El término de ajuste por riesgo de bonos foráneos tiene la siguiente forma:

$$\Phi_t = \Phi(a_t, R_t^* - R_t, \tilde{\phi}_t) = \exp \left(-\tilde{\phi}_a(a_t - \bar{a}) - \tilde{\phi}_s(R_t^* - R_t - (R^* - R)) + \tilde{\phi}_t \right) \quad [60]$$

Donde, a_t representa activos foráneos netos. La condición de optimalidad para bonos foráneos sigue del problema de optimización de las familias pacientes,

$$\Lambda_{t+1} s_{t+1} R_t^* \Phi_t = \Lambda_t \quad [61]$$

Donde $\tilde{\phi}_t$ es un shock de riesgo país, $a_t = \frac{S_t A_{t+1}^*}{P_t}$ y $s_t = S_t / S_{t-1}$.

2.8 Variables Foráneas

El bloque foráneo sigue un VAR exógeno en la inflación, tasa de interés y producto foráneo, como en CTW.

$$\begin{pmatrix} \ln \left(\frac{y_t^*}{y^*} \right) \\ \pi_t^* - \pi^* \\ R_t^* - R^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ln \left(\frac{y_{t-1}^*}{y^*} \right) \\ \pi_{t-1}^* - \pi^* \\ R_{t-1}^* - R^* \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \sigma_{y^*} & 0 & 0 \\ c_{21} & \sigma_{\pi^*} & 0 \\ c_{31} & c_{32} & \sigma_{R^*} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{y^*,t} \\ \epsilon_{\pi^*,t} \\ \epsilon_{R^*,t} \end{pmatrix}$$

Donde ϵ_t 's son procesos i.i.d. Gaussianos de media cero, y varianza unitaria, incorrelacionados uno con otro.

2.9 Balanza Comercial

Gastos de importaciones y nuevas compras de activos foráneos netos, A_{t+1}^* , deben igualar el ingreso por exportaciones y de compras previas de activos foráneos netos:

$$S_t A_{t+1}^* + \text{gastos en importaciones}_t = \text{ingresos de exportaciones}_t + R_{t-1}^* \Phi_{t-1} S_t A_t^*$$

Gastos en importaciones corresponden a la compra de importadores especializados para consumo, inversión y exportación:

$$\text{gastos en importaciones}_t = S_t P_t^* R_t^* (C_t^m + I_t^m + X_t^m)$$

Así, la cuenta corriente puede representarse como sigue en forma reescalada,

$$a_t + q_t p_t^c R_t^* (C_t^m + I_t^m + X_t^m) = q_t p_t^c p_t^x X_t + R_{t-1}^* \Phi_{t-1} s_t \frac{a_{t-1}}{\pi_t}, \quad [62]$$

2.10 Condiciones de Cierre de Mercado

El mercado de bienes no residenciales se encuentra en equilibrio cuando la producción interior es igual a la demanda de bienes no residenciales domésticos.

$$Y_t = C_t^d + C_t^E + I_t^d + G_t + X_t^d \quad [63]$$

Donde:

$$C_t^d = (1 - \varrho)C_t^{s,d} + \varrho C_t^{b,d} \quad [64]$$

$$C_t^{j,d} = (1 - \omega_c)(p_t^c)^{\eta_c} C_t^j, \quad j \in \{s, b\} \quad [65]$$

$$I_t^d = (1 - \omega_i)(p_t^i)^{\eta_i} \left(I_t + \Phi(u_t^C) \bar{K}_t^C + \Phi(u_t^D) \bar{K}_t^D \right) \quad [66]$$

$$G_t = \bar{G} \epsilon_t \quad [67]$$

$$X_t^d = (1 - \omega_x) \left[\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x) \right]^{\frac{\eta_x}{1-\eta_x}} (p_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x-1}} (p_t^x)^{-\eta_f} Y_t^* \quad [68]$$

Producción no residencial agregada satisface:

$$Z_t = \varepsilon_t^A (u_t^C K_{t-1}^C)^{\alpha_C} (L_t^C)^{1-\alpha_C} - \phi_C \quad [69]$$

La condición de cierre de mercado correspondiente a bienes no residenciales conduce a:

$$Z_t = \Delta_t Y_t \quad [70]$$

Donde: Δ_t mide la dispersión entre productos intermedios.

Similarmente, la producción agregada del mercado de bienes residenciales es:

$$Z_{D,t} = \varepsilon_t^{AD} (u_t^D K_{t-1}^D)^{\alpha_D} (L_t^D)^{1-\alpha_D-\alpha_L} \mathcal{L}_t^{\alpha_L} - \phi_D \quad [71]$$

La condición de cierre de mercado para el mercado de bienes residenciales viene dada por:

$$Z_{D,t} = (1 - \varrho) I_{D,t} + \varrho \tilde{I}_{D,t} + G_{t,D} \quad [72]$$

$$G_{t,D} = \bar{G}_D \epsilon_t \quad [73]$$

3 Estimación bayesiana

Adoptamos el método presentado en Schorfheide (2000), y An y Schorfheide (2007). El objetivo es obtener la distribución de probabilidad conjunta de los parámetros en base a la representación espacio-estado lineal del modelo.

Emplear métodos de inferencia Bayesiana permite formalizar el uso de información previa al estimar parámetros de un, posiblemente complejo modelo DSGE. Esto es particularmente atractivo en situaciones donde el periodo de muestra es corto, como en el caso peruano. Desde una perspectiva práctica, la inferencia Bayesiana puede contribuir en aminorar las dificultades inherentes con la resolución de problemas de estimación altamente no-lineales, Christoffel et al. (2008). Asimismo, el uso de información adicional puede ayudar a resolver problemas de identificación de parámetros y de shocks cuando la función de verosimilitud presente poca curvatura en parámetros claves del modelo, Smets, Christoffel, Coenen, Motto y Rostagno (2010).

Utilizamos computación paralela, Parallel DYNARE Toolbox en Dynare 4.5.6 de Adjemian y Ocho Coautores (2017), procesamos cien mil de iteraciones Random Walk Metropolis Hasting.

3.1 Calibración

Nos basamos fuertemente en DKR. Los factores de descuento son calibrados en 0.995 para familias pacientes y 0.96 para familias impacientes y empresarios, implicando una tasa de interés de depósitos de 2 por ciento anual, cercano al promedio histórico, 1.95 en nuestros datos. La tasa de depreciación de viviendas δ , es fijada en 0.005, correspondiendo a una depreciación anual de 2 por ciento, mientras que la depreciación de capital δ_K , es fijada en 0.025, correspondiendo a una depreciación anual de 10 por ciento. Markups son fijados en 1.3 en los mercados de ambos bienes (residenciales y no residenciales), y 1.5 en el mercado laboral, como en DKR. Markups para exportadores e importadores λ_i , son fijados en 1.2 siguiendo a CTW. Así también, los pesos de bienes importados en el consumo, inversión y exportación son fijados como en CTW, 0.25, 0.43 y 0.35, respectivamente.

La elasticidad intratemporal de sustitución η_D , es fijada en 1. La elasticidad intertemporal de empresarios σ_{CE} , es fijada en 1. La fracción relativa de insumos de capital α_C , en la producción del sector de bienes no residencial es fijada en 0.3 y en 0.7 para el trabajo, mientras que en el sector residencial, asignamos el peso de 0.1 a terreno α_L , y reducimos el peso del capital α_D a 0.2.

Los markups de depósitos y créditos son calibrados de manera que el margen entre tasas de créditos y depósitos es 100 puntos básicos en términos anuales, mientras que los diferenciales anuales de tasas activas para los hogares y los empresarios son 200 y 120 puntos básicos, respectivamente. Estos valores se basan en DKR.

Se asume costos de monitoreo en 0.2 para empresas, μ_E y 0.15 para los hogares, μ_{HH} . Finalmente, exenciones a empresas y hogares, χ_E y χ_{HH} , son fijados en 0.6 y 0.2, respectivamente.

El target del ratio créditos-patrimonio para los bancos es fijado en 0.09 siguiendo la regulación. En la estimación base, este cálculo considera ponderadores fijos a los créditos de 1 y 0.5, para empresas y familias respectivamente, estos mismos valores son utilizados por Darracq-Pariès et al. (2011, 2015); por otra parte en Gerali et al. (2010) se asumen valores de 1 para ambos tipos de crédito.

En el apéndice A, describimos la calibración de $\bar{\omega}$ y σ en función al ratio de morosidad de créditos empresariales e hipotecarios (promedio histórico).

Como grande ratio, el gasto público-producto es fijado en 18 por ciento, cercano al promedio histórico de 16 por ciento (incluyendo consumo público e inversión pública).

3.2 Distribuciones Previas

Limitamos el número de parámetros asumiendo cierta simetría entre agentes y sectores. Los parámetros que afectan los costos de ajuste de inversión residencial y no residencial, ϕ_D , ϕ , son los mismos para ambos tipos de familias según cada sector. El parámetro del costo de ajuste en la utilización de capital φ es también el mismo para ambos sectores. Respecto a los parámetros de preferencias, la elasticidad intertemporal de sustitución σ_X , es similar para ambos tipos de familias, la elasticidad de oferta de trabajo σ_L , es la misma para ambos tipos de familias, el parámetro de hábito h , es igual para todos los agentes.

Los parámetros Calvo de rigideces de salarios, ξ_{wc} y ξ_{wd} , son los mismos para ambos tipos de familias, el parámetro de indexación respectivo es el mismo para ambos tipos de familias y ambos sectores. El parámetro Calvo de fijación de precios no residenciales ξ_C , y el coeficiente de indexación γ_C asociado son estimados. En el sector residencial se estima el parámetro Calvo ξ_D , y se fija el parámetro de indexación γ_D , a cero. Respecto al traspaso imperfecto de tasas de interés, los parámetros Calvo, se estiman los tres coeficientes sobre créditos y depósitos. El costo de ajuste de la estructura de capital bancario $\aleph_{wb}$, es también estimado. Estimamos también la fracción de familias prestatarias,

ρ . Finalmente, también estimamos los parámetros de la regla de Taylor, ρ , r_π , r_y , $r_{\Delta\pi}$ y $r_{\Delta y}$. Se considera que el previo para la fracción de capital de trabajo financiada con créditos es el mismo para exportadores e importadores $\nu^x = \nu^* = \nu$.

Las distribuciones previas se basan en CTW y DKR. El previo para el VAR foráneo es construido con los momentos de la distribución posterior encontrada en CTW.

3.3 Datos

Se estima el modelo con data peruana correspondiente al periodo 2002Q1-2016Q4. Se utilizan 21 series observables, créditos empresariales y créditos hipotecarios con sus respectivas tasas de interés, depósitos y la tasa de interés respectiva, consumo, inversión, producto, exportaciones, importaciones, deflactor de consumo, deflactor de inversión, deflactor de producto, tasa interbancaria, tipo de cambio real, empleo y salarios. Para el bloque foráneo utilizamos el producto, la inflación y la tasa de interés de Estados Unidos. Los datos provienen del BCRP, la SBS y del Banco de Reserva Federal de San Luis (FRED).²

Utilizar la tasa FED permite que el modelo sea potencialmente aplicable para realizar proyecciones condicionadas a información del mercado de futuros sobre la fed fund rate. Castillo et al. (2009) también utilizan la tasa FED, alternativamente, Salas (2011) y Sánchez (2016) utilizan la tasa Libor. Ambas series son similares cuando aplicamos el filtro HP unilateral, como el que utilizamos aquí.

4 Resultados de la estimación

4.1 Distribuciones Posteriores

Tasas de créditos hipotecarios son más flexibles, seguido de tasas de depósitos y con mayor rigidez, tasas de créditos empresariales. Los parámetros Calvo asociados son de 0.38, 0.59 y 0.81, respectivamente. El parámetro de costo de ajuste en la estructura de capital de los bancos κ_{wb} , se mantiene muy cerca de su distribución previa, centrado en 20.5, resultado cuantitativamente similar a DKR.

Respecto a rigideces nominales y reales en el sector residencial, el parámetro de costo de ajuste en la inversión residencial 1.4, es menor en relación al de la inversión no residencial 3.2; resultado consistente con DKR. El parámetro Calvo del sector residencial 0.68, es mayor a 0.50 del sector no residencial.

Respecto al parámetro Calvo en exportadores e importadores, los parámetros de rigideces son muy cercanos a 0.8, resultado cuantitativamente similar a CTW.

Las rigideces en precios de bienes no residenciales, 0.50, es menor al de exportadores e importadores. Este parámetro implica que en promedio las firmas cambian de precios en promedio cada dos trimestres, $1/(1-0.5)$, consistente con la estimación de Castillo et al. (2006).

²Créditos empresariales e hipotecarios representan el 80 por ciento de créditos en el balance del sistema bancario, el 20 por ciento restante corresponde a créditos consumo (diciembre del 2016).

Cuadro 1: Results from Metropolis-Hastings (parameters)

	Dist.	Prior		Posterior			
		Mean	Stdev.	Mean	Stdev.	HPD inf	HPD sup
ϕ_D	gamm	1.000	0.5000	1.360	0.2977	0.8827	1.8663
ϕ	norm	4.000	1.5000	3.241	0.5174	2.4942	4.1218
φ	beta	0.500	0.1500	0.783	0.0701	0.6638	0.8914
σ_{l_C}	gamm	2.500	0.1000	2.419	0.0916	2.2727	2.5673
ξ_{w_C}	beta	0.850	0.0500	0.975	0.0059	0.9640	0.9832
ξ_{w_D}	beta	0.850	0.0500	0.911	0.0211	0.8771	0.9446
γ_{w_C}	beta	0.500	0.1500	0.212	0.0670	0.1009	0.3194
ξ_C	beta	0.750	0.0500	0.492	0.0422	0.4227	0.5601
γ_C	beta	0.500	0.1500	0.392	0.1313	0.1732	0.6045
ξ_{R_L}	beta	0.500	0.2000	0.381	0.0881	0.2230	0.5023
ξ_{R_D}	beta	0.500	0.2000	0.597	0.0343	0.5405	0.6502
$\xi_{R_{LE}}$	beta	0.500	0.2000	0.816	0.0659	0.7105	0.9219
ξ_D	beta	0.200	0.1000	0.689	0.0472	0.6165	0.7694
ρ	beta	0.750	0.1000	0.641	0.0374	0.5878	0.7019
r_π	gamm	2.500	0.2500	1.587	0.0643	1.4973	1.6954
$r_{\Delta pi}$	gamm	0.300	0.1000	0.304	0.0788	0.1810	0.4381
r_y	gamm	0.200	0.1000	0.012	0.0045	0.0064	0.0210
$r_{\Delta y}$	gamm	0.120	0.0500	0.082	0.0199	0.0512	0.1142
χ_{wb}	gamm	20.000	2.5000	20.516	2.2418	16.9268	24.1823
ϱ	beta	0.250	0.1000	0.142	0.0260	0.1022	0.1791
ν	beta	0.500	0.2500	0.017	0.0116	0.0003	0.0327
ξ_x	beta	0.750	0.0750	0.769	0.0029	0.7641	0.7735
ξ_{mc}	beta	0.750	0.0750	0.800	0.0311	0.7518	0.8532
ξ_{mi}	beta	0.750	0.0750	0.765	0.0333	0.7039	0.8153
ξ_{mx}	beta	0.660	0.1000	0.619	0.0447	0.5450	0.6905
κ_x	beta	0.500	0.1500	0.295	0.0829	0.1664	0.4397
κ_{mc}	beta	0.500	0.1500	0.829	0.0610	0.7340	0.9304
κ_{mi}	beta	0.500	0.1500	0.778	0.0805	0.6513	0.9114
κ_{mx}	beta	0.500	0.1500	0.660	0.0933	0.5118	0.8132
η_f	gamm	1.500	0.2500	1.267	0.1599	1.0110	1.5233
ϕ	gamm	1.250	0.1000	1.142	0.0882	0.9975	1.2872
$\rho_{\tilde{\phi}}$	beta	0.700	0.2000	0.959	0.0123	0.9361	0.9768

4.2 Funciones Impulso Respuesta a un Shock Monetario

Un incremento de la tasa de interés interbancaria genera una contracción del consumo y de la inversión. Como en DKR, la respuesta de la inversión es similar a la del consumo. Castillo et al. (2009) encuentran consistente con la inclusión de acelerador financiero que, la inversión sufre un impacto de 105 puntos básicos frente a 26 puntos básicos del consumo. Encontramos un resultado cualitativamente similar.

La contracción de la demanda interna genera un aumento en las exportaciones netas, como en CTW, sin embargo, este aumento no compensa la caída del consumo y de la inversión, por lo que, el producto cae. Consistente con la evolución del producto, el empleo y la inflación doméstica disminuyen.

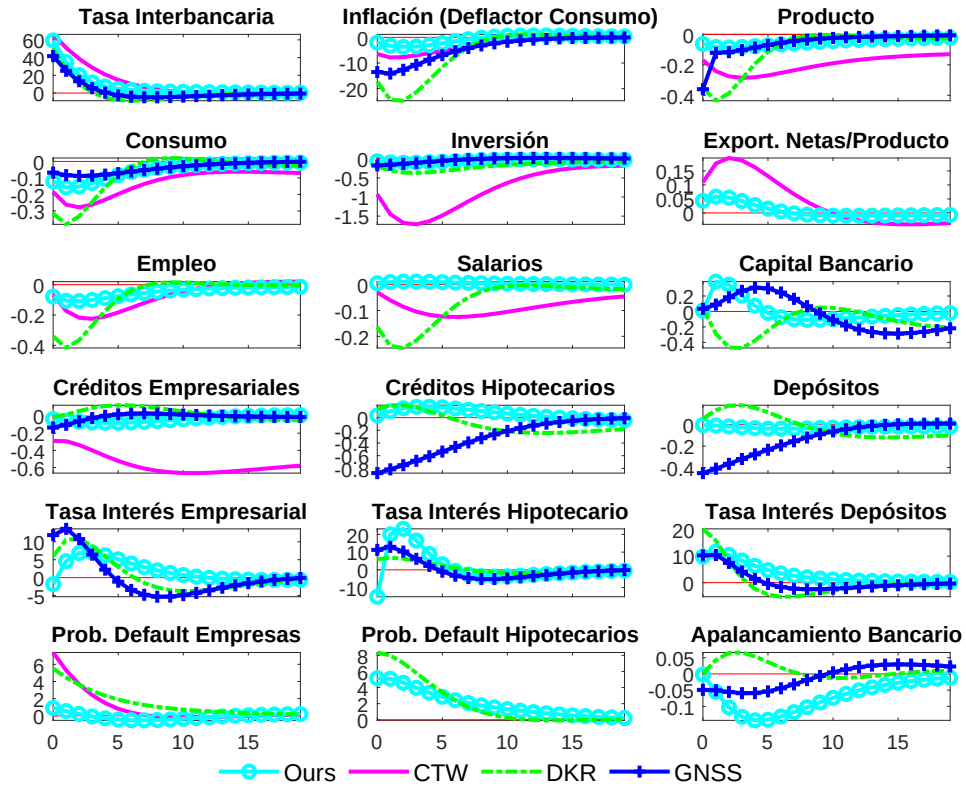
Notemos que la tasa interbancaria disminuye monotónicamente luego de alcanzar un valor equivalente al tamaño del shock, $4 \times 100 \times 0.17$, esto en contraste con las tasas de interés asociadas a créditos y depósitos, que aumentan en una forma de joroba y en menor magnitud que la tasa interbancaria,

alcanzando un máximo de desvío de 10 a 20 puntos básicos, resultado cuantitativamente muy similar a Gerali et al. (2010) y cualitativamente similar a Ribeiro (2015).

Los créditos empresariales disminuyen siguiendo el aumento de la tasa respectiva. Para el caso peruano, el impacto negativo es también encontrado por Dancourt y Ganiko (2009) y Viladegut y Cabello (2014), Ribeiro (2015) y Sánchez (2016). Por otro lado, los créditos para vivienda aumentan ligeramente (similar a Sánchez (2016)).

En la medida que la demanda, el empleo y salarios caen, aumenta el riesgo en la economía. Probabilidades de default de empresas y familias aumentan alrededor de 2 y 6 puntos básicos, valores ligeramente inferiores a DKR.

Figura 3: Respuesta a 1 D.E. de Shock Monetario



Ours es el modelo que desarrollamos aquí, CTW es estimado con datos de Suecia, DKR es estimado con datos de la Zona Euro, GNSS corresponde al de Gerali et al. (2010), este último estimado con datos de la Zona Euro. Tasas de interés e inflación se muestran como desvíos en puntos básicos anualizados respecto a valores de estado estacionario. Para las probabilidades de default se considera los desvíos en puntos básicos respecto a valores de estado estacionario. El ratio XN/Y es expresado en porcentaje. Otras variables, como desvíos porcentuales respecto valores a estado estacionario.

4.3 Funciones Impulso Respuesta a un Shock Fiscal

Coenen y Diecisiete Coautores (2012) se propusieron evaluar si algún tipo de expansión fiscal sería efectiva para disminuir la profundidad y duración de la recesión 2007-2009. En el proyecto participaron seis instituciones hacedoras de política, con siete modelos estructurales DSGE- el Banco de Canadá (BoC-GEM), el Sistema de la Reserva Federal (con dos modelos, FRB-US and SIGMA), el Banco Central Europeo (NAWM), la Comisión Europea (QUEST), el FMI (GIMF), y la OCDE (OECD Fiscal).

De los siete modelos, cuatro son globales (BoC-GEM, GIMF, QUEST, y SIGMA), NAWM es un modelo de dos regiones para Estados Unidos y Europa, FRB-US es un modelo sólo de Estados Unidos, y OECD Fiscal es un modelo sólo de Europa. Comparan los resultados de modelos de política con los de dos modelos DSGE prominentes testados extensivamente - Christiano et al. (2005) y Smets y Wouters (2007), y encuentran que “hay considerable concordancia en los modelos sobre los tamaños absolutos y relativos de los diferentes tipos de multiplicadores fiscales”.

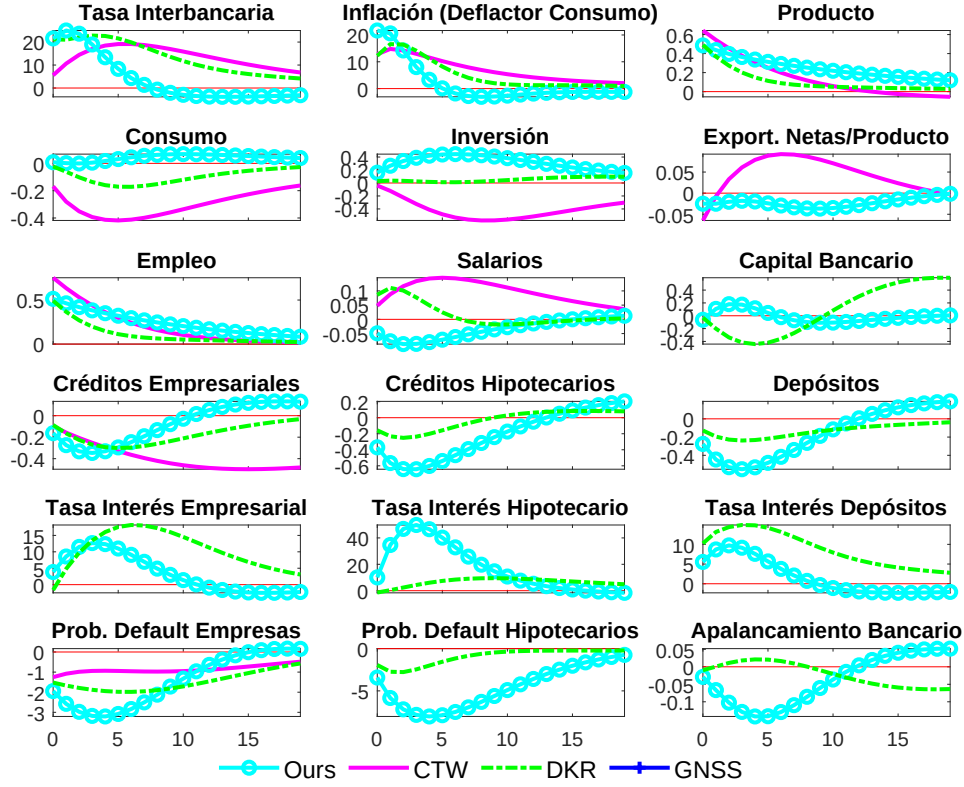
Este resultado es destacable, dado que “los modelos de política incorporan algunos canales empíricamente relevantes que pueden afectar significativamente la transmisión de shocks fiscales. Por ejemplo, en lugar de asumir que todos los hogares son consumidores Ricardianos de “ingresos permanentes”, por lo general especifican que una fracción significativa de los hogares tiene restricciones de liquidez o sigue una regla empírica comportamiento”. Mientras que, en el sector fiscal de Christiano et al. (2005) y Smets y Wouters (2007) el gasto público aparece como un componente de la demanda agregada y sigue un proceso exógeno AR(1).

La especificación de la política fiscal que hacemos en nuestro modelo es similar a Christiano et al. (2005) y Smets y Wouters (2007). Aquí además asumiremos que el gobierno financia el gasto público con suma fija que provienen de la restricción presupuestaria de las familias y de empresarios.

Ante un shock de gasto, el producto alcanza un aumento de 0.5 puntos porcentuales, similar a CTW y DKR, para Suecia y Europa, respectivamente. Consistente con el aumento del producto, la inflación aumenta 20 puntos básicos, efecto que desaparece luego de 4 trimestres por la respuesta de la tasa de política. Asociado al producto, el consumo también aumenta ligeramente en el mediano plazo, mientras que la inversión alcanza un aumento de 0.4 por ciento, similar a DKR. El empleo también aumenta 0.5 por ciento, mientras que los salarios caen en 0.05 por ciento.

Respecto al sector financiero, los créditos empresariales caen alrededor de 0.3 por ciento, lo que se revierte a partir del noveno trimestre, siguiendo la trayectoria de la tasa de interés respectiva. En cuanto a los créditos hipotecarios, éstos caen alrededor de 0.6 por ciento siguiendo el aumento de la tasa de interés. Asimismo, los depósitos siguen la trayectoria de la tasa de interés respectiva, cayendo en el corto plazo. Finalmente, asociado a la mayor demanda doméstica, el riesgo crediticio de empresas y familias disminuye alrededor de 3 y 5 puntos básicos.

Figura 4: Respuesta a 1 D.E. de Shock Fiscal



Ours es el modelo que desarrollamos aquí, CTW es estimado con datos de Suecia, DKR es estimado con datos de la Zona Euro. En GNSS se abstrae política fiscal. Tasas de interés e inflación se muestran como desvíos en puntos básicos anualizados respecto a valores de estado estacionario. Para las probabilidades de default se considera los desvíos en puntos básicos respecto a valores de estado estacionario. Ratio XN/Y es expresado en porcentaje. Otras variables, como desvíos porcentuales respecto valores a estado estacionario.

5 Volatilidad bajo métodos IRB

Aguiar y Drumond (2009) encuentran que la aplicación de requerimientos de capital acentúa la tendencia procíclica de la banca, lo cual entra en conflicto con el objetivo de Basilea II de promover la estabilidad del sistema bancario. Por otra parte, Covas y Fujita (2010) encuentran que requerimientos de capital a la Basilea I y II contribuyen significativamente a incrementar las fluctuaciones del producto. Este efecto amplificación es mayor en reglas de Basilea II en relación a las de Basilea I. Por su parte, DKR (2011) encuentran que requerimientos de capital sensibles al riesgo como Basilea II implican marginalmente más volatilidad en la economía que un régimen de requerimiento de capital fijo como Basilea I.

Siguiendo lo contemplado en BCBS (2004), bajo métodos IRB, el ratio de capital global considera activos ponderados por riesgo crediticio, donde los ponderadores dependen de probabilidades de default, las cuales a la vez dependen del estado de la economía afectando el patrimonio neto de los prestatarios

(a través de ingresos y riqueza inmobiliaria de los hogares y mediante el valor del stock de capital por el lado de las empresas).

El Comité de Basilea considera la visión del modelo de Merton (1974), donde prestatarios entran en default cuando el valor de los activos es menor que el valor de la deuda, BCBS (2005). Bernanke et al. (1999) especifican una definición del evento de default similar.

Si bien en la regulación el evento de default ocurre cuando el crédito presenta un atraso en los pagos mayor a 90 días, ambas medidas son muy similares. Así, Christiano et al. (2014) argumentan que para Estados Unidos “ las dos variables (probabilidad de default implícita del modelo y tasa de morosidad) son razonablemente similares”, Figura 8 de documento citado. Asimismo, Christiano et al. (2010) muestran para la Zona Euro y Estados Unidos que las medidas implícitas son similares a las probabilidades de default obtenidas según la metodología Moodys KMV, Figura 16 de documento citado. Adolfson et al. (2013), muestran estimaciones suavizadas de la tasa de bancarrota empresarial calculada implícitamente con el modelo y datos de morosidad de Suecia, ellos encuentran que el modelo captura las fluctuaciones de baja frecuencia en los datos de quiebra relativamente bien, Figura H de documento citado. Asimismo, Copaciu et al. (2016) encuentran, para Rumania, que las tasas de quiebra de empresarios según modelo muestran patrones muy similares a la contraparte de datos (Figura 10 de documento citado).

Aquí probabilidades de default de empresas y hogares E, HH son calculadas según

$$\begin{aligned} \text{Probabilidad de Default} &= \mathcal{F}(\bar{\omega}_{j,t}) = \int_0^{\bar{\omega}_{j,t}} f(\omega_{j,t}) d\omega_{j,t} \\ &= \Phi \left(\frac{\ln(\bar{\omega}_{j,t})}{\sigma_{j,t}} + 0.5 \times \sigma_{j,t} \right), \quad j \in \{E, HH\} \end{aligned} \quad [74]$$

Donde el umbral de incumplimiento $\bar{\omega}_{j,t}$ es determinado en equilibrio general. $\sigma_{j,t}$ denota shock estocástico exógeno de riesgo, y Φ denota la distribución normal acumulada estandarizada. El Apéndice H.1 presenta detalles del modelamiento del riesgo de crédito.

Cabe resaltar que en las fórmulas IRB se considera la probabilidad a un año, y la frecuencia del modelo es trimestral, por lo tanto convertimos a un año utilizando la fórmula 16 de Darracq Pariès et al. (2016), $\mathcal{F}^{\mathcal{A}}(\bar{\omega}_{j,t})$. Se considera que una vez que el prestatario cae en default podrá salir de dicho estado cuando presente cumplimiento de sus obligaciones un año consecutivo.

$$\mathcal{F}^{\mathcal{A}}(\bar{\omega}_{j,t}) = \sum_{i=1}^4 \left[\prod_{s=0}^{i-1} (1 - \mathcal{F}(\bar{\omega}_{j,t})) \right] \mathcal{F}(\bar{\omega}_{j,t}) \quad [75]$$

La fórmula para el ponderador de riesgo se basa en aquellas contempladas por Basilea II y Basilea III (BCBS (2004, 2017)). En específico, utilizamos

$$\mathcal{P}_{j,t}(\bar{\omega}_{j,t}) = 10 \times \text{LGD}_{j,t} \left[\Phi \left((1 - \tau_{j,t})^{-0.5} \Phi^{-1}(\mathcal{F}^{\mathcal{A}}(\bar{\omega}_{j,t})) + \left(\frac{\tau_{j,t}}{1 - \tau_{j,t}} \right)^{0.5} \Phi^{-1}(0.999) \right) - \mathcal{F}^{\mathcal{A}}(\bar{\omega}_{j,t}) \right] \quad [76]$$

τ es fijado para hogares en 0.15 y para empresas se calcula en base a lo contemplado para exposiciones no minoristas en BCBS(2004)

$$\tau_{E,t} = 0.12 \left(\frac{1 - \exp(-50 \times \mathcal{F}^{\mathcal{A}}(\bar{\omega}_{E,t}))}{1 - \exp(-50)} \right) + 0.24 \left(1 - \frac{1 - \exp(-50 \times \mathcal{F}^{\mathcal{A}}(\bar{\omega}_{E,t}))}{1 - \exp(-50)} \right) \quad [77]$$

Darracq Pariès et al. (2011, 2015, 2016, 2018a) realizan un tratamiento similar.

τ captura la correlación entre el retorno de activos de las empresas y factores comunes (que representan el riesgo sistemático, a mayor valor de τ mayor ponderador de riesgo). $\Phi^{-1}(0.999)$ representa el valor asignado al factor común (en base a un nivel de confianza de 99.9%). Una deducción de las fórmulas IRB es presentada en Kjersti Aas (2005).

5.1 LGD fijo

En este ejercicio asumimos LGD de 0.45 y 0.35 para empresas y hogares, respectivamente como en Darracq Pariès et al. (2011, 2015, 2018a)

5.2 LGD endógeno

Como en Hodbod, Huber y Vasilev (2016, Ecuación 5.3) partimos de una definición de pérdida esperada, asumimos que el valor de la exposición es equivalente al valor de los activos incluyendo sus rendimientos devengados como se contempla en la regulación (BCBS(2004)). Incluimos el valor de la exposición dado el evento de incumplimiento menos el valor del colateral dado el incumplimiento, descontando costos de embargo μ_j

Denotamos con $B_{j,t-1}$ al crédito real del sector $j \in \{E, HH\}$ (empresas u hogares) en el periodo $t-1$. En unidades monetarias el crédito de $t-1$ equivale a $B_{j,t-1}P_{t-1}$, donde P_{t-1} representa el índice de precios de consumo. En el siguiente periodo la deuda equivale a $(1 + R_{j,t}^L)B_{j,t-1}P_{t-1}$ donde $R_{j,t}^L$ representa la tasa de interés. En términos reales, en el periodo t la deuda equivale a $(1 + R_{j,t}^L)B_{j,t-1}P_{t-1}/P_t = (1 + R_{j,t}^L)B_{j,t-1}/(1 + \pi_t)$ donde $(1 + \pi_t) = P_t/P_{t-1}$ y π_t representa la tasa de inflación.

Como en Bernanke et al. (1999), hay un shock multiplicativo $\omega_{j,t}$ al valor de los activos $\tilde{A}_{j,t}^b$. Por lo que, el valor del activo es equivalente a $\omega_{j,t}\tilde{A}_{j,t}^b$. Asimismo, hay un umbral $\bar{\omega}_{j,t}$ donde el valor del activo colateral es equivalente al valor de la deuda (valores reales a precios de mercado vigentes en t).

Si $\omega_{j,t}$ es menor a $\bar{\omega}_{j,t}$ el colateral no cubre la deuda y el prestatario entra en default. En esta situación el banco paga un costo de auditoría y embarga los colaterales. Como en Bernanke et al. (1999), “Este costo de auditoría es interpretable como el costo de la bancarrota (incluidos, por ejemplo, los costos de auditoría, contabilidad y legales, así como las pérdidas asociadas con la liquidación de activos y la interrupción del negocio)”.

Se asume que el costo es igual a una proporción μ_j del valor de los activos. Es decir, los ingresos netos del banco al ejecutar los colaterales son $\omega_{j,t}\tilde{A}_{j,t}^b - \mu_j\omega_{j,t}\tilde{A}_{j,t}^b = (1 - \mu_j)\omega_{j,t}\tilde{A}_{j,t}^b$.

Así, a partir del valor de la exposición $(1 + R_{j,t}^L)B_{j,t-1}/(1 + \pi_t)$ y del valor del colateral $(1 - \mu_j)\omega_{j,t}\tilde{A}_{j,t}^b$, la pérdida equivale a

$$\frac{(1 + R_{j,t}^L)}{1 + \pi_t}B_{j,t-1} - (1 - \mu_j)\omega_{j,t}\tilde{A}_{j,t}^b \quad [78]$$

la cual, en un evento de incumplimiento equivale a

$$\int_0^{\bar{\omega}_{j,t}} \left(\frac{(1 + R_{j,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{j,t-1} - (1 - \mu_j) \omega_{j,t} \tilde{A}_{j,t}^b \right) d\mathcal{F}(\omega_{j,t}) \quad [79]$$

o

$$\frac{(1 + R_{j,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{j,t-1} \mathcal{F}(\bar{\omega}_{j,t}) - (1 - \mu_j) \tilde{A}_{j,t}^b \int_0^{\bar{\omega}_{j,t}} \omega_{j,t} d\mathcal{F}(\omega_{j,t}) \quad [80]$$

El activo de la familia prestataria es su vivienda D_{t-1}^b . En el caso de los empresarios, sus activos son el capital utilizado en la producción de bienes no residenciales y residenciales K_{t-1}^C y K_{t-1}^D , respectivamente. Los precios reales de la vivienda y de los stocks de capital son $\tilde{Q}_{D,t} T_{D,t}$, Q_t^C y Q_t^D .

Asimismo, los activos se deprecian a tasa δ en el caso de viviendas y δ_K en el caso de capital. Los Ratios Loan-to-Value, que definen los valores máximos del ratio créditos-colaterales que los bancos tienen como políticas, son $(1 - \chi_{HH})$ y $(1 - \chi_E)$, en el caso de hogares y empresas, respectivamente.

En resumen, los activos colaterales equivalen a

$$\tilde{A}_{j,t}^b = \begin{cases} (1 - \chi_{HH})(1 - \delta) \tilde{Q}_{D,t} T_{D,t} D_{t-1}^b & \text{si } j = HH \\ (1 - \chi_E)(1 - \delta_K)(Q_t^C K_{t-1}^C + Q_t^D K_{t-1}^D) & \text{si } j = E \end{cases} \quad [81]$$

La pérdida esperada, en términos de unidad de crédito, equivale a

$$EL_{j,t} = \frac{\frac{(1 + R_{j,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{j,t-1} \mathcal{F}(\bar{\omega}_{j,t}) - (1 - \mu_j) \tilde{A}_{j,t}^b \int_0^{\bar{\omega}_{j,t}} \omega_{j,t} d\mathcal{F}(\omega_{j,t})}{B_{j,t-1}} \quad [82]$$

Mendicino et al. (2017, Ecuación 28) presentan una expresión similar para el ratio de créditos perdidos (write-offs).

Combinando con la definición de pérdida esperada $EL_{j,t} = PD_{j,t} \times LGD_{j,t}$, podemos expresar $LGD_{j,t}$ como

$$LGD_{j,t} = \frac{(1 + R_{j,t}^L)}{1 + \pi_t} \left[1 - (1 - \mu_j) \frac{\int_0^{\bar{\omega}_{j,t}} \omega_{j,t} f(\omega_{j,t}) d\omega_{j,t}}{\int_0^{\bar{\omega}_{j,t}} f(\omega_{j,t}) d\omega_{j,t}} \frac{\tilde{A}_{j,t}^b}{B_{j,t-1}} \right]. \quad [83]$$

Definiendo

$$\begin{aligned} z_{j,t} &= \frac{\ln(\bar{\omega}_{j,t}) + 0.5\sigma_{j,t}^2}{\sigma_{j,t}} \\ \mathcal{F}(\bar{\omega}_{j,t}) &= \Phi(z_{j,t}) = \text{Probabilidad de Default} \\ \Omega(\bar{\omega}_{j,t}) &= \int_0^{\bar{\omega}_{j,t}} \omega_{j,t} f(\omega_{j,t}) d\omega_{j,t} = \Phi(z_{j,t} - \sigma_{j,t}) \end{aligned} \quad [84]$$

podemos reexpresar [10] en forma resumida

$$\text{LGD}_{j,t} = \frac{(1 + R_{j,t}^L)}{1 + \pi_t} \left[1 - (1 - \mu_j) \frac{\Omega(\bar{\omega}_{j,t})}{\mathcal{F}(\bar{\omega}_{j,t})} \frac{\tilde{A}_{j,t}^b}{B_{j,t-1}} \right] \quad [85]$$

Cuadro 2: Evaluación de Métodos IRB

	Volatilidad				Volatilidad relativa	
	Data	Base	IRB ⁰	IRB ¹	$\frac{\text{IRB}^0}{\text{Base}}$	$\frac{\text{IRB}^1}{\text{Base}}$
Producto	0.27	0.79	0.80	0.80	1.01	1.01
Inflación	0.82	1.51	1.52	1.52	1.00	1.00
Consumo	0.26	0.40	0.41	0.41	1.01	1.01
Inversión	1.19	1.03	1.04	1.04	1.01	1.01
Empleo	0.29	0.93	0.94	0.94	1.01	1.01
Salarios	0.47	0.24	0.24	0.24	1.00	1.00
Tasa Interbancaria	1.14	1.48	1.49	1.49	1.00	1.00
Tipo de Cambio Real	0.88	1.72	1.73	1.73	1.00	1.00
Créd. Empresarial	1.10	1.45	1.42	1.42	0.98	0.97
Créd. Hipotecario	0.72	0.93	0.92	0.92	0.99	0.99
Depósitos	0.79	1.04	1.09	1.06	1.05	1.02
Tasa de Interés Empresarial	0.43	2.31	2.30	2.24	1.00	0.97
Tasa de Interés Hipotecarios	0.59	3.33	3.25	3.22	0.97	0.97
Tasa de Interés Depósitos	0.58	0.74	0.74	0.74	1.00	1.00
Prob. Default Empresas *	0.52	1.03	1.04	1.03	1.01	1.00
Prob. Default Hogares *	0.28	0.77	0.80	0.80	1.04	1.03

*Filtro HP unilateral a serie de morosidad. No observable en la estimación.

** Variable no observable en la estimación.

Base corresponde al modelo con ponderadores de riesgo fijos en el tiempo. IRB⁰ denota IRB Básico (LGD fijo). IRB¹ denota IRB Avanzado (LGD endógeno).

A fin de contrastar estos resultados, incluimos las fórmulas IRB en el modelo de Darracq Pariès et al. (2011), Cuadro 3. Así, las volatilidades mostradas en los Cuadros 2 y 3, bajo métodos IRB básico e IRB avanzado sugieren un impacto mínimo en la volatilidad de variables macrofinancieras clave.

Cuadro 3: Evaluación de Métodos IRB bajo DKR

	Volatilidad			Volatilidad relativa	
	Base	IRB ⁰	IRB ¹	IRB ⁰	IRB ¹
				<u>Base</u>	<u>Base</u>
Producto	0.71	0.73	0.71	1.02	1.01
Inflación	1.94	1.95	1.96	1.01	1.01
Consumo	0.76	0.77	0.76	1.01	1.00
Inversión	2.05	2.08	2.06	1.02	1.00
Empleo	0.86	0.88	0.87	1.01	1.01
Salarios	0.64	0.64	0.64	1.00	1.00
Tasa Interbancaria	3.20	3.22	3.21	1.00	1.00
Tipo de Cambio Real	-	-	-	-	-
Créd. Empresarial	0.95	0.92	0.94	0.96	0.99
Créd. Hipotecario	0.84	0.84	0.84	1.00	1.00
Depósitos	0.84	0.90	0.83	1.07	0.98
T. de Interés Empresarial	2.74	2.83	2.97	1.03	1.09
T. de Interés Hipotecarios	2.96	3.03	3.09	1.02	1.04
T. de Interés Depósitos	1.97	1.98	1.97	1.00	1.00
Prob. Default Empresas *	0.97	1.01	0.99	1.04	1.02
Prob. Default Hogares *	0.43	0.44	0.43	1.02	1.00

** Variable no observable en la estimación.

Base corresponde al modelo con ponderadores de riesgo fijos en el tiempo. IRB⁰ denota IRB Básico (LGD fijo). IRB¹ denota IRB Avanzado (LGD endógeno).

6 Conclusiones y observaciones finales

Combinando dos modelos, una versión del desarrollado por Christiano, Tradandt y Walentin (2011) y el modelo de Darracq-Pariès, Kok, Rodríguez-Palenzuela (2011), obtenemos un modelo de economía abierta con cierto grado de detalle del sector bancario, operando bajo competencia monopolística, con traspaso imperfecto de tasas de política, y con dos tipos de crédito, empresariales e hipotecarios, bajo reglas de Basilea e incluyendo medidas de riesgo crediticio endógenamente. Nuestros principales resultados son

1. La extensión preserva las propiedades de las funciones impulso respuesta a un shock monetario para las principales variables macro encontradas en la literatura. Respecto a variables del sector financiero, siguiendo el aumento de las tasas de interés respectivas y la reducción de la demanda doméstica, hay un impacto negativo en los créditos empresariales y depósitos.
2. La adopción de métodos IRB, tanto básico como avanzado, no afectarían las volatilidades de las principales variables macrofinancieras.

Teniendo en cuenta las características del modelo, éste podría ser extendido para estudiar el período de la crisis rusa del 1998, por el riesgo de insolvencia del sistema bancario durante este periodo. Aquí, un desafío sería incluir dolarización financiera siguiendo a Vega (2015).

Se podría extender el modelo para evaluar el impacto de esquemas de regulación en la fragilidad del sistema bancario, esto es, considerar también la probabilidad de quiebras de los bancos. Darracq Pariès et al. (2015, 2016, 2018ab), Clerc y Siete Coautores (2015) y Mendicino et al. (2017) presentan contribuciones notorias en esta dirección.

Así también, considerando que en el modelo se deriva PD y LGD endógenamente, y por tanto, una estimación de pérdida esperada ($PD \times LGD$), se podría incluir provisiones aproximando el tratamiento contable en los balances y estados de resultados.

Hay también algunas extensiones que se podrían hacer respecto a los datos. El modelo incluye variables cuyas contrapartes observables no son incluidas en la estimación, como el gasto público. Asimismo, presentamos inversión residencial y no residencial, en bloques separados. En la estimación, inversión no residencial asociamos con data de inversión privada (que en las cuentas nacionales incluye inversión no residencial), en este punto DKR utiliza adicionalmente y de manera separada, datos de inversión residencial y una ecuación de medida respectiva. En Gerali et al. (2010), donde también se incluye un sector vivienda, se utiliza datos de inversión de manera similar a la que hacemos aquí. En CTW se abstrae el sector vivienda y se utiliza data de inversión privada. Aproximar inversión residencial con data de PBI del sector construcción podría ser una opción a considerar en una próxima agenda.

Podría utilizarse como observables medidas de probabilidades de incumplimiento de empresas y hogares en base a data micro. Tasas de morosidad podrían ser una opción aquí, sin embargo, las series para el sistema bancario peruano presentan tendencias decrecientes lo que sugeriría que se podría incluir los componentes cíclicos. Fabia A. de Carvalho et al. (2014, 2015, 2017) incluyen préstamos en mora por más de 90 días como porcentaje del total préstamos, siendo el evento de default en créditos para vivienda generado por shocks directos a los ingresos laborales.

Finalmente, podría incluirse el índice de bolsa de valores como observable del patrimonio de las empresas como es frecuente en la literatura de fricciones financieras a la Bernanke et al. (1999).

Referencias

- [1] Adjemian, Stéphane, Houtan Bastani, Michel Juillard, Frédéric Karamé, Ferhat Mihoubi, George Perendia, Johannes Pfeifer, Marco Ratto and Sébastien Villemot (2017). Dynare: Reference Manual, Version 4, Dynare Working Papers, 1, CEPREMAP.
- [2] Adolfson, M.; S. Laséen; J. Lindé, y M. Villani (2007). Bayesian estimation of an open economy DSGE model with incomplete pass-through. *Journal of International Economics*.
- [3] Adolfson, M.; S. Laséen; Lawrence Christiano; Mathias Trabandt y Karl Walentin (2013). Ramses II - Model. Description. Sveriges Riksbank.
- [4] Aguiar, A. y Drumond, I. (2009). Business cycles and capital requirements, Monetary policy transmission under the Basel accords. Manuscrito, CEMPRE, March 2009.
- [5] An, Sungbae y Schorfheide, Frank (2007). Bayesian Analysis of DSGE Models. *Econometric Reviews*.
- [6] Banbura, Marta; Domenico Giannone y Michele Lenza (2015). Conditional forecasts and scenario analysis with vector autoregressions for large cross-sections. *International Journal of Forecasting*.
- [7] Basel Committee on Banking Supervision (2005). An Explanatory Note on the Basel II IRB Risk Weight Functions. Bank for International Settlements.
- [8] Basel Committee on Banking Supervision (2006). International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards A Revised Framework. Bank for International Settlements.
- [9] Basel Committee on Banking Supervision (2017). Basel III: Finalising post-crisis reforms. Bank for International Settlements.
- [10] BCRP (2012). Reporte de Estabilidad Financiera. Mayo 2012. Recuadro 2: Condiciones Crediticias en el Mercado de Créditos Hipotecarios.
- [11] Bernanke, Ben; Gertler, Mark y Gilchrist, Simon (1999). The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework. *Handbook of Macroeconomics*.
- [12] Binder, Michael; Philipp Lieberknecht; Jorge Quintana; Volker Wieland (2017). Model Uncertainty in Macroeconomics: On the Implications of Financial Frictions. Institute for Monetary and Financial Stability.
- [13] Brazdik, Frantisek; Michal Hlavacek y Ales Marsal (2011). Survey of Research on Financial Sector Modeling within DSGE Models: What Central Banks Can Learn from It. Czech National Bank.
- [14] Castillo, P.; C. Montoro y V. Tuesta (2006). An Estimated Stochastic General Equilibrium Model with Partial Dollarization: A Bayesian Approach. Banco Central de Chile Documentos de Trabajo.
- [15] Castillo, P.; C. Montoro y V. Tuesta (2009). Un Modelo de Equilibrio General con Dolarización para la Economía Peruana. BCRP. Documentos de Trabajo.
- [16] Céspedes, Nikita y Fabrizio Orrego (2014). Competencia de intermediarios financieros en Perú. Documentos de Trabajo. BCRP.
- [17] Christiano, L.; M. Eichenbaum y C. Evans (2005). Nominal Rigidities and the dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*.

- [18] Christiano, L.; Roberto Motto y Massimo Rostagno (2004). The Great Depression and the Friedman-Schwartz Hypothesis.
- [19] Christiano, L. (2008). Technical Appendix on Financial Factors.
- [20] Christiano, L.; Roberto Motto y Massimo Rostagno (2010) Financial Factors in Economic Fluctuations. Working Paper. European Central Bank.
- [21] Christiano, L.; Roberto Motto y Massimo Rostagno (2014). Risk Shocks. American Economic Review.
- [22] Christiano, L.; M. Trabandt y K. Walentin (2011). Introducing financial frictions and unemployment into a small open economy model. Journal of Economic Dynamics and Control.
- [23] Christiano L. , Martin Eichenbaum y Mathias Trabandt (2018). On DSGE Models. Macroeconomics Research Group. Freie Universität Berlin.
- [24] Christoffel, Kai; Gunter Coenen, G. y Anders Warne (2007). Conditional versus unconditional forecasting with the New Area-Wide Model of the euro area. ECB. Working paper.
- [25] Christoffel, Kai; Gunter Coenen y Anders Warne (2008). The New Area-Wide Model of the Euro Area: A Micro-Founded Open-Economy Model for Forecasting and Policy Analysis. ECB. Working paper.
- [26] Christoffel, Kai; Gunter Coenen y Anders Warne (2010). Forecasting with DSGE Models. ECB. Working paper.
- [27] Choy, Marylin y Giancarlo Chang (2014). Medidas Macropрудenciales aplicadas en el Perú. Serie de Documentos de Trabajo. Working Paper series. Abril 2014.
- [28] Clerc, Laurent; Alexis Derviz; Caterina Mendicino; Stephane Moyon; Kalin Nikolov; Livio Stracca; Javier Suarez and Alexandros P. Vardoulakish (2015). International Journal of Central Banking.
- [29] Coenen, Günter; Peter Karadi; Sebastian Schmidt y Anders Warne (2018). The New Area-Wide Model II: an extended version of the ECBs micro-founded model for forecasting and policy analysis with a financial sector.
- [30] Coenen, Günter, Christopher J. Erceg, Charles Freedman, Davide Furceri, Michael Kumhof, René Lalonde, Douglas Laxton, Jesper Lindé, Annabelle Mourougane, Dirk Muir, Susanna Mursula, Carlos de Resende, John Roberts, Werner Roeger, Stephen Snudden, Mathias Trabandt, and Jan in't Veld. (2012). Effects of Fiscal Stimulus in Structural Models. American Economic Journal: Macroeconomics, 4(1): 22-68.
- [31] Coenen, Günter, Roland Straub y Mathias Trabandt (2012). Fiscal Policy and the Great Recession in the Euro Area. American Economic Review.
- [32] Coenen, Günter, Roland Straub y Mathias Trabandt (2013). Gauging the effects of fiscal stimulus packages in the euro area. Journal of Economic Dynamics & Control.
- [33] Cogley, Timothy, Sergei Morozov y Thomas J. Sargent (2005). Bayesian fan charts for U.K. inflation: Forecasting and sources of uncertainty in an evolving monetary system. Journal of Economic Dynamics & Control.
- [34] Copaciu, Mihai; Valeriu Nalban y Cristian Bulete (2016). R.E.M. 2.0 A DSGE model with partial euroization estimated for Romania. Occasional papers / National Bank of Romania.

- [35] Covas, F. y Fujita, S. (2010). Procyclicality of Capital Requirements in a General Equilibrium Model of Liquidity Dependence. *International Journal of Central Banking*
- [36] Dancourt, Oscar y Gustavo Ganiko (2009). Préstamos en moneda nacional y política monetaria en el Perú. CIES.
- [37] Darracq Pariès, Matthieu; Kok, Christoffer; Rodriguez-Palenzuela, Diego, (2011). Macroeconomic Propagation under different regulatory regimes. Evidence from an estimated DSGE model for the euro area. *International Journal of Central Banking*.
- [38] Darracq Pariès, Matthieu; Christoffer Kok y Gauthier Vermandel (2015). Cross-border Banking, Macroprudential Policy and Global Spillovers.
- [39] Darracq Pariès, Matthieu; Pascal Jacquinot y Niki Papadopoulou (2016). Parsing financial fragmentation in the euro area: a multi-country DSGE perspective. ECB. Working paper.
- [40] Darracq Pariès, Matthieu; Pascal Jacquinot y Niki Papadopoulou (2018a). Synopsis of the Euro Area Financial Crisis.
- [41] Darracq Pariès, Matthieu; Jenny Korner y Niki Papadopoulou (2018b). Empowering Central Bank Asset Purchases: The Role of Financial Policies.
- [42] De Castro, M; Solange N. Gouvea; André Minella; Rafael R. Santos y Nelson F. Sousa-Sobrinho (2011). SAMBA: Stochastic Analytical Model with Bayesian Approach. Banco Central do Brasil. Working Paper Series.
- [43] Del Negro, M; R. B. Hasegawa y F. Schorfheide (2016). Dynamic prediction pools: An investigation of financial frictions and forecasting performance. *Journal of Econometrics*.
- [44] Del Negro, Marco y Frank Schorfheide (2013). DSGE Model-Based Forecasting. *Handbook of Economic Forecasting II*.
- [45] Durbin, J. y Koopman, S. (2002). A simple and efficient simulation smoother for state space time series analysis. *Biometrika*.
- [46] Fabia A. de Carvalho, Marcos R. Castro & Silvio M. A. Costa. 2014. Traditional and matter-of-fact financial frictions in a DSGE model for Brazil: the role of macroprudential instruments and monetary policy. *BIS Working Papers*
- [47] Fabia A. de Carvalho & Marcos R. Castro (2015). Foreign capital flows, credit growth and macroprudential policy in a DSGE model with traditional and matter-of-fact financial frictions. Banco Central do Brasil Working Papers.
- [48] Fabia A. Carvalho & Marcos R. Castro (2017): Macroprudential policy transmission and interaction with fiscal and monetary policy in an emerging economy: a DSGE model for Brazil, *Macroeconomics and Finance in Emerging Market Economies*, DOI:10.1080/17520843.2016.1270982.
- [49] Galí, Jordi (2009). *Revista Moneda*. BCRP.
- [50] Gerali, A.; S. Neri; L. Sessa y F. M. Signoretti (2010). Credit and Banking in a DSGE Model. *Journal of Money, Credit and Banking*.
- [51] González, Andrés; Lavan Mahadeva, Juan D. Pradax, Diego Rodríguez (2011). Policy Analysis Tool Applied to Colombian Needs: PATACON, Model Description. Borradores de Economía. Banco de la República de Colombia.

- [52] Hamilton, James D. (1994). Time Series Analysis. Princeton University Press.
- [53] Hodbod, Alexander; Stefanie J. Huber y Konstantin Vasilev (2016). Sectoral Risk Weights and Macroprudential Policy.
- [54] Huayta, Katia; Antonella Garcia y Narda Sotomayor (2017). Análisis de la competencia que enfrentan las instituciones microfinancieras peruanas y el impacto sobre su estabilidad financiera. SBS. Documentos de Trabajo.
- [55] Kumhof, Michael; Douglas Laxton; Dirk Muir, y Susanna Mursula (2010). The Global Integrated Monetary and Fiscal Model (GIMF) Theoretical Structure. IMF Working Paper.
- [56] Lahura, Erick (2017). El efecto traspaso de la tasa de interés de política monetaria en Perú: Evidencia reciente. Revista Estudios Económicos. BCRP.
- [57] Ley Nro. 26702. Diario Oficial El Peruano. Ley General del Sistema Financiero y del Sistema de Seguros y Orgánica de la Superintendencia de Banca y Seguros. Promulgada en diciembre de 1996. Archivo Digital de la Legislación del Perú.
- [58] Lindé, Jesper (2018). DSGE models: still useful in policy analysis?. Oxford Review of Economic Policy.
- [59] Mendicino, Caterina; Kalin Nikolov; Javier Suarez y Dominik Supera (2017). Optimal Dynamic Capital Requirements. Journal of Money, Credit and Banking.
- [60] Merton, R. C. (1974) On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. Journal of Finance.
- [61] Meyer-Gohde, Alexander (2010). Matlab code for one-sided HP-filters. Quantitative Macroeconomics & Real Business Cycles.
- [62] Pfeifer, Johannes (2017). Discussion of The New Area-Wide Model II: Gunter Coenen, Peter Karadi, Sebastian Schmidt, Anders Warne.
- [63] Pfeifer, Johannes (2018). A Guide to Specifying Observation Equations for the Estimation of DSGE Models.
- [64] Quagliariello, Mario (2009). Stress-testing the Banking System, Methodologies and Applications. Cambridge University Press.
- [65] Ribeiro, Joao (2015). Medidas Macroprudenciales y Manejo de Política Monetaria en una Economía Pequeña y Abierta. Revista Estudios Económicos. BCRP.
- [66] Roberts, G. O.; A. Gelman y W. R. Gilks (1997). Weak Convergence and Optimal Scaling of Random Walk Metropolis Algorithms. The Annals of Applied Probability.
- [67] Rudolf, Barbara y Mathias Zurlinden (2014). A compact open economy DSGE model for Switzerland. SNB Economic Studies.
- [68] Salas, Jorge (2011). Estimación bayesiana de un modelo de pequeña economía con dolarización parcial. Revistas Estudios Económicos. BCRP.
- [69] Sánchez, Elmer (2016): Mortgage Credit: Lending and Borrowing Constraints in a DSGE Framework. Documentos de Trabajo. BCRP.

- [70] SBS: Resolución S.B.S. Nro. 11356 - 2008. Reglamento para la Evaluación y Clasificación del Deudor y la Exigencia de Provisiones.
- [71] SBS: Resolución Nro. 14354-2009. Reglamento para el Requerimiento de Patrimonio Efectivo por Riesgo de Crédito.
- [72] SBS: Resolución Nro. 3780 -2011. Reglamento de Gestión de Riesgo de Crédito.
- [73] Sergi, Francesco (2017). The Standard Narrative on History of Macroeconomics: Central Banks and DSGE Models.
- [74] Schorfheide, Frank (2000). Loss function-based evaluation of DSGE models. *Journal of Applied Econometrics*.
- [75] Smets, F. y R. Wouters (2003). An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area. *Journal of the European Economic Association*.
- [76] Smets, F. y R. Wouters (2007). Shocks and Frictions in the US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. *American Economic Review*.
- [77] Smets, Frank; Kai Christoffel, Günter Coenen, Roberto Motto, Massimo Rostagno (2010). DSGE models and their use at the ECB. *Spanish Economic Review*.
- [78] Uhlig, Harald (1995) .A Toolkit for Analyzing Nonlinear Dynamic Stochastic Models Easily. Federal Reserve Bank of Minneapolis, Institute of Empirical Economics.
- [79] Vega, Hugo (2013). Entrevista al Profesor Lawrence Christiano. *Revista Moneda*. BCRP.
- [80] Vega, Marco (2015). Monetary Policy, Financial Dollarization and Agency Costs. *Documentos de Trabajo* BCRP.
- [81] Viladegut, Hugo y Miguel Cabello (2014). El canal de crédito en el Perú: Una aproximación SVAR. *Revista Estudios Económicos*. BCRP.

A Calibración de $\bar{\omega}$ y σ

$$j \in \{E, HH\} \quad [\text{A.1}]$$

Partimos de los momentos de ω_j

$$\begin{aligned} E(\omega_j) &= 1 \\ \text{Var}(\omega_j) &= v_j \end{aligned} \quad [\text{A.2}]$$

De los cuales obtenemos el parámetro que aparece en una densidad lognormal

$$\sigma_j = \sqrt{\ln(1 + v_j)} \quad [\text{A.3}]$$

Utilizamos las ecuaciones de Euler modificadas

$$1 = \beta_j(1 + \bar{R}_j)\mathcal{Y}_j(\bar{\omega}_j, \sigma_j) \quad [\text{A.4}]$$

$$\mathcal{Y}_j(\bar{\omega}_j, \sigma_j) = \frac{1 - \Phi\left(\frac{\ln(\bar{\omega}_j) + 0.5\sigma_j^2}{\sigma_j}\right)}{1 - \Phi\left(\frac{\ln(\bar{\omega}_j) + 0.5\sigma_j^2}{\sigma_j}\right) - \mu_j \phi\left(\frac{\ln(\bar{\omega}_j) + 0.5\sigma_j^2}{\sigma_j} - \sigma_j\right) \frac{\omega_j}{\sigma_j}} \quad [\text{A.5}]$$

$$\bar{\mathcal{F}}_j = \Phi\left(\frac{\ln(\bar{\omega}_j) + 0.5\sigma_j^2}{\sigma_j}\right) \quad [\text{A.6}]$$

$\bar{\mathcal{F}}_j$ denota probabilidad de default de estado estacionario, consideramos el promedio histórico de tasas de morosidad (2.92 y 1.93 por ciento para empresas y para viviendas, respectivamente), ϕ denota una densidad normal estandarizada y tomamos como dado β_j , $\bar{R}_j$ y μ_j . Con (A.6) y reemplazando (A.5) en (A.4) tenemos dos ecuaciones en dos variables $\bar{\omega}_j$ y σ_j (en específico de v_j). Este sistema es resuelto con `fsolve` de Matlab.

B VAR Foráneo y Shocks Estructurales

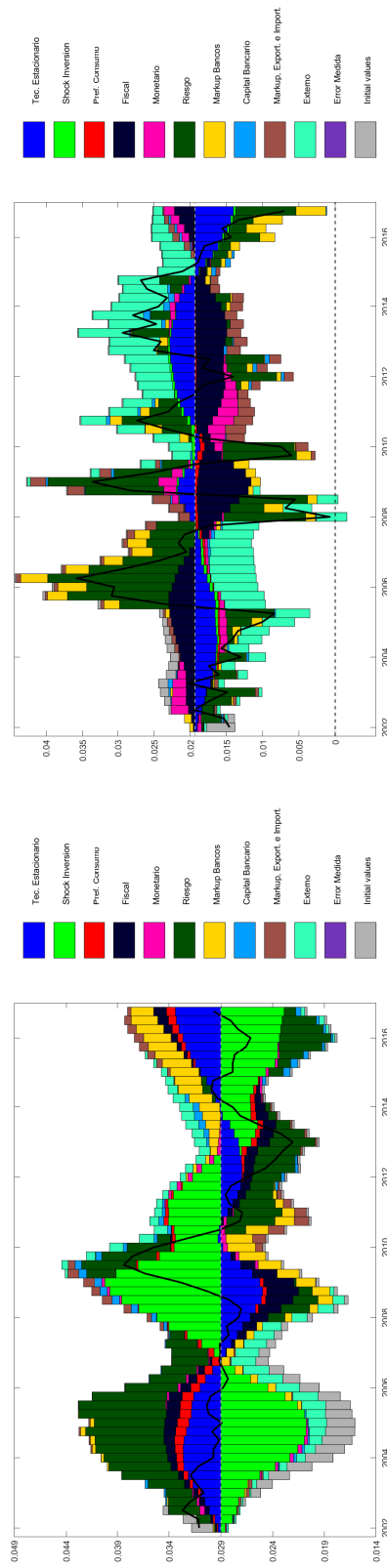
Cuadro 4: Results from Metropolis-Hastings (parameters)

		Prior			Posterior		
		Dist.	Mean	Stdev.	Mean	Stdev.	HPD inf HPD sup
a_{11}	norm	0.900	0.0500	0.917	0.0210	0.8828	0.9533
a_{22}	norm	0.100	0.1500	-0.052	0.0797	-0.1846	0.0756
a_{33}	norm	0.900	0.0100	0.899	0.0084	0.8848	0.9127
a_{12}	norm	0.300	0.2500	0.154	0.1026	-0.0190	0.3116
a_{13}	norm	-0.500	0.1500	-0.114	0.1209	-0.3238	0.0820
a_{21}	norm	0.050	0.0500	-0.023	0.0241	-0.0606	0.0185
a_{23}	norm	-0.100	0.1000	-0.038	0.0813	-0.1755	0.0926
a_{31}	norm	0.010	0.0100	-0.014	0.0032	-0.0191	-0.0086
a_{32}	norm	0.090	0.0500	-0.004	0.0108	-0.0219	0.0142
c_{21}	norm	0.150	0.1000	0.250	0.0650	0.1412	0.3534
c_{31}	norm	0.150	0.0500	0.048	0.0147	0.0232	0.0706
c_{32}	norm	0.050	0.0500	0.021	0.0125	0.0010	0.0396

Cuadro 5: Results from Metropolis-Hastings (structural shocks)

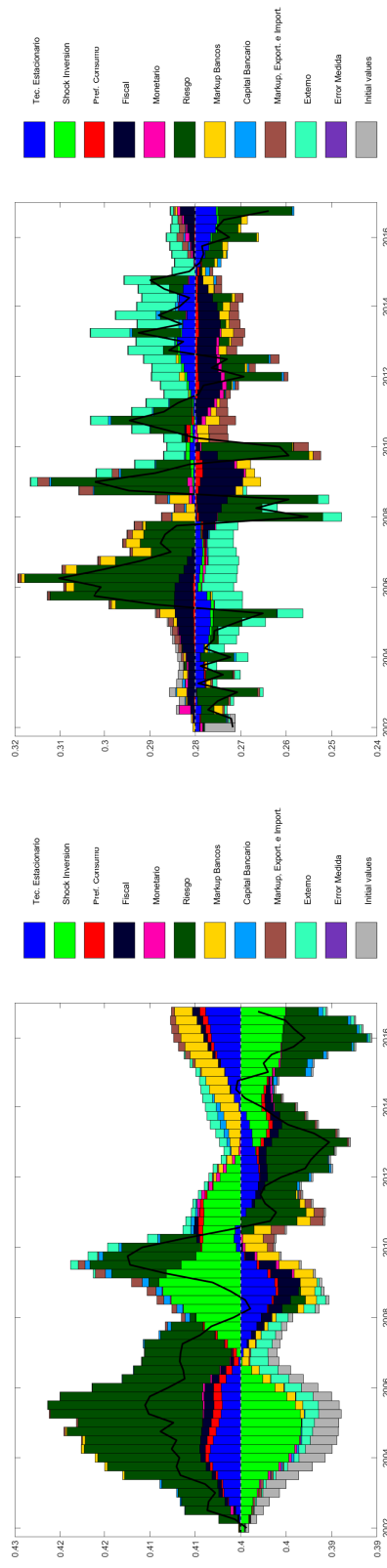
	Prior			Posterior			
	Dist.	Mean	Stdev.	Mean	Stdev.	HPD inf	HPD sup
ρ_a	beta	0.500	0.2000	0.773	0.0737	0.6572	0.8901
ρ_b	beta	0.500	0.2000	0.864	0.0362	0.8101	0.9227
ρ_g	beta	0.500	0.2000	0.894	0.0247	0.8537	0.9352
ρ_i	beta	0.500	0.2000	0.800	0.0655	0.7063	0.9097
ρ_{a_D}	beta	0.500	0.2000	0.902	0.0175	0.8737	0.9317
ρ_D	beta	0.500	0.1750	0.588	0.1573	0.3168	0.8428
ρ_{R_L}	beta	0.500	0.2000	0.217	0.0955	0.0563	0.3683
$\rho_{R_L E}$	beta	0.500	0.2000	0.251	0.0990	0.0737	0.3900
ρ_{R_D}	beta	0.500	0.2000	0.724	0.0528	0.6335	0.8093
$\rho_{Bankcap}$	beta	0.500	0.2000	0.524	0.1177	0.3371	0.7119
ρ_σ	beta	0.500	0.2000	0.864	0.0609	0.7619	0.9590
$\rho_{\sigma_{HH}}$	beta	0.500	0.2000	0.406	0.0824	0.2734	0.5438
ϵ_A	unif	1.250	0.7217	0.243	0.0364	0.1862	0.3038
ϵ_B	invg	2.000	Inf	0.564	0.0611	0.4693	0.6672
ϵ_G	unif	5.000	2.8868	2.852	0.3015	2.3570	3.3357
ϵ_I	invg	0.250	Inf	0.166	0.0241	0.1253	0.2029
ϵ_R	invg	0.250	Inf	0.170	0.0153	0.1435	0.1927
ϵ_{R_L}	invg	0.250	2.0000	1.119	0.4051	0.6597	1.9378
$\epsilon_{R_L E}$	invg	0.250	2.0000	0.076	0.0160	0.0510	0.1023
ϵ_{R_D}	invg	0.100	2.0000	0.028	0.0034	0.0223	0.0332
ϵ_{AD}	unif	5.000	2.8868	3.272	0.3888	2.6390	3.8860
ϵ_D	invg	2.000	Inf	1.916	1.1369	0.5289	3.8730
$\epsilon_{Bankcap}$	invg	2.000	Inf	1.727	0.2577	1.3186	2.1544
ϵ_σ	invg	0.250	Inf	0.029	0.0000	0.0294	0.0294
$\epsilon_{\sigma_{HH}}$	unif	1.000	0.5774	0.049	0.0049	0.0405	0.0560
$\epsilon_{R^{star}}$	invg	1.500	Inf	0.655	0.0629	0.5427	0.7434
$\epsilon_{p\tilde{h}i}$	invg	0.150	Inf	0.123	0.0216	0.0847	0.1553
$\epsilon_{y^{star}}$	invg	0.500	Inf	0.615	0.0516	0.5341	0.7030
$\epsilon_{\pi^{star}}$	invg	0.500	0.5000	0.705	0.0613	0.5983	0.7964
ϵ_{τ^x}	invg	0.500	Inf	2.011	0.2912	1.5298	2.4757
$\epsilon_{\tau^{mc}}$	invg	0.500	Inf	0.906	0.2809	0.4933	1.3659
$\epsilon_{\tau^{mi}}$	invg	0.500	Inf	0.534	0.1487	0.2799	0.7658
$\epsilon_{\tau^{mx}}$	invg	0.500	Inf	1.666	0.4010	1.0336	2.2966

C Descomposiciones Históricas PD y LGD bajo Método Estándar



(a) Probabilidad de Default Empresas

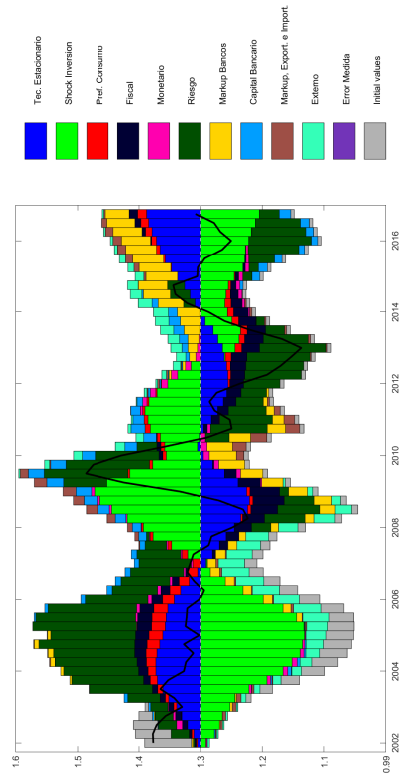
(b) Probabilidad de Default Hogares



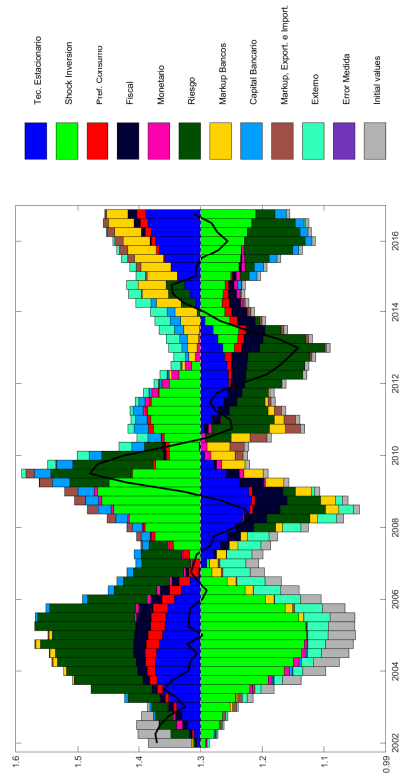
(c) LGD Empresas

(d) LGD Hogares

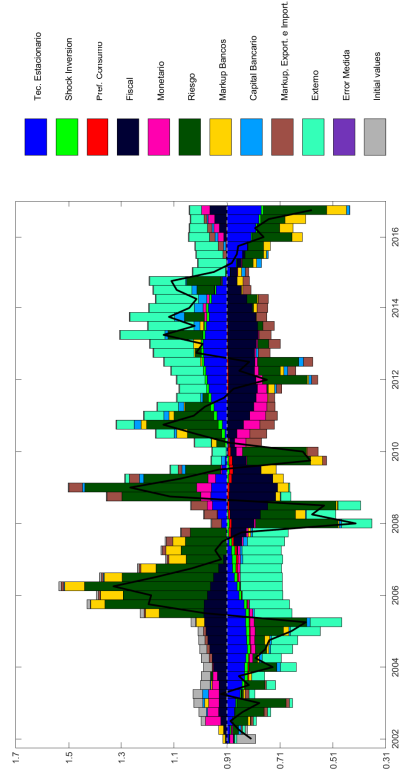
D Contrafactual: Ponderadores de Riesgos



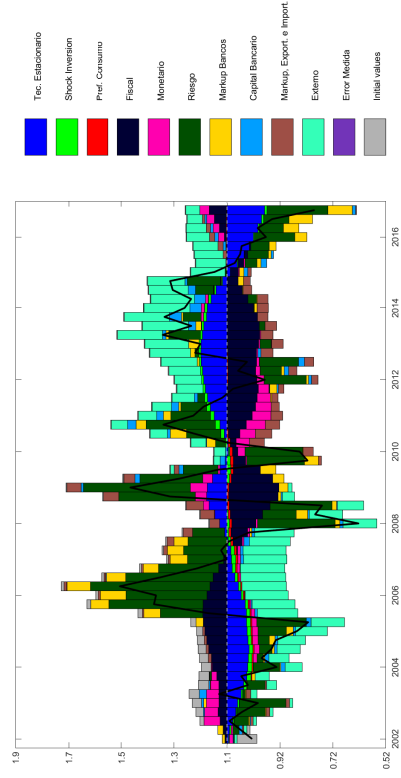
(a) IRB avanzado: Créditos empresariales



(c) IRB Básico: Créditos empresariales



(b) IRB avanzado: Créditos para vivienda



(d) IRB Básico: Créditos para vivienda

E Data utilizada en la estimación

Respecto a tasas de interés empresariales, dada una reclasificación de créditos en el 2010, emparejamos tasas de interés de Créditos Comerciales con Créditos Corporativos, a Grandes y Medianas Empresas que aparecen en la reclasificación. Los créditos de las Microempresas los emparejamos con Pequeñas y Microempresas, así tenemos dos grupos. Para obtener la tasa de interés empresarial ponderamos las resultantes según moneda y tipo de crédito con estos grupos, se consideran pesos constantes de diciembre del 2016. Fuente: BCRP.

Así también, las tasas de interés de créditos hipotecarios se obtienen ponderando según la composición de monedas a diciembre del 2016. Fuente: BCRP.

Obtenemos un quiebre menor en las series resultantes que resolvemos aplicando un empalme simple. Asimismo, extraemos el componente cíclico de tasas de interés a empresas y familias con el filtro HP unilateral. Pfeifer (2018) recomienda no usar un filtro bilateral como el filtro HP o el de Baxter y King cuando se quita tendencia a datos para estimación DSGE o de Vectores Autoregresivos debido a que la solución del modelo toma la forma de un sistema espacio estado backward looking, $x(t) = f(x(t-1)) + e(t)$, la solución de hoy depende sólo de valores actuales y pasados, a diferencia de los filtros bilaterales que consideran valores futuros, lo cual contradice la estructura backward looking de la solución del modelo. Los códigos del filtro HP provienen de Meyer-Gohde (2010).

En créditos empresariales, incluimos créditos comerciales y microempresariales hasta julio 2010 y corporativos, grandes, medianas, pequeñas y microempresas a partir de agosto 2010. Los datos fueron desestacionalizados con promedio móvil, además de utilizarse el deflactor IPC, a fin que corresponda al presentado en el modelo donde aparece en términos reales. Fuente: SBS.

De igual manera, créditos hipotecarios es desestacionalizado con promedio móvil y deflactado con IPC. Fuente: SBS.

Para tasa de depósitos se considera el promedio ponderado de TIPMN y TIPMEX de las empresas bancarias, según moneda. Fuente: BCRP.

Depósitos del público también es desestacionalizado con promedio móvil y deflactado con IPC. Fuente: SBS.

Consumo privado, inversión privada, exportaciones, importaciones y PBI son desestacionalizados con promedios móviles. Los deflactores son calculados como ratios entre valores nominales y reales de series desestacionalizadas. Asimismo, se utiliza el Índice del tipo de cambio real multilateral. Medimos el empleo con el Índice de empleo total Urbano de 10 y más trabajadores, desestacionalizado con promedio móvil. Asimismo salarios reales son medidos como el promedio de Ingreso Mensual en Lima Metropolitana, desestacionalizado y deflactado con IPC. Se incluye también la tasa interbancaria. Fuente: BCRP.

Las series son incluidas como desvíos respecto a los promedios históricos. Asimismo, siguiendo a CTW, para los deflactores se asume errores de medida iguales a 25 por ciento de la varianza de la serie respectiva. Para el producto, consumo, inversión, exportaciones, importaciones, crédito empresarial, salarios, empleo y tipo de cambio real asumimos errores de medida con varianza igual al 10 por ciento de la serie respectiva.

En la agenda, al final del documento, se presentan algunas consideraciones adicionales sobre el tratamiento de los datos.

F Ponderadores de Riesgos

Para la economía peruana en diciembre de 1996, en la Ley General del Sistema Financiero Nota (Ley Nro. 26702), se establecieron valores para los ponderadores de riesgos, para créditos de vivienda y empresariales de 50 % y 100 %, respectivamente (artículos 192 y 193).

Estos valores estuvieron vigentes hasta junio del 2010 (SBS (2009)), a partir de allí los ponderadores son cambiantes en el tiempo y dependen de variables asociadas a cada crédito.

F.1 Hipotecarios

Inicialmente los ponderadores dependían del ratio crédito-valor de vivienda (LTV), y de los días de atraso, así para un ratio menor a uno y con no más de 90 días de atraso se asignaba un ponderador de 50 %.

Al respecto, el ratio LTV para créditos hipotecarios en entidades bancarias alcanzaban valores entre 80 % y 90 %, BCRP (2012), y la cartera con calificación de deficiente, dudoso y pérdida, donde incluyen aquellos con más de 60 días de atraso, representa el 5.3 % a diciembre del 2016, por lo que suponer que el ponderador representativo se mantuvo en 50 % durante este periodo no sería uno muy fuerte.

El 2013 entra en vigencia variables adicionales como tasa fija o variable y tipo de moneda, en base a los cuales se establecen umbrales a indicadores prudenciales. El *indicador prudencial* es medido como saldo del crédito respecto del valor del inmueble (LTV), tiene umbrales entre 65 y 90 por ciento. Considerando el párrafo anterior asumiremos que los ratios son menores a los umbrales. Asimismo, se considera el plazo residual, aquí asumiremos que el plazo residual representativo es menor a 20 años.

En el caso de créditos con garantías inscritas se establece un ponderador de 50 %, caso contrario se fija un ponderador de 100 %. Un resumen ilustrativo es presentado en el Apéndice C de Choy y Chang (2014). Asumimos que el caso representativo es el primero, y el ponderador es fijado en 50 % en todo el periodo de muestra.

F.2 Empresariales

Para exposiciones empresariales se fijan dos ponderadores de 100 % y 150 %, el ponderador es de 150 % cuando las provisiones específicas son menores al 20 % del saldo de exposición y cuando hay un atraso mayor a 90 días.

Para microempresas y pequeñas empresas se consideran en la categoría de dudoso y pérdida cuando los días atraso sean mayores a 60. Para corporativos, grandes empresas y medianas empresas se consideran en la categoría deficiente, dudoso y pérdida aquellos con mayores a 60.

Así, el rango más cercano al de 90 días que engloba ambas divisiones es deficiente, dudoso y pérdida. Provisiones específicas respectivas en este rango son mayores a 25 % del saldo, excepto en las tablas 2 y 3 correspondiente a deficiente (el mismo que representa 1.2 % de la cartera a diciembre del 2016). Por lo tanto, consideramos que asumir que el ponderador representativo es 100 % no sería muy restrictivo.

G Umbral de Incumplimiento de Hogares $\bar{\omega}_{HH,t}$

El prestatario puede caer en default. Ahorradores no pueden forzar prestatarios a pagar. En su lugar, créditos son intermediados por bancos comerciales que tienen una tecnología que permite embargar colaterales en un valor equivalente a

$$\omega_{HH,t} A_{HH,t}^b = (1 - \chi_{HH}) \omega_{HH,t} \tilde{Q}_{D,t} T_{D,t} (1 - \delta) D_{t-1}^b$$

Con un costo de proporcional de $\mu_{HH} \omega_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b$. χ_{HH} representa exenciones.

Hay un umbral, $\bar{\omega}_{HH,t}$, con el cual el valor del colateral cubre la deuda

$$\frac{(1 + R_{HH,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{HH,t-1} = \bar{\omega}_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b \quad [\text{G.1}]$$

Así se tienen dos posibles escenarios dependiendo de $\omega_{HH,t}$ que afectan el valor del pago del deudor:

$$Pago = \begin{cases} \omega_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b & \text{si } \omega_{HH,t} < \bar{\omega}_{HH,t} \\ \frac{(1 + R_{HH,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{HH,t-1} & \text{si } \omega_{HH,t} \geq \bar{\omega}_{HH,t} \end{cases}$$

Por tanto el valor esperado del pago $E(Pago)$ que hace el deudor viene dado por

$$= \int_0^{\bar{\omega}_{HH,t}} \omega_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) + \int_{\bar{\omega}_{HH,t}}^{\infty} \frac{(1 + R_{HH,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{HH,t-1} d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) \quad [\text{G.2}]$$

Utilizando (D.1):

$$\begin{aligned} &= \int_0^{\bar{\omega}_{HH,t}} \omega_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) + \int_{\bar{\omega}_{HH,t}}^{\infty} \bar{\omega}_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) \\ &= \left\{ \int_0^{\bar{\omega}_{HH,t}} \omega_{HH,t} d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) + \int_{\bar{\omega}_{HH,t}}^{\infty} \bar{\omega}_{HH,t} d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) \right\} \tilde{A}_{HH,t}^b \\ &= H(\bar{\omega}_{HH,t}) \tilde{A}_{HH,t}^b \end{aligned}$$

Donde definimos:

$$H(\bar{\omega}_{HH,t}) = \int_0^{\bar{\omega}_{HH,t}} \omega_{HH,t} d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) + [1 - \mathcal{F}(\bar{\omega}_{HH,t})] \bar{\omega}_{HH,t} \quad [\text{G.3}]$$

Los dos posibles rangos de $\omega_{HH,t}$ también influyen en el monto que reciben los bancos comerciales (netos de costos de monitoreo):

$$Recuperacion = \begin{cases} \omega_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b - \mu_{HH} \omega_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b & \text{si } \omega_{HH,t} < \bar{\omega}_{HH,t} \\ \frac{(1 + R_{HH,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{HH,t-1} = \bar{\omega}_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b & \text{si } \omega_{HH,t} \geq \bar{\omega}_{HH,t} \end{cases} \quad [\text{G.4}]$$

Por tanto, el valor esperado del monto que recupera el banco $E(Recuperacion)$ viene dado por

$$\int_0^{\bar{\omega}_{HH,t}} (1 - \mu_{HH}) \omega_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) + \int_{\bar{\omega}_{HH,t}}^{\infty} \bar{\omega}_{HH,t} \tilde{A}_{HH,t}^b d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) \quad [\text{G.5}]$$

Sea:

$$G(\bar{\omega}_{HH,t}) = \int_0^{\bar{\omega}_{HH,t}} (1 - \mu_{HH}) \omega_{HH,t} d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) + \int_{\bar{\omega}_{HH,t}}^{\infty} \bar{\omega}_{HH,t} d\mathcal{F}(\omega_{HH,t}) \quad [\text{G.6}]$$

Entonces podemos representar la utilidad por:

$$G(\bar{\omega}_{HH,t}) \tilde{A}_{HH,t}^b - \frac{(1 + R_{HH,t-1})}{1 + \pi_t} B_{HH,t-1} \quad [\text{G.7}]$$

$R_{HH,t}$ es la tasa de interés en la cual los bancos comerciales obtienen financiamiento. $R_{HH,t}^L$ es la tasa de interés del crédito a los hogares. Competencia entre bancos asegura que las utilidades considerando el riesgo de crédito son nulas en equilibrio.

Cada prestatario maximiza su función de utilidad con respecto a $(\tilde{C}_t, \tilde{D}_t, B_{HH,t}, \bar{\omega}_{HH,t}, N_{C,t}, N_{D,t})$ sujeto a la restricción presupuestaria.

$$\begin{aligned} \tilde{C}_t + \tilde{Q}_{D,t} T_{D,t} (\tilde{D}_t - (1 - \delta) \tilde{D}_t) + H(\bar{\omega}_{HH,t}) \tilde{A}_{HH,t}^b = \\ B_{HH,t} + \tilde{T} \tilde{T}_t + \tilde{w}_{C,t} \tilde{N}_{C,t} + \tilde{w}_{D,t} \tilde{N}_{D,t} \end{aligned} \quad [\text{G.8}]$$

y la condición de utilidad cero de los bancos comerciales.

Las condiciones de optimalidad asociadas al problema del prestatario dependen de $G(\bar{\omega}_{HH,t})$ y $H(\bar{\omega}_{HH,t})$, las cuales dependen de la función de densidad log-normal asociada $f(\omega)$ con media 1 y varianza σ_{HH}^2 . Siguiendo a BGG haremos un cambio de variable y expresaremos estos términos en función de una densidad normal estandarizada, una demostración se puede ver en Christiano (2008, págs. 13-14) y Kumhof et al. (2010, págs. 64-66).

$$\begin{aligned} z_{HH,t} &= \frac{\ln(\bar{\omega}_{HH,t}) + 0.5\sigma_{HH,t}^2}{\sigma_{HH,t}} \\ \mathcal{F}(\bar{\omega}_{HH,t}) &= \Phi(z_{HH,t}) = \text{Probabilidad de Default} \\ \Omega(\bar{\omega}_{HH,t}) &= \int_0^{\bar{\omega}_{HH,t}} \omega d\mathcal{F} = \Phi(z_{HH,t} - \sigma_{HH,t}) \\ H(\bar{\omega}_{HH,t}) &= \bar{\omega}_{HH,t} [1 - F(\bar{\omega}_{HH,t})] + \Omega(\bar{\omega}_{HH,t}) \\ G(\bar{\omega}_{HH,t}) &= H(\bar{\omega}_{HH,t}) - \mu_{HH} \Omega(\bar{\omega}_{HH,t}) \end{aligned} \quad [\text{G.9}]$$

Utilizando el Teorema de Leibniz, podemos escribir las derivadas

$$\begin{aligned} \mathcal{F}'(\bar{\omega}_{HH,t}) &= \frac{\phi(z_{HH,t})}{\sigma_{HH} \bar{\omega}_{HH,t}} \\ \Omega'(\bar{\omega}_{HH,t}) &= \frac{\phi(z_{HH,t} - \sigma_{HH,t})}{\sigma_{HH,t} \bar{\omega}_{HH,t}} = \bar{\omega}_{HH,t} f(\bar{\omega}_{HH,t}) \\ H'(\bar{\omega}_{HH,t}) &= 1 - \Phi(z_{HH,t}) \\ \mathcal{Y}_{HH}(\bar{\omega}_{HH,t}) &= \frac{H'(\bar{\omega}_{HH,t})}{G'(\bar{\omega}_{HH,t})} = \frac{1 - \Phi(z_{HH,t})}{1 - \Phi(z_{HH,t}) - \mu_{HH} \bar{\omega}_{HH,t} f(\bar{\omega}_{HH,t})} \end{aligned} \quad [\text{G.10}]$$

H Umbral de Incumplimiento de Empresas $\bar{\omega}_{E,t}$

Capital fijo de empresarios son sujetos a shocks idiosincráticos multiplicativos $\omega_{E,t}$.

Estos shocks son se distribuyen según una función de densidad log-normal con media 1 y varianza $AR(1)$.

El valor del colateral que el banco puede tomar es

$$\omega_{E,t}\tilde{A}_{E,t} = \omega_{E,t}(1 - \chi_E)(1 - \delta_K)(Q_t^C K_{t-1}^C + Q_t^D K_{t-1}^D) \quad [\text{H.1}]$$

Bancos pueden tomar colateral $\omega_{E,t}\tilde{A}_{E,t}$, cuando el empresario no paga, con un costo de $\mu_H \omega_{E,t}\tilde{A}_{E,t}$. χ_E refleja la habilidad de colateralizar capital.

Hay un umbral, $\bar{\omega}_{E,t}$, con el cual el valor del colateral cubre la deuda

$$\frac{(1 + R_{E,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{E,t-1} = \bar{\omega}_{E,t}\tilde{A}_{E,t} \quad [\text{H.2}]$$

Así se tienen dos posibles escenarios, dependiendo de $\omega_{E,t}$, que afectan el valor del reembolso que hace el deudor:

$$Reembolso = \begin{cases} \omega_{E,t}\tilde{A}_{E,t} & \text{si } \omega_{E,t} < \bar{\omega}_{E,t} \\ \frac{(1+R_{E,t}^L)}{1+\pi_t} B_{E,t-1} & \text{si } \omega_{E,t} \geq \bar{\omega}_{E,t} \end{cases}$$

Por tanto el pago esperado $E(Reembolso)$ que realiza el prestatario

$$= \int_0^{\bar{\omega}_{E,t}} \omega_{E,t}\tilde{A}_{E,t} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) + \int_{\bar{\omega}_{E,t}}^{\infty} \frac{(1 + R_{E,t}^L)}{1 + \pi_t} B_{E,t-1} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) \quad [\text{H.3}]$$

Utilizando (E.1):

$$\begin{aligned} &= \int_0^{\bar{\omega}_{E,t}} \omega_{E,t}\tilde{A}_{E,t} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) + \int_{\bar{\omega}_{E,t}}^{\infty} \bar{\omega}_{E,t}\tilde{A}_{E,t} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) \\ &= \left\{ \int_0^{\bar{\omega}_{E,t}} \omega_{E,t} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) + \int_{\bar{\omega}_{E,t}}^{\infty} \bar{\omega}_{E,t} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) \right\} \tilde{A}_{E,t} \\ &= H(\bar{\omega}_{E,t})\tilde{A}_{E,t} \end{aligned}$$

Donde definimos:

$$H^E(\bar{\omega}_{E,t}) = \int_0^{\bar{\omega}_{E,t}} \omega_{E,t} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) + [1 - \mathcal{F}(\bar{\omega}_{E,t})]\bar{\omega}_{E,t} \quad [\text{H.4}]$$

Los dos posibles rangos de $\omega_{E,t}$ también influyen en el monto que reciben los bancos comerciales:

$$Recuperacion = \begin{cases} \omega_{E,t}\tilde{A}_{E,t} - \mu_E \omega_{E,t}\tilde{A}_{E,t} & \text{si } \omega_{E,t} < \bar{\omega}_{E,t} \\ \frac{(1+R_{E,t}^L)}{1+\pi_t} B_{E,t-1} = \bar{\omega}_{E,t}\tilde{A}_{E,t} & \text{si } \omega_{E,t} \geq \bar{\omega}_{E,t} \end{cases}$$

Por tanto el monto esperado que recupera el banco $E(Recuperacion)$ viene dado por

$$\int_0^{\bar{\omega}_{E,t}} (1 - \mu_E) \omega_{E,t}\tilde{A}_{E,t} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) + \int_{\bar{\omega}_{E,t}}^{\infty} \bar{\omega}_{E,t}\tilde{A}_{E,t} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) \quad [\text{H.5}]$$

Sea:

$$G^E(\bar{\omega}_{E,t}) = \int_0^{\bar{\omega}_{E,t}} (1 - \mu_E) \omega_{E,t} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) + \int_{\bar{\omega}_{E,t}}^{\infty} \bar{\omega}_{E,t} d\mathcal{F}(\omega_{E,t}) \quad [\text{H.6}]$$

Entonces podemos representar la utilidad por:

$$G^E(\bar{\omega}_{E,t}) \tilde{A}_{E,t} - \frac{(1 + R_{E,t-1})}{1 + \pi_t} B_{E,t-1}$$

$R_{E,t}$ es la tasa de interés en la cual los bancos comerciales obtienen financiamiento. $R_{E,t}^L$ es la tasa de interés del crédito a los empresarios. Competencia entre bancos asegura que las utilidades considerando riesgo de crédito son nulas en equilibrio.

Finalmente, cada empresario maximiza su función de utilidad con respecto a $(C_t^E, K_t^C, K_t^D, u_t^C, u_t^D, B_t^E, \bar{\omega}_{E,t}, L)$ s.a:

$$\begin{aligned} C_t^E + Q_t^C(K_t^C - (1 - \delta_K)K_{t-1}^C) + Q_t^D(K_t^D - (1 - \delta_K)K_{t-1}^D)H^E(\bar{\omega}_{E,t})\tilde{A}_{E,t} = \\ B_{E,t} + MC_t Z_t + MC_{D,t} Z_{D,t} - W_{C,t}^r L_{C,t} - W_{D,t}^r L_{D,t} - p_{l,t} \mathcal{L}_t \\ - a(u_{t^C})K_{t-1}^C - a(u_{t^D})K_{t-1}^D + TT_t^E \end{aligned} \quad [\text{H.7}]$$

junto con la condición de utilidad cero de los bancos.

Como en el caso se hogares prestatarios, definimos

$$\begin{aligned} z_{E,t} &= \frac{\ln(\bar{\omega}_{E,t}) + 0.5\sigma_{E,t}^2}{\sigma_{E,t}} \\ \mathcal{F}(\bar{\omega}_{E,t}) &= \Phi(z_{E,t}) = \text{Probabilidad de Default} \\ \Omega(\bar{\omega}_{E,t}) &= \int_0^{\bar{\omega}_{E,t}} \omega d\mathcal{F} = \Phi(z_{E,t} - \sigma_{E,t}) \\ H(\bar{\omega}_{E,t}) &= \bar{\omega}_{E,t}[1 - \mathcal{F}(\bar{\omega}_{E,t})] + \Omega(\bar{\omega}_{E,t}) \\ G(\bar{\omega}_{E,t}) &= H(\bar{\omega}_{E,t}) - \mu_E \Omega(\bar{\omega}_{E,t}) \end{aligned} \quad [\text{H.8}]$$

Utilizando el Teorema de Leibniz, podemos escribir las derivadas

$$\begin{aligned} \mathcal{F}'(\bar{\omega}_{E,t}) &= \frac{\phi(z_{E,t})}{\sigma_{E,t}\bar{\omega}_{E,t}} \\ \Omega'(\bar{\omega}_{E,t}) &= \frac{\phi(z_{E,t} - \sigma_{E,t})}{\sigma_{E,t}\bar{\omega}_{E,t}} = \bar{\omega}_{E,t} f(\bar{\omega}_{E,t}) \\ H'(\bar{\omega}_{E,t}) &= 1 - \Phi(z_{E,t}) \\ \mathcal{Y}_E(\bar{\omega}_{E,t}) &= \frac{H'(\bar{\omega}_{E,t})}{G'(\bar{\omega}_{E,t})} = \frac{1 - \Phi(z_{E,t})}{1 - \Phi(z_{E,t}) - \mu_E \bar{\omega}_{E,t} f(\bar{\omega}_{E,t})} \end{aligned} \quad [\text{H.9}]$$

I Ecuaciones del Sector Bancario

I.1 Función de Utilidades

$$\Pi_t^b = R_{HH,t}^{wb} B_{HH,t}^{wb} + R_{E,t}^{wb} B_{E,t}^{wb} - R_t Dep_t^{wb} - \frac{\aleph_{wb}}{2} \left(\frac{Bankcap_t}{APR_t} - 0.09 \right)^2 Bankcap_t \quad [I.1]$$

I.2 Fórmula de Activos Ponderados por Riesgo

$$APR_t = \mathcal{P}_{HH,t} B_{HH,t}^{wb} + \mathcal{P}_{E,t} B_{E,t}^{wb} \quad [I.2]$$

I.3 Identidad Contable

$$B_{HH,t}^{wb} + B_{E,t}^{wb} = Dep_t^{wb} + Bankcap_t \quad [I.3]$$

I.4 Diferencial entre Tasa de Política y Tasa Activa Mayorista

$$R_{j,t}^{wb} - R_t = -\frac{\aleph_{wb}}{2} \left(\frac{Bankcap_t}{APR_t} - 0.09 \right) \left(\frac{Bankcap_t}{APR_t} \right)^2 \mathcal{P}_{j,t}, \quad j \in \{HH, E\} \quad [I.4]$$

I.5 Acumulación de Capital y Utilidades

$$Bankcap_t = (1 - \delta^{wb}) Bankcap_{t-1} + \nu^b \Pi_t^b \quad [I.5]$$

I.6 Tasas de Interés Minoristas

$$\begin{aligned} j &\in \{E, HH, D\} \\ \mathcal{Z}_{j1,t}^R &= \frac{R_t^{w(j)}}{R_{j,t}} \Lambda_t \mathfrak{G}_{j,t} + \gamma \xi_j^R \left(\frac{R_{j,t+1}}{R_{j,t}} \right)^{\frac{\mu_j^R}{\mu_j^{R-1}} + 1} \mathcal{Z}_{j1,t+1}^R \\ \mathcal{Z}_{j2,t}^R &= \epsilon_{j,t}^R \Lambda_t \mathfrak{G}_{j,t} + \gamma \xi_j^R \left(\frac{R_{j,t+1}}{R_{j,t}} \right)^{\frac{\mu_j^R}{\mu_j^{R-1}}} \mathcal{Z}_{j2,t+1}^R \\ 1 &= \xi_j^R \left(\frac{R_{j,t}}{R_{j,t-1}} \right)^{\frac{1}{\mu_j^{R-1}}} + (1 - \xi_j^R) \left(\mu_j^R \frac{\mathcal{Z}_{j1,t}^R}{\mathcal{Z}_{j2,t}^R} \right)^{\frac{1}{1 - \mu_j^R}} \\ \Delta_{j,t}^R &= (1 - \xi_j^R) \left(\mu_j^R \frac{\mathcal{Z}_{j1,t}^R}{\mathcal{Z}_{j2,t}^R} \right)^{\frac{-\mu_j^R}{\mu_j^{R-1}}} + \xi_j^R \Delta_{j,t-1}^R \left(\frac{R_{j,t}}{R_{j,t-1}} \right)^{\frac{\mu_j^R}{\mu_j^{R-1}}} \end{aligned} \quad [I.6]$$

$$\mathfrak{G}_{j,t} = \begin{cases} B_{j,t} & \text{si } j \in \{HH, E\} \\ D_t & \text{si } j = D \end{cases} \quad [I.7]$$

$$R_t^{w(j)} = \begin{cases} R_{j,t}^{wb} & \text{si } j \in \{HH, E\} \\ R_t & \text{si } j = D \end{cases} \quad [I.8]$$

I.7 Valor de los Activos de Prestamistas (Colaterales)

$$\tilde{A}_{j,t}^b = \begin{cases} (1 - \chi_{HH})(1 - \delta)\tilde{Q}_{D,t}T_{D,t}D_{t-1}^b & \text{si } j = HH \\ (1 - \chi_E)(1 - \delta_K)(Q_t^C K_{t-1}^C + Q_t^D K_{t-1}^D) & \text{si } j = E \end{cases} \quad [\text{I.9}]$$

I.8 Condición de Utilidad Cero de Rama Comercial

$$G(\bar{\omega}_{j,t})\tilde{A}_{j,t}^b = \frac{(1 + R_{j,t-1})}{1 + \pi_t} B_{j,t-1} \quad [\text{I.10}]$$

I.9 Diferencial entre Tasa Colocada y Tasa Minorista

$$\frac{(1 + R_{j,t}^L)}{(1 + R_{j,t-1})} = \frac{\bar{\omega}_{j,t}}{G(\bar{\omega}_{j,t})} \quad [\text{I.11}]$$

I.10 Ecuación de Euler Modificada

$$\Lambda_{j,t} = \beta_j \Lambda_{j,t+1} \frac{(1 + R_{j,t})}{1 + \pi_{t+1}} \mathcal{Y}_j(\bar{\omega}_{j,t}), \quad j \in \{E, HH\} \quad [\text{I.12}]$$

I.11 Ecuaciones de Medida

$$\begin{aligned} R_{j,t}^{\text{obs}} &= 400 \times (R_{j,t}^L - \bar{R}_j^L), \quad j \in \{E, HH\} \\ R_{D,t}^{\text{obs}} &= 400 \times (R_{D,t} - \bar{R}_D) \\ R_t^{\text{obs}} &= 400 \times (R_t - \bar{R}) \\ \Delta B_{E,t}^{\text{obs}} &= \epsilon_{t,B_E} + 100 \times \Delta \left(B_{E,t} + \nu^* q_t p_t^c (c_t^m + i_t^m + x_t^m) + \nu^x (p_t^{m,x} x_t^m + x_t^d) \right) \\ \Delta B_{HH,t}^{\text{obs}} &= 100 \times \Delta B_{HH,t} \\ \Delta D_t^{\text{obs}} &= 100 \times \Delta D_t \end{aligned} \quad [\text{I.13}]$$

Agradecimientos

Un eterno agradecimiento a mi familia y a mi querido hermano Yerry, “la mente maestra”, por su apoyo emocional durante el tiempo que desarrollaba este proyecto.

Muchos amigos y colegas también brindaron su apoyo en el desarrollo de este proyecto, algunos de ellos son Jesús Ramírez, Alex Contreras, Youel Rojas, Yohnny Campana y Miguel Campos. Asimismo, los comentarios de Marco Vega, Zenón Quispe, David Florián, Marco Ortiz y Fernando Pérez en el Seminario de Investigación del BCRP en julio del 2017 fueron muy enriquecedores, los errores prevalecientes sin embargo son de mi responsabilidad.

Asimismo, agradezco a Gonzalo Panizo por hacer posible una presentación de una versión inicial del documento en el Instituto de Matemática y Ciencias Afines en octubre del 2017. Una versión inicial fue también presentada en el XXXV Encuentro de Economistas del BCRP.

Dynare Forum brindó una ayuda invaluable en la solución y estimación del modelo.

Agradezco también a Mayra Mendez por brindar una gran ayuda en la revisión del documento, clarificándolo y corrigiendo un gran número de errores.