

Usando un modelo semi-estructural de pequeña escala para hacer proyecciones: Algunas consideraciones

Javier Luque*

jluque@bcrp.gob.pe

Marco Vega*

mvegad@bcrp.gob.pe

1. Introducción

Las áreas de investigación de bancos centrales alrededor del mundo han puesto un especial énfasis en el desarrollo de sistemas de proyección. La necesidad de proyecciones adecuadas es innata a la naturaleza de los bancos centrales porque aquellas son necesarias para tomar decisiones de política acertada.

Este esfuerzo comienza a mediados de los 60's con modelos econométricos de gran escala inspirados por la Comisión Cowles¹. Estos modelos usualmente incluían un elevado número de variables y sectores, utilizando una cantidad elevada de recursos para implementar proyecciones macroeconómicas. Sin embargo, el empleo y estimación de estos modelos ha disminuido, frente a desarrollos posteriores, especialmente al desarrollo de la "Crítica de Lucas" (Lucas 1976), las expectativas racionales (Sargent 1984) y la crítica sobre restricciones a priori en los modelos econométricos (Sims 1980).

Estos nuevos desarrollos han impulsado el uso de modelos pequeños semi-estructurales. Estos modelos, partiendo de consideraciones de equilibrio general, representan a la economía mediante un número limitado de relaciones. Por construcción, estos modelos incorporan expectativas racionales y son inmunes a la Crítica de Lucas. Al incorporar expectativas racionales, las soluciones de los modelos toman en cuenta cualquier cambio de política. Por ejemplo, si dichas soluciones admiten una representación reducida explícita en forma de un sistema autoregresivo vectorial, entonces los parámetros de dicha forma reducida son condicionales a los supuestos de política que se tome en cuenta en dicha solución.

En el presente artículo se presenta un modelo pequeño semi-estructural calibrado para la economía peruana. Este modelo es similar al empleado por el banco central dentro de su sistema de proyección, el mismo que cuenta adicionalmente con modelos satélites, y es complementado con opiniones de especialistas. **El presente modelo es presentado con fines expositivos.**

Modelos y Regímenes de Metas Explícitas de Inflación

A partir de la experiencia exitosa de Nueva Zelanda, un número creciente de países ha adoptado regímenes de metas explícitas de inflación para el diseño de su política monetaria. Estos regímenes implican un compromiso de parte de la autoridad monetaria con la meta de inflación anunciada. Como herramienta para mejorar el proceso de toma de decisiones, estos bancos centrales han mejorado sus procesos de proyección, centrándose en parte al desarrollo de modelos.

* Los autores laboran en la Gerencia de Estudios Económicos del BCR. Asimismo, desean expresar su agradecimiento a David Vavra, Jeromer Benes, Adrian Armas, Hugo Perea y Gonzalo Llosa por el valioso aporte en cada una de las etapas del modelo a partir de su génesis a inicios del año 2002. Hacemos especial mención a David Vavra y Jeromer Benes por su valiosa colaboración. Las opiniones vertidas en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente la visión del BCR.

¹ Los dos principales aportes hechos por esta comisión a la econometría son el impulsar el uso de la inferencia estadística en economía así como desarrollar, estimar, identificar y tratar de validar modelos macroeconómicos de ecuaciones simultáneas.



Dentro de los programas de modelación, se incluyen modelos que incorporan los desarrollos teóricos recientes y sean inmunes a la crítica de Lucas. Estos modelos son parte de procesos amplios dentro de los bancos centrales, los que usan un modelo principal de proyección (junto con modelos satélite), complementándose con toda la información disponible al momento de realizar la proyección de una manera ordenada y sistemática. Este es un proceso dinámico con interacciones entre los responsables de los modelos y los proveedores de información.

Esquemas de comunicación

El esquema de Metas Explícitas de Inflación requiere que la comunicación de las decisiones de política y de las proyecciones de inflación y actividad hechas por el banco central hacia el público sea lo más transparente posible. En este sentido, tanto la comunicación de las proyecciones de inflación como de las decisiones periódicas de política monetaria se hacen tomando en cuenta un balance de la posible evolución futura de factores exógenos que afectan las proyecciones y por ende determinan las decisiones de política.

La relación entre la evolución futura de factores exógenos y la economía se hace mediante un modelo. El mismo permite cuantificar cada elemento de los distintos mecanismos de transmisión que subyacen en la economía. Un conocimiento, en algunos casos parcial, de los mecanismos de transmisión en la economía facilita a la autoridad monetaria su tarea de comunicar y sustentar un determinado rango de proyección de inflación, y así tomar sus decisiones.

Otro elemento importante en la comunicación de la proyección es la posición de la política monetaria a lo largo del horizonte de proyección de inflación. Si la variable instrumento de política es la tasa de interés de los fondos interbancarios, entonces existen dos formas en las que se puede entender la proyección condicional a la posición de política monetaria:

- a. Para que los agentes puedan resolver las expectativas futuras de inflación (y las demás variables) es menester que conozcan cómo la autoridad monetaria mueve su tasa de política en el futuro. Es conocido que si la evolución de dicha tasa está asociada a la evolución de las variables endógenas del modelo – regla de retroalimentación – entonces el modelo queda perfectamente determinado² y por tanto existe una única trayectoria de inflación dadas las variables exógenas del modelo (Woodford 2002)

Por ello, la evolución ligada a la proyección de inflación puede estar dada por la secuencia de tasas de interés derivada de la regla mencionada.

Sin embargo, la comunicación de estas proyecciones tiene un obvio problema práctico: la autoridad monetaria, al ser un cuerpo de personas y no una persona, solo puede tomar la secuencia de tasas de interés derivada de esta proyección como una referencia para sus deliberaciones de política más no como “la” postura que adopte como cuerpo a lo largo del horizonte de proyección (ver Goodhart 2001). Por tanto, si bien las proyecciones ligadas a una secuencia de tasas de interés futura derivadas de una regla llevan en promedio a que la inflación no se desvíe demasiado del objetivo inflación, la comunicación de la evolución de la inflación futura lleva ligada una trayectoria de tasas de interés a la que la autoridad monetaria no tiene por que comprometerse, por lo cual este tipo de proyecciones resultaría incómodo si fuera comunicado al público.

- b. Una alternativa a la secuencia activa de tasas de interés es mantener una tasa de interés constante a través del horizonte de proyección. Esta forma es más fácil de comunicar pues liga la proyección al anuncio de política asociado a la misma: Al inicio de cada mes, por ejemplo, el Banco Central de Reserva del Perú (BCR) anuncia un rango de tasas de interés de referencia para el mercado de dinero dentro del cual se tiene como objetivo ubicar la tasa de interés interbancaria. Las proyecciones ligadas a este tipo de anuncio son publicadas tres veces al año en el Reporte de Inflación. Una interpretación metodológica de las decisiones de tasa constante ligadas a las proyecciones es la siguiente: primero, se hace una proyección sujeta a una tasa de interés constante vigente en el periodo de proyección. A partir de allí se calcula la probabilidad de que la tasa de inflación en el horizonte relevante de proyección esté dentro del rango de objetivo inflación. En una segunda ronda, se pondera si dada la probabilidad anterior, la tasa de interés constante debe

² El término indeterminación se debe entender como la existencia de equilibrios estables múltiples para las variables reales.



incrementarse o reducirse y luego se corre una proyección a dicha nueva tasa constante, que es la que formalmente se comunica.

La comunicación radica en señalar que la inflación en determinados periodos en el futuro (fin de año calendario) es la resultante si la autoridad monetaria congela la tasa de interés en un valor explícito (igual a la tasa de política y consistente con los rangos anunciados para la tasa de interés). Dado que por definición, la inflación resultante en el horizonte relevante estará dentro del rango permisible de inflación, la proyección tiene un cierto grado de consistencia con el anuncio de política y la postura indicada en ella. Las señales de posibles subidas o bajadas en la tasa de interés están implícitas siempre en el balance de riesgos³ y la posición relativa de la inflación proyectada dentro del rango de objetivo inflación.

Sin embargo, en términos teóricos la proyección con tasa de interés constante es inherentemente inconsistente en el tiempo⁴. Cuando haya pasado un periodo, la tasa de interés que escoja la autoridad monetaria no tiene por que ser la misma que la del periodo anterior porque pueden suceder acontecimientos que hagan que la tasa de interés anunciada un mes atrás ya no sea deseable para fines que la autoridad monetaria tiene. Además, resulta complicado inducir una tasa de interés constante dado que representaría una desviación sistemática de la regla de formación de tasas de política incluida en el modelo.

Por ello, el presente trabajo considera los elementos que se toman en cuenta al momento de hacer proyecciones basadas en el modelo, detallando los problemas prácticos y teóricos involucrados en el esquema de proyecciones emprendido desde inicios del 2002.

La exposición se ha dividido de la siguiente manera: en la segunda sección se describe el modelo y el tipo de variables involucradas; en la tercera parte se realiza un análisis simple a partir de una simulación de proyección; y en la cuarta parte se hacen algunos comentarios finales.

³ La que explícitamente viene dada por la forma de la distribución de la proyección de inflación en el periodo de análisis.

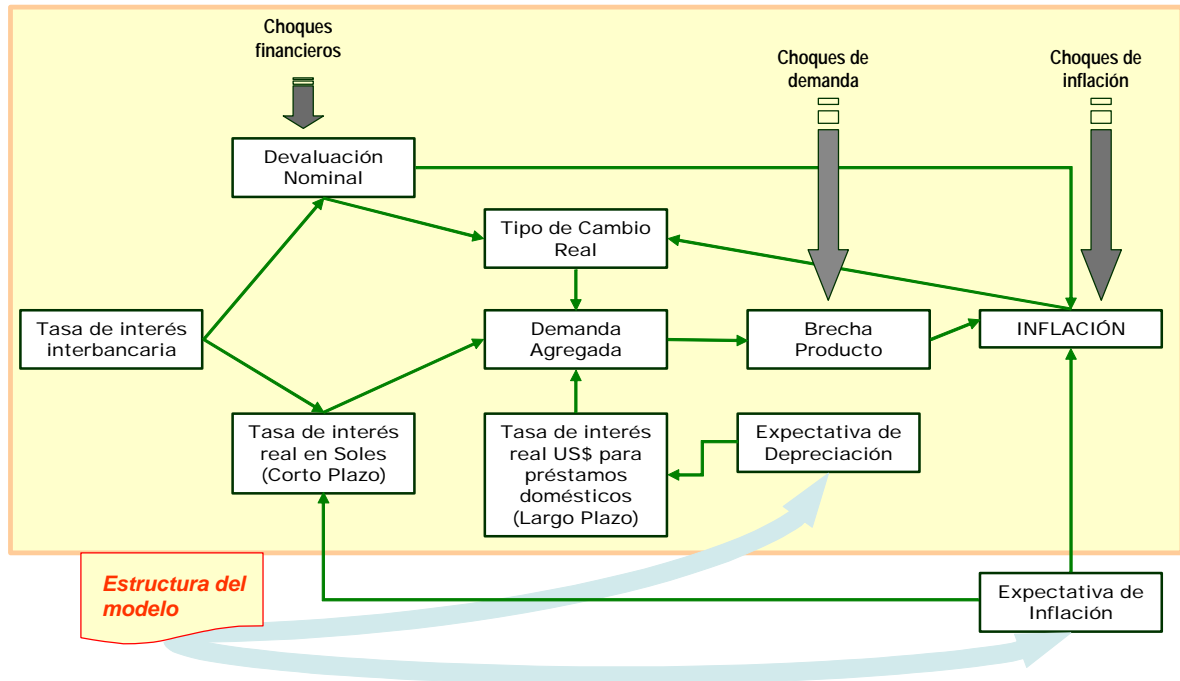
⁴ Ver Leitemo (2002) para una ilustración rigurosa



2. La estructura del modelo y las variables

La idea general del modelo puede ser descrita mediante el siguiente diagrama de flujos:

Diagrama 1



El Diagrama 1 describe el mecanismo a través del cual la tasa de interés interbancaria afecta a las demás variables de la economía para finalmente afectar la inflación.

Dado este panorama, cuando la autoridad monetaria mueve su tasa de política, se afecta en primera instancia tanto la devaluación nominal como la tasa de interés real interbancaria ex ante de corto plazo⁵. Por un lado, la devaluación nominal y la inflación afectan el tipo de cambio real⁶, por otro lado, las expectativas de inflación dentro de un año así como la devaluación esperada dentro de un año, determinan la tasa de interés real de los préstamos en dólares para los agentes no transables. Son estas tres variables reales (la tasa de interés real doméstica, la tasa de interés real de préstamos en dólares expresada en soles y el tipo de cambio real) las que afectan la demanda agregada de la economía. La demanda agregada per sé, sin embargo, no determina la inflación sino la medida de cuán alejado ésta está de la medida de producto no inflacionario, al que se llamará brecha producto inflacionario⁷.

Relaciones incorporadas en el modelo:

El corto plazo del modelo está resumido en cuatro ecuaciones básicas: La demanda agregada en brechas, una curva de Phillips del tipo neo-keynesiano, una ecuación que describe el equilibrio en el mercado financiero y la regla de política monetaria.

⁵ Esto último implica que los agentes racionales ya han hecho el cálculo del efecto del cambio de política sobre todas las variables endógenas y tienen formadas por tanto las expectativas de inflación consistentes con dicho cálculo.

⁶ Es decir, en el corto plazo, el tipo de cambio real se mueve en términos del tipo de cambio nominal y el diferencial de precios externos versus los precios domésticos.

⁷ El producto no-inflacionario está asociado a lo que se conoce como producto tendencial o potencial. Esta variable no es observable y tiene diferentes interpretaciones. La interpretación que se usa en el presente texto es precisamente la medida de producto que no causa inflación y está asociado a incrementos de demanda ligados a incrementos de oferta que no presionan sobre la inflación.

2.1 Demanda agregada en brechas:

$$y_t = a_1 y_{t-1} + a_2 r_{gap,t-1} + a_3 r_{LPgap,t-1}^* + a_4 q_{gap,t-1} + a_5 tot_{gap,t} + a_6 y_t^* + a_7 fis_t + e_t^d \quad \dots(1)$$

Donde:

y_t	Brecha del producto en el periodo t.
$r_{gap,t}$	Brecha de tasa de interés real interbancaria de corto plazo.
$r_{LPgap,t}^*$	Brecha de tasa de interés real de largo plazo por los préstamos en dólares tomados por un agente no-transable.
$q_{gap,t}$	Brecha de tipo de cambio real bilateral.
$tot_{gap,t}$	Brecha de términos de intercambio.
y_t^*	Indicador de demanda externa (brecha del producto de EUA).
fis_t	Impulso fiscal.
e_t^d	Choque autónomo de demanda.

La brecha de producto es entendida como una medida de actividad real que refleja las presiones inflacionarias o deflacionarias en un periodo determinado. Esta variable está afectada por términos endógenos en el modelo ($q_{gap,t}$, $r_{gap,t}$ y $r_{LPgap,t}^*$), así como por factores exógenos (fis_t , $y_{gap,t}^*$ y $tot_{gap,t}$). A continuación pasamos a detallar estos factores:

Se puede notar que tanto las variables endógenas como las variables exógenas del modelo en la ecuación de brecha de producto también están definidas en términos de brechas⁸. En este sentido se observa cómo las distintas brechas de la economía presionan la brecha de producto hacia arriba o hacia abajo en el corto plazo.

Al hablar de brechas, es importante mencionar los equilibrios a partir de los cuales se sustentan las mismas y cómo estos equilibrios se desvuelven a través del tiempo. El conjunto de variables de equilibrio (o tendenciales) que se elaboran son:

r_t^{eq}	La tasa real interbancaria de equilibrio
$r_{lp,t}^{*eq}$	La tasa real de préstamos en dólares a un año para el sector transable
q_t^{eq}	El tipo de cambio real bilateral
$y_t^{us,eq}$	El crecimiento del PBI tendencial de EUA
tot_t^{eq}	La evolución tendencial de los términos de intercambio
y_t^{eq}	El crecimiento del PBI tendencial
s_t^{eq}	La prima por riesgo cambiario de equilibrio.

⁸ Este enfoque de brechas para la demanda agregada se basa en la metodología usada por ejemplo por el Banco de la República Checa Ver Laxton, Polack y Rose (2003).



Para determinar las brechas y tendencias de estas variables se aplican filtros estadísticos estándar que descomponen las variables observadas en tendencia y ciclos. En el caso del premio por riesgo cambiario de equilibrio s_t^{eq} se considera que esta variable se desenvuelve de acorde a los movimientos seculares de la condición de paridad no cubierta expresada en términos reales:

$$\Delta q_t^{eq} = r_t^{eq} - r_t^{*,eq} - s_t^{eq}$$

Para dicho cálculo, se hallan de manera independiente, primero la depreciación del tipo de cambio real de equilibrio Δq_t^{eq} , la tasa real interbancaria de equilibrio r_t^{eq} y la tasa real externa de equilibrio $r_t^{*,eq}$. Finalmente, la prima por riesgo cambiario de equilibrio s_t^{eq} se determina de manera que la ecuación anterior se cumpla.

2.1.1 La brecha de tasa real interbancaria ($r_{gap,t}$)

La brecha de la tasa de interés real mide cuán cíclicamente alta o baja está la tasa de interés real interbancaria y por tanto es una primera medida de postura de política monetaria. Así, una tasa de interés real interbancaria por encima de su tendencia indica una postura contractiva de política monetaria.

Sin embargo, el hecho empírico sustancial es qué tan importante es esta brecha para afectar la demanda agregada. Teóricamente, una tasa de interés interbancaria está ligada a las tasas de interés de más largo plazo a través de la curva de rendimiento. El canal de tasa de interés a la demanda agregada se efectiviza por sus efectos sobre las decisiones de consumo y ahorro de los agentes, y sobre algunos rubros de la inversión privada.

Se decidió usar la tasa de interés real en soles de corto plazo debido a que los préstamos de largo plazo en soles son prácticamente inexistentes. La mayoría de préstamos de largo plazo están denominados en dólares (aproximadamente un 80 por ciento del total de préstamos)⁹. Así, la tasa real interbancaria está definida por:

$$r_{cp,t} = i_{cp,t} - p_{t,t+1}^e \quad \dots(2)$$

Donde $p_{t,t+1}^e$ es la expectativa de inflación del periodo siguiente en base a la información del periodo corriente. Las expectativas consideran tanto un componente "backward-looking" así como un componente plenamente racional "forward-looking" o consistente con el modelo.

$$p_{t,t+1}^e = b_p \left(\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J p_{t-j} \right) + (1 - b_p) E_t [p_{t+1}] \quad \dots(3)$$

Esta ecuación dice que la inflación promedio observada de los últimos J meses pasados tiene un peso b_p en la formación de expectativas del público, mientras que la inflación esperada del siguiente periodo consistente con el modelo tiene una ponderación de $(1 - b_p)$.

La inclusión de expectativas racionales se justifica por el hecho de poder ligar las acciones de política del banco enmarcadas dentro del esquema de objetivo inflación con las proyecciones de inflación, las cuales serán exactamente iguales a las expectativas racionales de los agentes. Es decir, ligar las expectativas a lo que la

⁹ Al hacer eso, se obvia la evolución de tasas de interés interbancaria en periodos futuros, los cuales podrían constituir un canal suavizador en la transmisión de política monetaria.

autoridad monetaria va a hacer o pretende hacer en el futuro de manera que puedan afectar a la tasa de interés real y ésta a la brecha de producto (canal indirecto de expectativas) o que puedan afectar el componente de expectativas en la formación de la inflación (canal de expectativas directo). Si las expectativas fueran puramente adaptativas, éstas estarían guiadas solamente por cualquier evento pasado que haya dado un perfil determinado a la inflación, lo que hace que simplemente no se puedan modelar los canales de expectativas debido a que éstas deben basarse en lo que la política monetaria haga en el futuro¹⁰.

Sin embargo, como se menciona en Mankiw, Reis y Wolfers (2003), las mediciones de expectativas de los agentes en realidad difieren de las expectativas racionales, dado que el supuesto de racionalidad implica información total del modelo y el procesamiento óptimo de dicha información en cuestión¹¹.

La variable que entra en el modelo es la brecha de esta tasa de interés real:

$$r_{gap,t} = r_{cp,t} - r_{cp,t}^{eq} \quad \dots(4)$$

2.1.2 La tasa real de largo plazo de los préstamos en dólares a los agentes no-transables de la economía ($r_{LPgap,t}^*$):

En una economía dolarizada, también se debe tener en cuenta la brecha de la tasa real denominada en dólares relevante para los agentes domésticos $r_{LPgap,t}^*$ dado que un gran componente del capital físico está valuado en dólares, la tasa de interés real relevante debe considerar el costo del capital denominado en dólares. En principio, esta tasa de interés real depende de la composición de los agentes en transables y no transables. Si esta tasa sube, por ejemplo cuando los agentes esperan una fuerte depreciación nominal hacia el periodo de maduración de un préstamo, al no haber un mercado completo de préstamos de largo plazo en soles al cual acudir, los agentes no tiene otra cosa que posponer el préstamo que iban a tomar, deprimiendo por tanto la demanda.¹²

Se toma la tasa de interés nominal *Libor* a un año y se deflacta usando la tasa de inflación esperada a un año y se inflata por la depreciación esperada para dicho periodo.

$$r_{lp,t}^* = i_{lp,t}^* - p_{t,t+1}^e + (e_{t,t+1}^e - e_t) \quad \dots(5)$$

Los términos de expectativas se definen de la siguiente manera:

Las expectativas de inflación a un año hacia delante tienen la misma forma que las expectativas un periodo hacia delante:

$$p_{t,t+1}^e = b_p \left(\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J p_{t-j} \right) + (1 - b_p) E_t [p_{t+1}] \quad \dots(6)$$

Las expectativas de tipo de cambio tienen el mismo patrón de comportamiento:

¹⁰ Lo que la política monetaria haga en el futuro, está precisamente definida por la regla de retroalimentación de su instrumento de política.

¹¹ Dicha información y procedimientos óptimos superan largamente la capacidad del econometrista operador del modelo. Por ello, una forma más sutil de trabajar con términos expectacionales sería incluir elementos de racionalidad restringida a la Evans y Honkhajojia (2000).

¹² Si existiera un mercado completo de largo plazo para préstamos en soles (préstamos hipotecarios, de consumo duradero o de consumo de capital), entonces existirían posibilidades de arbitraje entre los dos tipos de préstamos. La devaluación esperada equilibraría las dos tasas de interés reales.



$$e_{t,t+12}^e = b_e \left(\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J e_{t-j} \right) + (1-b_e) E_t [e_{t+12}] \quad \dots(7)$$

Una vez determinada esta tasa real, se calcula la variable brecha que va en la ecuación de brecha producto no inflacionario:

$$r_{LPgap,t}^* = r_{lp,t}^* - r_{lp,t}^{*eq} \quad \dots(8)$$

2.1.3 La brecha de tipo de cambio real bilateral (q_{gap})

Los efectos de variaciones de la brecha de producto sobre el tipo de cambio real son dos: El primero es el efecto tradicional de impulso a las exportaciones netas que afecta positivamente la brecha de producto. El segundo efecto se da cuando ocurre una depreciación real relativamente fuerte y no esperada, en tal circunstancia, es posible que el efecto hoja de balance se active, es decir, el monto de los préstamos en dólares destinados a los agentes no transables suba abruptamente y rompa cualquier tipo de cobertura que hayan comprado dichos agentes, produciendo moras generalizadas y quiebras tanto de deudores como de bancos. Se debe precisar que el modelo trata básicamente el efecto positivo sobre la brecha de producto más no el efecto negativo derivado de un potencial problema de hoja de balance que al ser un evento extremo y no-lineal¹³, genera complicaciones al momento de la modelación.

Para definir la brecha de tipo de cambio real bilateral (q_{gap}), en principio, se define el tipo de cambio real (expresado en logaritmos de un índice) de la siguiente manera:

$$q_t = q_{t-1} + (e_t - e_{t-1}) + \frac{1}{12} (p_t^{usa} - p_t) \quad \dots(9)$$

donde e es el logaritmo del tipo de cambio nominal, p^{usa} es la inflación del IPC de EUA y p es la inflación del IPC doméstico. Debido a que las inflaciones están anualizadas, es necesario dividir éstas entre doce para poder calcular los cambios mensuales en el tipo de cambio real.

El tipo de cambio real de equilibrio estará denotado por q^{eq} y su dinámica es consistente con la evolución secular de otras variables reales. Por ello, definimos a la brecha tipo de cambio real versus el tipo de cambio real de equilibrio como:

$$q_{gap,t} = q_t - q_t^{eq} \quad \dots(10)$$

Si q_{gap} es positivo, entonces el tipo de cambio real de equilibrio está sobre-depreciado, lo que implica que el precio real de los bienes externos (EUA) respecto a los precios domésticos es momentáneamente mayor que aquel que logra un flujo comercial neto cero, ya que se genera un aumento de las exportaciones netas. El efecto del tipo de cambio real sobre la demanda agregada debe ser entendido principalmente como un efecto sustitución¹⁴ entre los bienes domésticos versus los bienes foráneos.

2.1.4 El impulso fiscal (fis)

¹³ Además hay que considerar que financieramente, muchos agentes tienen sus activos en dólares por lo que en realidad el efecto de balance es en realidad incierto y aún más difícil de medir en el ámbito agregado.

¹⁴ Al respecto, incluir el tipo de cambio real multilateral sería más acertado.

Corresponde al cambio porcentual anual en el déficit primario cíclicamente ajustado del gobierno central expresado como porcentaje del producto potencial no inflacionario.

La medición del balance estructural parte de la idea que los ingresos fiscales se asocian muy cercanamente a la evolución del producto durante el ciclo económico mientras que los gastos, serían en el corto plazo exógenos con respecto al nivel de actividad. Por ello se puede definir el ingreso fiscal ajustado por el ciclo como:

$$t_t^{est} = \left(\frac{Y_t^{eq}}{Y_t} \right)^b t_t \quad \dots(11)$$

Donde:

t_t es el ingreso fiscal como ratio del producto potencial

b es la elasticidad de los ingresos fiscales con respecto al PBI.

Y_t es el producto observado en el periodo t.

Y_t^{eq} es el producto potencial no inflacionario del periodo t.

El valor de t_t^{est} nos indica qué tanto una determinada cuantía de ingreso fiscal cíclico representa una posición fiscal determinada, por ejemplo, cuando el producto se ubica por encima de su “tendencia”, entonces existiría un auge de ingresos fiscales (mayor t), pero ello no necesariamente se traduce a un auge en los ingresos fiscales estructurales que es la variable que se quiere capturar.

Dada la definición de ingreso fiscal estructural, se puede calcular el déficit fiscal estructural por medio de:

$$d_t^e = g_t - t_t^{est} \quad \dots(12)$$

El impulso fiscal, entonces se calcula como:

$$fis_t = d_t^e - d_{t-12}^e \quad \dots(13)$$

Un aumento en este indicador señala una política fiscal expansiva, ya que representa un aumento de gasto, una disminución de los ingresos fiscales estructurales o una combinación apropiada¹⁵.

2.1.5 La demanda externa (y_t^*)

La métrica para medir la demanda externa es la brecha de producto de los EUA respecto a su nivel tendencial. Este indicador mediría directamente el efecto de cantidad sobre las exportaciones netas.

2.1.6 La brecha de términos de intercambio ($tot_{gap,t}$)

Los términos de intercambio se definen de acuerdo a:

¹⁵ Se asume que la autoridad fiscal toma decisiones sobre variables reales y por tanto la media de impulso fiscal es débilmente exógena ya que los ingresos estructurales aún estarían dependiendo del nivel de actividad económica. En el documento se trabajará el impulso fiscal como si fuera una variable exógena. En la práctica ocurren dos cosas: primero, las decisiones en verdad son sobre gasto e ingreso nominales lo que harían que el impulso fiscal sea por definición endógeno puesto que dependería de la evolución de precios modelada. Segundo, la autoridad fiscal tiene como objetivo alcanzar un determinado déficit fiscal y usa como instrumentos sus decisiones de gasto e ingresos para alcanzar dicho objetivo, por lo tanto se podría modelar la autoridad fiscal de una forma más precisa si se incluyera una regla de comportamiento para sus instrumentos.



$$tot_t = 100(p_{x,t} - p_{m,t}) \quad \dots(14)$$

Donde $p_{x,t}$ y $p_{m,t}$ son los logaritmos de los precios de nuestras exportaciones e importaciones respectivamente. Los precios de las exportaciones están dados básicamente por *commodities*, mientras que los precios de las importaciones están dados por los precios que rigen en nuestros principales socios comerciales más los precios de alimentos y combustibles importados.

Esta medida de términos de intercambio complementa al tipo de cambio real en la explicación de factores de demanda externa para explicar la brecha de producto. Por ejemplo, si se produce un incremento en el precio de los minerales se produce un efecto positivo sobre $p_{x,t}$ y por tanto un efecto también positivo sobre los términos de intercambio. Al ser la demanda de *commodities* inelástica, el aumento de los precios de los minerales representa un aumento de la riqueza en nuestra relación de intercambio con el mundo y por tanto la brecha producto aumenta¹⁶.

Nuevamente, la variable que afecta a la brecha de producto es la brecha de términos de intercambio respecto a su tendencia:

$$tot_{gap,t} = tot_t - tot_t^{eq} \quad \dots(15)$$

2.2 La Curva de Phillips

El origen de la curva de Phillips que se define en el modelo es la llamada “nueva síntesis neoclásica”, la misma que deposita énfasis en la existencia de rigideces en la formación de precios de la economía por parte de empresas que operan en competencia monopolística - Yun Tack (1996), Calvo (1983), Woodford (2003). Según esta teoría, las empresas que fijan precios¹⁷, no lo pueden hacer de manera flexible, porque ello requiere de un proceso de optimización intertemporal de los beneficios esperados en el presente así como en el futuro, por lo que las decisiones sobre fijación de precios se toman en intervalos discretos de tiempo, más que de manera continua.

Por ello, en cada instante de tiempo, los precios promedios de la economía reflejan el hecho de que una proporción de empresas ha fijado sus precios de manera óptima, otra proporción lo ha hecho sobre la base de reglas no completamente óptimas establecidas por la gerencia¹⁸ y que pueden depender de los precios actuales o pasados. En un trabajo original - Calvo (1983) – se demostró que la modelación de esta idea de formación de precios puede llevarse fácilmente a cabo asumiendo que existe una probabilidad constante de que en cada instante de tiempo, a una empresa le toque fijar su precio de manera óptima. Mientras más alta sea esta probabilidad, mayor será el parecido del modelo en cuestión a un modelo con precios flexibles.

Cuando una empresa tiene que decidir sobre el precio óptimo a fijar, ésta considerará las probabilidades de que el precio que fije ahora estará vigente en cada periodo futuro, y tratará de igualar (en valor esperado) el precio a un *mark-up* sobre el costo marginal. Esto último, unido al hecho de que el precio promedio es una combinación de precios óptimos fijados en el periodo corriente y de precios pasados, sirve para derivar una curva de Phillips que en general tiene la siguiente forma:

$$p_t = B_a p_{t-1} + B_b E_t[p_{t+1}] + k.mc_t \quad \dots(16)$$

¹⁶ Entonces, los términos de intercambio, al depender de los precios de nuestros commodities con demanda inelástica pareciera que capturarán un efecto ingreso del cambio de dicho precio relativo.

¹⁷ Debido a que cuentan con cierto poder monopolístico.

¹⁸ Por ejemplo, el gerente de un determinado terminal de venta mantendrá el precio vigente hasta que reciba la orden de la gerencia de ventas de la fábrica.

donde la inflación depende de la inflación del periodo siguiente, esperada en el periodo corriente, de la inflación pasada y los costos marginales reales mc_t .

Para una economía cerrada, se ha demostrado que los costos marginales se pueden expresar en términos de la brecha de producto respecto al producto que se obtendría si los precios fueran flexibles.

Se puede aproximar el término de costos marginales reales a la brecha de producto respecto al producto no inflacionario¹⁹ y a los costos de los insumos importados. Por lo que la curva de Phillips se convierte en:

$$p_t = b_a p_{t-1} + b_b E_t [p_{t+1}] + b_3 g_t + b_4 p_{m,t} \quad \dots(17)$$

La curva de Phillips con la que se decide trabajar en el presente documento es una transformación de la ecuación (17). Esta transformación se hace de la siguiente manera:

- Se considera las expectativas duales de inflación discutidas previamente p_{t+1}^e .
- Además dado que el uso principal del modelo es la proyección, se aclara que la inflación modelada en la curva de Phillips no es la inflación total sino la subyacente²⁰.
- Los choques transitorios de inflación podrían afectar a la inflación subyacente en la medida en que éstas afecten las expectativas totales de inflación.
- Se asume que el efecto de la brecha actúa con un rezago de un periodo sobre la inflación subyacente.
- Se incorpora un término de choque autónomo para capturar todo aquello que afecta a la inflación subyacente y que no haya sido incluido previamente²¹.

De esta manera, la curva de Phillips resultará ser:

$$p_{core,t} = b_1 p_{core,t-1} + b_2 p_{t+1}^e + b_3 g_{t-1} + (1 - b_1 - b_2) p_{m,t} + e_t^p \quad \dots(18)$$

Donde:

$p_{core,t}$ es la inflación (subyacente) mensual publicada por el BCR

$p_{m,t}$ es una medida de inflación doméstica de los productos importados

e_t^p representa los choques a la inflación subyacente mencionados líneas arriba.

El componente de empuje de costos importados viene dada por:

$$p_{m,t} = q p_{m,t-1} + (1 - q)(12[e_t - e_{t-1}] + p_t^*) \quad \dots(19)$$

¹⁹ Existe una sutil diferencia cuando se habla de “brecha de producto respecto al producto que se obtendría si los precios fueran flexibles” y la “brecha de producto respecto al producto que no produce inflación”. El primer término es un concepto más general, puesto se refiere a una brecha que implica filtrar choques de oferta de diversa naturaleza y factibles de aparecer a cualquier frecuencia y por tanto está más ligado al concepto neoclásico de actividad. El segundo término implica una extracción imprecisa del primer término que atribuye los choques de demanda a frecuencias altas y los choques de oferta (no inflacionarios) a frecuencias bajas o que usa información sobre los determinantes de la inflación para descubrir que parte de los movimientos del producto respecto a una tendencia es o no es inflacionaria, etc.

²⁰ La inflación subyacente representa la inflación de aquellos bienes en la canasta de consumo que no están menos sujetas a factores estacionales de oferta (alimentos y combustibles por ejemplo) o que no están sujetos a cambios programados por factores tecnológicos (tarifas públicas). Sin embargo, no existe una serie oficial de esta definición precisa de inflación subyacente. El BCR publica una serie de inflación subyacente que toma en cuenta una canasta de precios sujetos a menor volatilidad dentro de una muestra específica. Al no existir una serie alternativa mejor, se decide trabajar con esta serie.

²¹ Según la definición de inflación no-subyacente usada por el BCR, el pan resulta ser una bien cuya inflación es subyacente, debido a que su precio ha tendido a ser bastante suave, sin embargo, no se pueden descartar periodos en los que por factores de oferta, el precio del pan tenga que subir o bajar fuertemente. Al ser el pan un bien con fuerte ponderación en la canasta del IPC subyacente, la inflación subyacente resultante podría ser variable y efectivamente no está explicada por otra cosa que no sean choques de oferta.



Donde p_t^* es la inflación externa.

Finalmente, la inflación de todo el IPC (*headline*) se relaciona con la inflación subyacente por medio de la siguiente ecuación:

$$p_{It} = wp_{core,t} + (1-w)p_{nocore,t} \quad \dots(20)$$

Donde la variable $p_{nocore,t}$ representa a la inflación no-subyacente. Es decir, se cuenta con dos filtros para limpiar los elementos ruidosos del proceso inflacionario. El primero de ellos es la inflación no subyacente denotada por $p_{nocore,t}$. El segundo filtro es e_t^P que capturaría aquellos rubros que aún no siendo volátiles, representan todo aquello que afecta la inflación subyacente y que no haya sido considerado en la ecuación (18).

Un elemento importante es que el cálculo de tasas de interés real y la determinación de la política monetaria se realiza sobre la base de la inflación subyacente y no de la inflación total. Para hacer proyecciones esto no representa problema alguno puesto que la inflación no subyacente solo representaría ruido adicional que el proceso de toma de decisiones de los agentes no toma en cuenta.

2.3 La ecuación de paridad no cubierta

La paridad no cubierta de tasas de interés está representada por:

$$E_t[e_{t+1}] - e_t = \frac{1}{12} (i_{CP,t} - [i_{CP,t}^* + s_t + e_t^e]) \quad \dots(21)$$

Esta ecuación explica cómo puede variar la depreciación esperada en el siguiente periodo respecto al tipo de cambio resultante en el periodo corriente. Se considera un premio por riesgo s_t debido a que si bien los activos denominados en soles y dólares tienen igual maduración, los inversionistas (adversos al riesgo) castigan a los activos denominados en soles por tener un riesgo implícito. Si todos los inversionistas fueran neutrales al riesgo, este premio no existiría.

Se puede resolver (21) de tal forma que se explique la determinación del tipo de cambio spot en vez de explicar la depreciación esperada. Si resolvemos hacia delante se obtiene:

$$e_t = \lim_{j \rightarrow \infty} e_{t+j} - \frac{1}{12} \sum_{j=0}^{\infty} E_t (i_{CP,t+j} - [i_{CP,t+j}^* + s_{t+j} + e_{t+j}^e]) \quad \dots(22)$$

Y observemos el caso en el que la depreciación de muy largo plazo es cero, lo que equivale a afirmar que el tipo de cambio límite del lado derecho de (22) existe y que la sumatoria infinita de diferenciales de tasas de interés es convergente²².

Dada la definición del tipo de cambio spot en (22), existe una depreciación spot si es que: la secuencia de tasas interbancarias baja, las tasas externas suben o las medidas de premio por riesgo cambiario sube. De lo contrario, cuando se produce una caída de las tasas de interés externas o una bajada en las medidas de premio por riesgo, entonces el tipo de cambio spot tiende a apreciarse.

Se debe notar que para saber el efecto de las tasas de interés y el premio por riesgo sobre el tipo de cambio spot, es menester determinar la secuencia entera de tasas de interés futuras y premios por riesgo. Es en este sentido que una determinada postura de política monetaria en relación con a) tasas de interés internacionales y b) el premio

²² Cuando la depreciación de estado estacionario no es cero, entonces ni el límite existe ni la suma de diferenciales de tasas de interés converge, pero la diferencia entre el límite infinito y la suma infinita si existe.

por riesgo esperado, la que determina el tipo de cambio spot y por tanto las secuelas derivadas de ella en el resto de variables²³.

2.4 La regla de política usada por la autoridad monetaria.

Se asume que la autoridad monetaria, por medio de sus operaciones de mercado abierto induce valores determinados de la tasa de interés interbancaria. La tasa que la autoridad quiere inducir está determinada por la regla de política monetaria, la cual refleja en parte la inercia que tiene dicha tasa, un componente sistemático que depende de la evaluación de las presiones inflacionarias o deflacionarias y de un término de ajuste de política:

$$i_t = r i_{t-1} + (1 - r) [i_{equi} + a_p (E_t(p_{t+k}) - p_{obj}) + a_g G_t] + e_t^m \quad \dots(23)$$

Donde G_t es la brecha de producto del trimestre pasado. Para tener una representación útil de esta variable, asumimos que el producto potencial mensual crece a una tasa constante ($a_m - 1$), por lo tanto la brecha de producto del trimestre pasado puede ser expresada en términos de una combinación lineal de las tres últimas brechas de producto mensuales observadas.

La regla de política es una regla ad-hoc que trata de reflejar el comportamiento de la política monetaria en un contexto de régimen de Metas Explícitas de Inflación.

Al igual que las demás ecuaciones de comportamiento discutidas en el documento, la regla a usar siempre es simplista y no captura la riqueza de información que se maneja al momento de determinar los valores para las variables que la autoridad monetaria controla.

3. Análisis básico en una proyección de inflación

Definiciones previas

Para emprender el análisis, necesitamos especificar los siguientes conceptos:

Horizonte de proyección: Es el horizonte sobre el cual se hacen supuestos explícitos sobre la evolución de las variables exógenas y para el cual se harán las proyecciones macroeconómicas. Para este horizonte, se incorpora la información sobre las variables exógenas dentro del conjunto de información que tienen los agentes para determinar sus expectativas.

La determinación de los supuestos sobre las variables exógenas es una etapa crucial dentro del proceso de proyección. En un banco central, esta tarea la llevan a cabo los especialistas sectoriales que utilizan información precisa, más allá de lo que un modelo abstracto puede brindar por medio de la trayectoria específica planeada para dicha variable, la información pueda ser insumida por el modelo.

Generalmente, el horizonte de proyección de los bancos centrales es de 2 a 3 años hacia delante, periodo lo suficientemente amplio como para que la política monetaria se pueda transmitir.

Horizonte de convergencia: El horizonte de convergencia empieza cuando termina el horizonte de proyección y se extiende hacia el infinito. Este periodo ya no es relevante para la proyección por cuanto se fuerza a todas las variables exógenas a volver hacia sus niveles de equilibrio de muy largo plazo (posición neutral). Cuando las variables exógenas se mueven lenta y monótonamente hacia su posición neutral, las variables endógenas hacen lo mismo. En particular, la inflación se aproxima al valor consistente con el equilibrio nominal anclado por el banco central.

Es importante tener presente este horizonte de convergencia debido a que la metodología usada para resolver las expectativas racionales se basa sobre la información acerca de las variables exógenas en **todo** periodo futuro.

²³ A esto hay que incluir el tipo de cambio nominal terminal.



Otras formas de resolver este tipo de modelos asumen un periodo terminal en el futuro como periodo ancla para resolver las expectativas hacia atrás a partir de dicho periodo.

Horizonte de política: Es el horizonte en el cual el banco se compromete a cumplir su meta explícita de inflación. Dentro del esquema de metas explícitas de inflación, es común observar que horizonte de política sea igual al horizonte de proyección, por lo que el esquema se ha dado llamar también “*inflation forecast targeting*” (Svensson 1997). En el Perú, el esquema se basa en Metas Explícitas de Inflación a cumplir cada fin de año calendario por lo que los horizontes de política son variables y dependen del periodo a partir del cual se realiza la proyección. Por ejemplo, a junio del 2003, los horizontes de política son 6 meses (para diciembre 2003) y 18 meses (para diciembre 2004). Obviamente, el horizonte de política relevante es el segundo ya que, desde el punto de vista de la autoridad monetaria, la inflación a diciembre del 2003 está marginalmente determinada por lo que pueda ésta hacer en lo que falta del año y más bien está fuertemente determinada por lo que ya hizo en el pasado.

Horizonte de control: Está ligado a los rezagos de la política monetaria. Para tener una definición precisa, es el horizonte dentro del cual, un cambio en la postura de política monetaria tiene su máximo efecto en la inflación. Si es que se busca que el esquema de objetivo inflación sea efectivo, el horizonte de política tendría que ser mayor o igual que el horizonte de control para que la autoridad monetaria pueda ejercer poder de control ante cualquier choque contemporáneo que presione a la inflación al alza o a la baja.

Simulación de una proyección

Se realiza el siguiente ejercicio simple de simulación de una proyección, se parte de una situación inicial en donde toda la economía se encuentra en una posición neutral es decir todas las brechas se encuentran cerradas y la inflación se encuentra en el punto medio del rango de objetivo inflación. Para que ocurra esto, los agentes esperan en el presente que las variables exógenas mantengan su posición neutral en el futuro.

A partir de esta situación inicial, se perturba la economía con una reducción de la tasa de interés externa en 50 puntos básicos desde su nivel inicial de 4,5 por ciento, además se asume que los agentes esperan que dicha reducción de la tasa de interés externa se mantenga por un año para luego volver lentamente hacia su nivel de equilibrio de largo plazo (Ver *Gráfico 1*).

Gráfico 1



Este nuevo patrón esperado de la tasa externa causa una perturbación del escenario neutral que genera una respuesta de la política monetaria a través de la fijación de la secuencia de tasas de interés interbancaria por medio de la regla de política planteada en el modelo²⁴. Mientras existan perturbaciones al escenario neutral, la regla de política autónoma en el modelo actúa de tal manera que la inflación esté bajo control y debe guiar a las autoridades monetarias a definir la postura de la política monetaria a tomar durante el horizonte de proyección. Como se menciona en la introducción del presente documento, existen diversas razones prácticas para realizar la proyección con un perfil de tasas interbancaria constante para el periodo de proyección ¿Pero cómo se puede hacer esto dado que los agentes resuelven las expectativas asumiendo que existe una regla sistemática para la tasa interbancaria que reacciona cada vez que la inflación así como la brecha de producto se desvían de sus valores deseados? Una proyección con tasa constante resulta por tanto incompatible con la existencia de una regla sistemática de política, la misma que logra el equilibrio nominal deseado. De otro lado, una posible “regla” que fije la tasa de interés de manera constante o que no dependa de las variables endógenas del modelo (es decir una regla exógena para la tasa de interés interbancaria) hace que la economía tenga indeterminación real en el sentido que, ante diversos choques, la tasa de inflación converja a distintos niveles y no necesariamente hacia el objetivo inflación.

Por ello, para racionalizar alguna compatibilidad de las proyecciones con tasa de interés constante, se asume desviaciones no-sistemáticas de la regla pero totalmente conocidas por los agentes de manera tal que la tasa de interés se mantenga en un determinado valor, sólo durante el horizonte de proyección. Las desviaciones sistemáticas, se tienen que calcular de tal forma que, tomando en cuenta el efecto autónomo de dicha desviación sobre las demás variables y éstas sobre la parte sistemática de la regla, la tasa de interés resultante sea igual a la tasa constante asumida. El signo y cuantía de los ajustes no sistemáticos no tienen relación alguna con la secuencia que tengan las tasas en el escenario sin ajustes.

En el Panel 1 se muestra una comparación de los resultados de proyecciones simuladas en el escenario con regla y en el escenario con tasa constante (en su nivel inicial de 6.5). A partir de dicho gráfico se pueden sacar conclusiones interesantes para el análisis de cómo afinar la política monetaria:

- Mantener una tasa constante durante el horizonte de proyección mayor que la tasa derivada de la regla no necesariamente implica que dicha tasa de interés constante sea más contractiva.

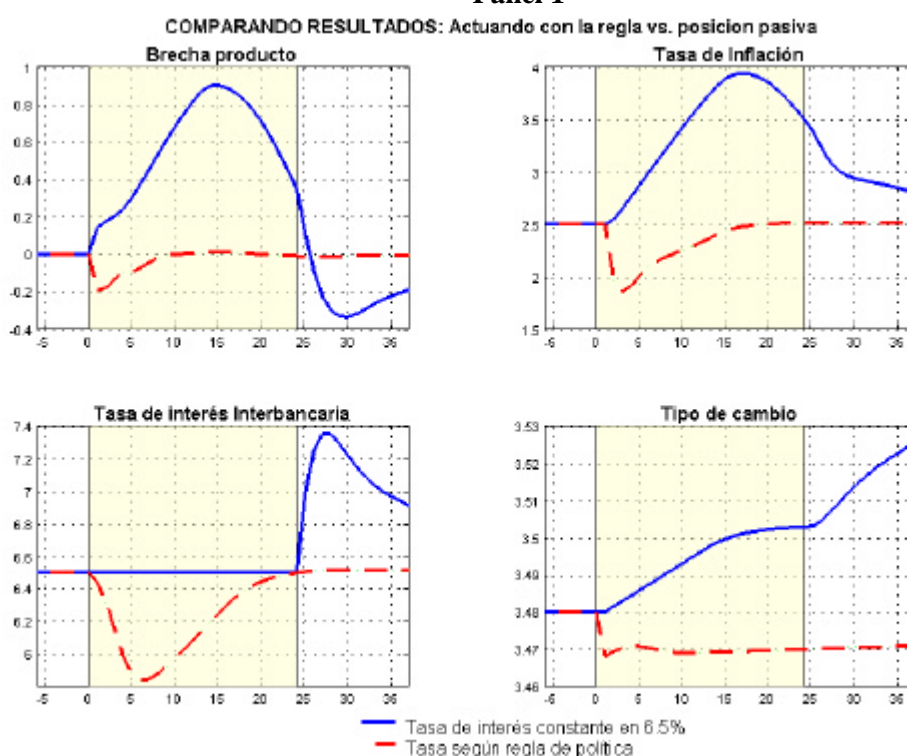
²⁴ La regla de política se asume totalmente conocida por los agentes.



Esto es así porque en el equilibrio particular que se obtiene, a pesar de que la tasa interbancaria se mantiene alta, la inflación elevada y la brecha-producto resultantes son consistentes con a) una tasa de interés real interbancaria que adquiere una postura expansiva, b) una depreciación nominal y c) una tasa real externa denominada en soles baja²⁵. **Es decir, no es la tasa de interés nominal interbancaria la que define la postura de política monetaria sino la tasa de interés real interbancaria** que depende de las expectativas de inflación consistentes con la evolución de todas las variables del modelo. En el caso bajo análisis, los agentes simplemente ajustan sus expectativas de inflación fuertemente hacia arriba y hacen que el nivel de tasa de interés nominal, aunque parezca contractiva, resulte en verdad sumamente expansiva.

Por ello, la única forma de anclar las expectativas que empiezan a desbordar los límites de lo aceptable es generando un sobre-ajuste de tasa interbancaria a partir del **horizonte de convergencia** como se muestra en el gráfico inferior izquierdo del *Panel 1*. Este sobre-ajuste es la única manera de que el modelo cierre hacia el infinito cumpliendo el objetivo inflación de 2,5 por ciento.

Panel 1



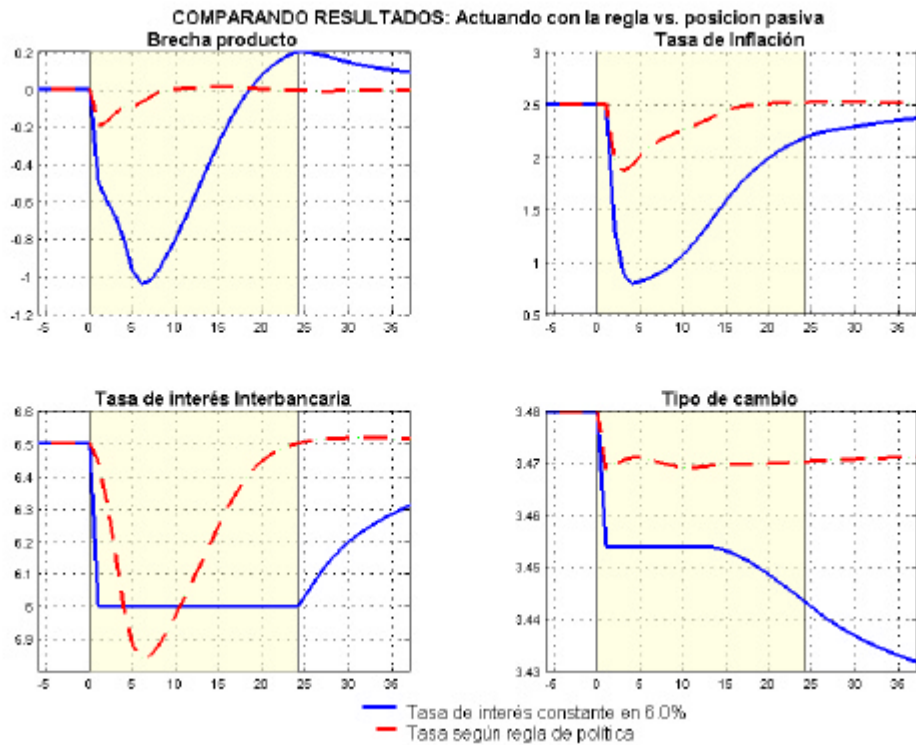
- Sin embargo, este ajuste no es nada inocuo, puesto que al ser nuestro sistema uno plenamente racional, los agentes saben que este tipo de ajuste de política monetaria es inminente bajo el esquema objetivo inflación. Esta es la razón básica de por qué el tipo de cambio se deprecia de la manera mostrada.
- El escenario con tasa constante resulta en una inflación que se ubica fuera del rango de objetivo inflación por varios meses (prácticamente todo el segundo año) mientras que el escenario con tasas sueltas muestra una inflación más suave y que se ubica dentro del rango de la meta.

A raíz de los resultados anteriores, resulta evidente que dentro del horizonte de proyección, una política monetaria de “no hacer nada” no resulta ser la mejor en el contexto del esquema de objetivo inflación. En este sentido, la trayectoria de tasas de interés derivadas de la regla de política monetaria resultan una guía para tomar la decisión de qué tasa fijar constante durante el horizonte de proyección. La regla de política sugiere bajar la tasa de interés paulatinamente hasta 5,84 por ciento en el quinto mes para luego llevarla de nuevo, lentamente

²⁵ Esto es así porque la disminución asumida para la tasa nominal externa es mayor que el incremento de la depreciación esperada.

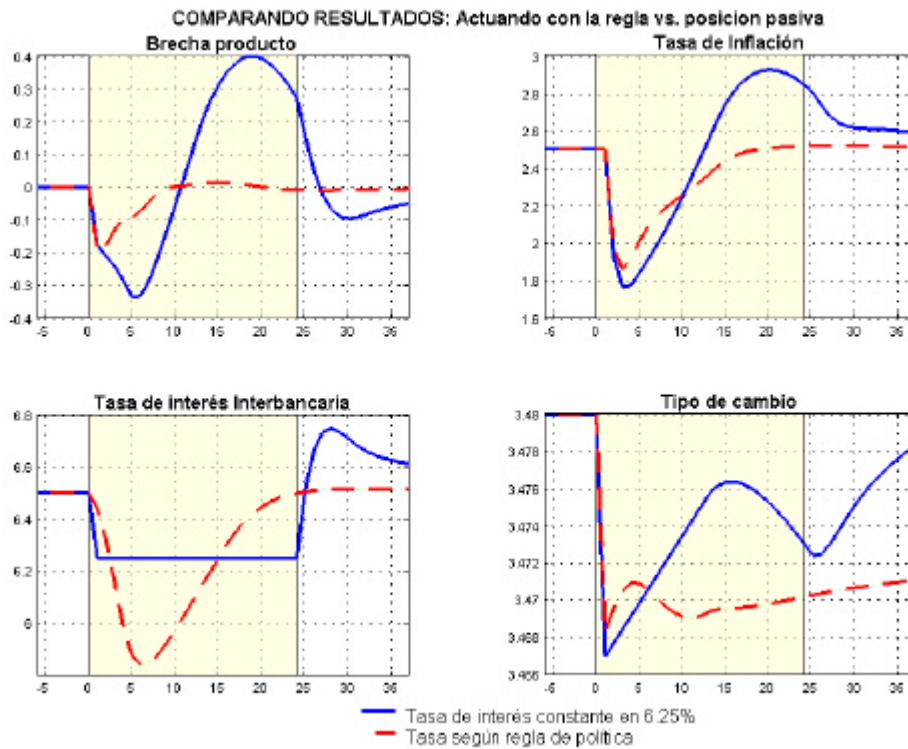
hacia su valor de largo plazo. Digamos que los hacedores *discretizan* la “recomendación del modelo” y proponen reducir la tasa en algunos puntos básicos durante todo el horizonte de proyección (al hacer ello, reaccionan en línea con la caída de la tasa de interés externa). En los paneles 2 y 3 se grafican los resultados cuando la tasa interbancaria se reduce en 50 puntos básicos y en 25 puntos básicos:

Panel 2





Panel 3



Resulta que una bajada en 50 puntos básicos se muestra demasiado contractiva y genera inflación muy baja (fuera del rango de la meta). En cambio, una bajada en 25 puntos básicos resulta en una trayectoria de inflación que se asemeja a la trayectoria emanada del escenario con tasas sueltas (la proyección autónoma del modelo) en los primeros meses y que siempre se mantiene dentro del rango de objetivo inflación.

Sobre el comportamiento díscolo del tipo de cambio:

En este tipo de modelo, el tipo de cambio tiene a saltar y ajustarse de manera instantánea debido a que posee una raíz unitaria. En particular, al ser una variable cuya solución se determina enteramente por lo que sucede en el futuro esperado, ésta coge los sobre-ajustes que pueden ocurrir cuando se activa la regla de política (como por ejemplo, se ve en los paneles 1 y 3). Al respecto, cabe hacer las siguientes precisiones.

- Según la ecuación [22] el tipo de cambio spot se determina por dos grandes componentes; el tipo de cambio de equilibrio de largo plazo²⁶ y la suma infinita del diferencial de tasas de interés neto del premio financiero y neto de los términos de ajuste.

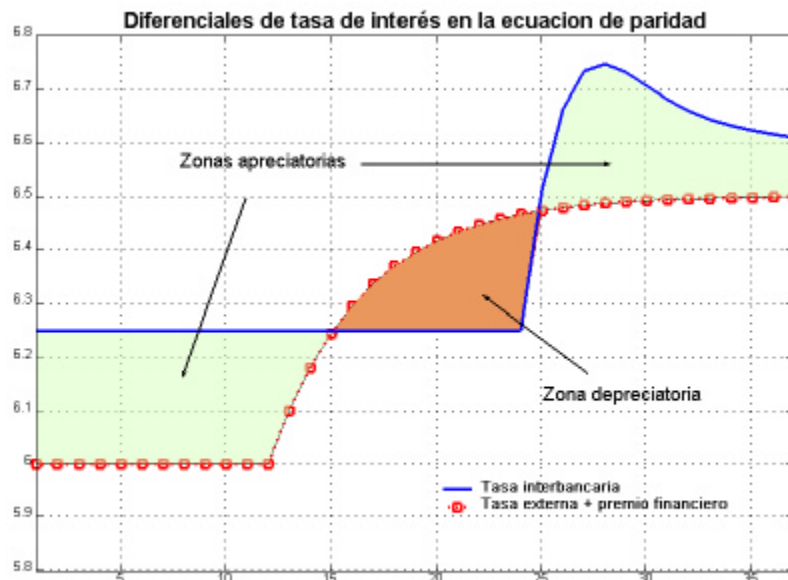
Esto implica que el tipo de cambio presente es igual a la diferencia del tipo de cambio de equilibrio de largo plazo definido por la proyección menos la suma de los diferenciales netos mencionados. Pero por otro lado, generalmente el tipo de cambio presente es una variable que se conoce y tratada como pre-determinada (aunque en realidad no lo sea). Para que el nivel del tipo de cambio que resulta de la fórmula planteada sea igual al valor observado, el término de error contemporáneo en la ecuación [22] es la que se ajusta instantáneamente.

²⁶ En este caso, debido a que las inflaciones externas e internas son iguales en el largo plazo, existe un tipo de cambio nominal de largo plazo que no tiene un valor fijo sino que puede tomar cualquier valor que depende de la particular proyección que se haga y está determinado por la evolución de la inflación doméstica y externa de manera tal que el tipo de cambio real de largo plazo es igual a un valor de equilibrio determinado en el sector real.

- En cuanto al horizonte de proyección propiamente dicho, ¿qué fuerzas mueven al tipo de cambio nominal? Es evidente que el cálculo del tipo de cambio para cada periodo futuro, dentro y más allá del horizonte de proyección, se hace también con la ecuación [22] relevante para cada periodo. Los diversos componentes de la suma infinita pueden resumirse en el *Gráfico 2* donde tenemos que el área más clara representa diferenciales de tasa de interés positivas mientras el área más oscura representa diferenciales negativos. La apreciación inicial que se observa en el escenario de tasa de interés constante es algo mayor que la observada cuando la tasa de interés se deriva de la regla. Esto ocurre porque el área apreciatoria originada por el sobre ajuste de la tasa de interés cuando termina el horizonte de proyección es demasiado grande. La evolución relativa del tipo de cambio estará regida por la suma de estas áreas apreciatorias y depreciatorias; así se observa que el tipo de cambio más apreciado ocurre en el primer periodo ya que esta considera las dos áreas de apreciación menos el área de depreciación del medio. A medida que transcurre el tiempo, el área de apreciación inicial queda atrás y el tipo de cambio está menos apreciado, hasta llegar al periodo 15 en donde mirando hacia delante, el área de apreciación inicial ya no se incluye. Este es el punto de mayor depreciación del tipo de cambio. A partir de allí, el transcurrir del tiempo agota también esta área y el tipo de cambio empieza a apreciarse hasta llegar a un piso en el periodo 25
- En nuestro caso particular, el tamaño de la sobre apreciación no es mayor problema, pero eso no es necesariamente así en otros casos. La depreciación o apreciación nominal puede en verdad ser tan fuerte que deja de tener sentido como proyección práctica de tipo de cambio. Sin embargo, sabemos que la fuente de dicho comportamiento es el efecto inducido en la tasa de interés interbancaria para que se mantenga constante a lo largo del periodo de proyección. Por ello, puede ser conveniente realizar un ajuste para eliminar la anomalía que se crea al hacer este tipo de proyecciones.

Una primera inspección sugiere que la sobre apreciación se debe a los diferenciales de tasas de interés que surgen más allá del horizonte de proyección. La idea es minimizar este diferencial con ajustes al término de error de manera que el diferencial que se obtenga sea igual al diferencial implícito en la proyección T para dicho periodo.

Gráfico 2



Realizando el ajuste en la ecuación de paridad no cubierta:



En el *Panel 4* se grafican, además de los escenarios con regla de política monetaria y la tasa de interés constante en 6,25 por ciento, las sendas derivadas del ajuste hecho al escenario con tasa de interés constante.

El ajuste se realiza en la ecuación de paridad no cubierta. Básicamente consiste en ajustar los términos de error en la ecuación de paridad de manera que se genera la misma depreciación spot observada en el escenario de regla de política. El ajuste se realiza en el horizonte de convergencia y no en el horizonte de proyección para dejar limpio de ruidos el análisis del horizonte de proyección.

Las líneas continuas oscuras representan las sendas correspondientes al escenario con el ajuste. En particular, se observa que el salto en el tipo de cambio coincide con el salto resultante del escenario con regla (líneas con puntos). El comportamiento también se traslada a la inflación de los primeros 3 periodos.

Para el cálculo del ajuste se considera lo siguiente:

El tipo de cambio spot en el escenario de regla, denotado por $e_t | R$, considerando que el tipo de cambio converge a $e_T | R$ luego de un número lo suficientemente grande de periodos T, está determinado por (observar que en esta proyección se han retirado los términos de error de la ecuación de paridad no cubierta):

$$e_t | R = e_T | R - \frac{1}{12} \sum_{j=0}^T E_t (i_{CP,t+j} | R - i^*_{CP,t+j} - s_{t+j}) \quad \dots(23)$$

De otro lado, el tipo de cambio en el escenario “ajustado” con tasas de interés constante es:

$$e_t(\mathbf{e}) | C = e_T(\mathbf{e}) | C - \frac{1}{12} \sum_{j=0}^T E_t (i_{CP,t+j}(\mathbf{e}) | C - i^*_{CP,t+j} - s_{t+j}) - \frac{(T-k)}{12} \mathbf{e} \quad \dots(23)$$

En esta ecuación se considera un ajuste constante en la ecuación de paridad no cubierta a partir del periodo $k+1$ (inicio del horizonte de convergencia). Se toma en cuenta que un determinado monto del ajuste \mathbf{e} afecta todas las variables endógenas, incluyendo el tipo de cambio spot así como el tipo de cambio terminal y las tasas de interés.

El objetivo del ajuste \mathbf{e} es afectar el patrón de expectativas de largo plazo de modo que el salto en el tipo de cambio spot sea “creíble”. Para ello asumimos que la depreciación spot es exactamente igual al que se observa en el caso del escenario con regla:

$$e_t | R = e_t(\mathbf{e}) | C \quad \dots(23)$$

Lo que equivale a:

$$e_t | R = e_T(\mathbf{e}) | C - \frac{1}{12} \sum_{j=0}^T E_t (i_{CP,t+j}(\mathbf{e}) | C - i^*_{CP,t+j} - s_{t+j}) - \frac{(T-k)}{12} \mathbf{e} \quad \dots(23)$$

Esta ecuación se puede resolver para \mathbf{e} dado que se sabe el valor de $e_t | R$ y la secuencia exógena de tasas $i^*_{CP,t+j}$ y s_{t+j} .

En el *Gráfico 3* se puede observar que a partir del horizonte de convergencia, la línea con puntos que representa a la suma de la tasa externa, el premio y el choque de tipo de cambio, presenta un quiebre originado precisamente por la cuantía del ajuste constante.

Panel 4

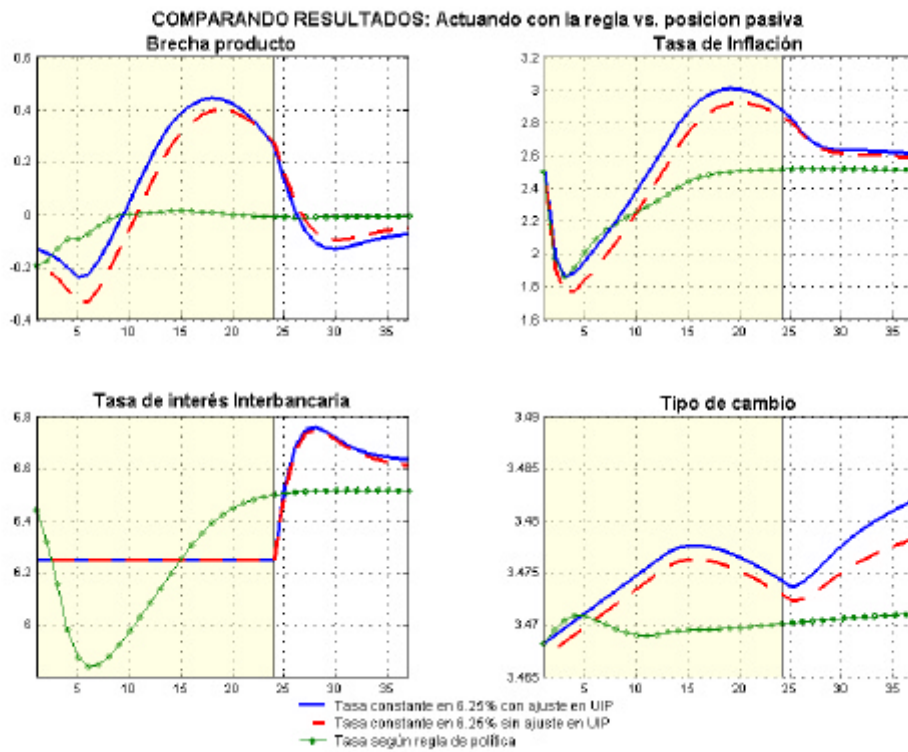
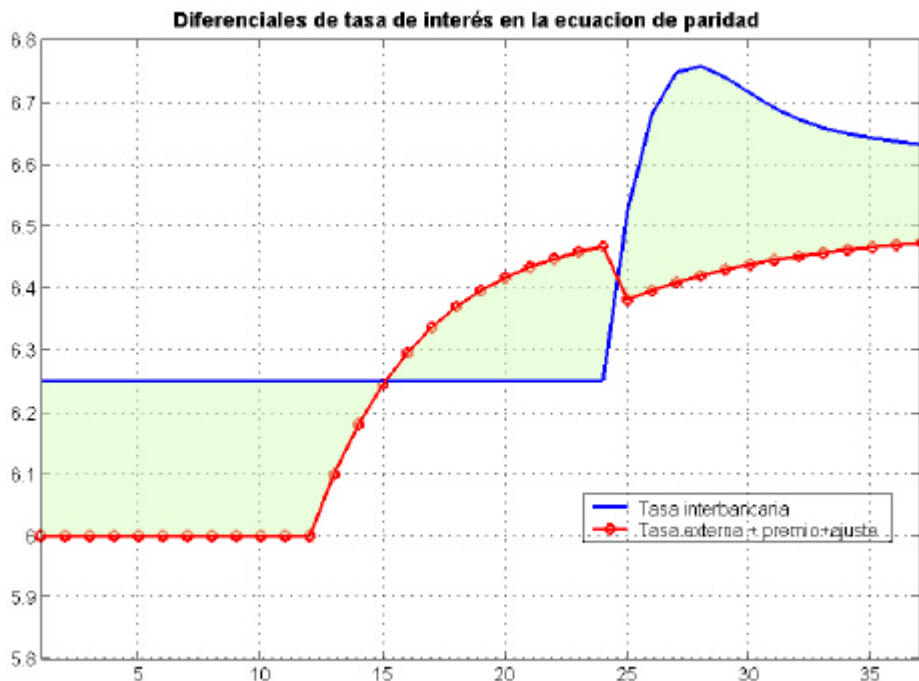


Gráfico 3



4. Comentarios finales



En el presente trabajo se documentó un modelo semi-estructural de pequeña escala similar al utilizado por el BCR para realizar sus proyecciones macroeconómicas ligadas al Esquema de Meta Explícita de Inflación. A partir de dicho modelo se realizó la simulación de una proyección en el que se mostró cómo una proyección bajo un marco en el que las tasas de interés de política son fijadas de acuerdo a una regla de política puede guiar las decisiones de la autoridad monetaria. En este sentido, aunque en la práctica resulta difícil que la autoridad monetaria se comprometa a una determinada senda de tasas de interés consistente con una regla, éstas sendas sirven de guía para la elección de la tasa que el banco “fija” durante su horizonte de proyección.

Por otro lado, cuando se proyecta con una tasa de interés constante, la postura real de política monetaria no depende directamente del nivel de dicha tasa sino del nivel de la tasa real asociada a ella. Las proyecciones con tasas de interés constante introducen anomalías que pueden manifestarse de diversas maneras; por ejemplo como un sobre-ajuste del tipo de cambio que modifica drásticamente el patrón de expectativas de inflación (modificando por tanto las tasas reales de interés en magnitudes no deseadas). Para tratar de evitar las posibles aberraciones derivadas de este tipo de proyecciones se esquematiza una solución que consiste en realizar ajustes a la curva de paridad no cubierta a partir del horizonte de convergencia del modelo.



5. Bibliografía

- Blanchard, O., y Kahn, C.** (1980): "The Solution of Linear Difference Models" *Econometrica*, 48, 1305–1313.
- Calvo, G.** (1983); "Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework", *Journal of Monetary Economics* 12.
- Duffie, Darrell & Singleton, Kenneth J.** 1993. "Simulated Moments Estimation of Markov Models of Asset Prices," *Econometrica*, Vol. 61 (4) pp. 929-52.
- Evans, G. y Honkapohjia** (2001), "Adaptive Learning and Macroeconomic Dynamics"; Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Goodhart, C.A.E** (2001), "The Inflation Forecast", *National Institute Economic Review*, No. 175, 2001.
- Klein, P.** (2000): "Using the Generalized Schur Form to Solve a System of Linear Expectational Difference Equations," discussion paper, IIES, Stockholm University
- Laxton, D., Polak, S. y Rose, D.** (Editores) (2003); "The Czech National Bank's Forecasting and Policy Analysis System"; CNB.
- Leitemo, K.** (2003), "Targeting Inflation by Constant-Interest-Rate Forecasts", A publicarse en *Journal of Money, Credit, and Banking* (2003).
- Lucas, R.** (1976). "Econometric Policy Evaluation: A Critique", *Carnegie-Rochester Conferences on Public Policy*, 1, 19-46.
- Mankiw, G., Reis, R. y Wolfers, J.** (2003), "Disagreement about Inflation Expectations", NBER Working Paper No. 9796, Junio 2003.
- McCallum, B.** (2001), "Software for RE Analysis", aparecidas en página: <http://wpweb2k.gsa.cmu.edu/faculty/mccallum/research.html>
- Michaelides, A. y Ng S.** "Estimating the Rational Expectations Model of Speculative Storage: A Monte Carlo Comparison of Three Simulation Estimators", *Journal of Econometrics*, June 2000, Volume 96, (2), pp. 231-266.
- Sargent, T.** (1981). "Interpreting Economic Time Series", *Journal of Political Economy*, 89, 213-248.
- Sims, C.** (1980). "Macroeconomics and Reality", *Econometrica*, 48(1), 1-48.
- Svensson, L.** (1997); "Inflation Forecast Targeting: Implementing and Monitoring Inflation Targets"; *European Economic Review* 87.
- Woodford, M.** (2003); "Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy"; Princeton University Press (A ser publicado en Octubre 2003).
- Yun, T.** (1996); "Nominal Price Rigidity, Money Supply Endogeneity, and Business Cycles", *Journal of Monetary Economics* 37.

**Apéndice A: Aproximando el modelo a la realidad****Representación matricial**

En el sistema de ecuaciones descrito intervienen N variables endógenas $\{p_t, y_t, q_t, e_t, i_t\}$, a partir de estas ecuaciones se tienen que redefinir las variables de manera que el sistema quede expresado en una forma canónica:

$$AE_t \begin{bmatrix} Y_{t+1} \\ K_{t+1} \end{bmatrix} = B \begin{bmatrix} Y_t \\ K_t \end{bmatrix} + CZ_t + D\Xi_t \quad \dots(\text{A.1})$$

En esta nueva representación, se separa las variables endógenas en dos grupos; el vector Y_t que contiene las variables endógenas de estado (no predeterminadas) y el vector K_t que agrupa a las variables endógenas pero predeterminadas²⁷ en el periodo t . Asimismo, se consideran dos tipos de variables exógenas; Z_t es el vector de variables totalmente exógenas al modelo y Ξ_t es el vector de choques autónomos²⁸. Este tipo de sistema de ecuaciones lineales en expectativas racionales ha sido plenamente estudiado y varios métodos de solución han sido expuestos a partir de la contribución de Blanchard y Kahn (1980). La solución planteada aquí usa la descomposición de Schur expuesta en Klein (2000) y McCallum (2001). En su forma más simple, aquella en la que ambos, el vector exógeno Z_t y Ξ_t siguen procesos AR(1), la solución puede ser expresada en forma de espacio de estado, cuya recursividad puede ser explotada para hacer simulaciones:

La ecuación de observación que resuelve (24) es:

$$\begin{bmatrix} K_{t+1} \\ Z_{t+1} \\ \Xi_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P & Q_Z & Q_\Xi \\ 0 & \Phi_Z & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_\Xi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_t \\ Z_t \\ \Xi_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ U_{Z,t+1} \\ U_{\Xi,t+1} \end{bmatrix} \quad \dots(\text{A.2})$$

Mientras que la ecuación de medición es:

$$Y_t = \begin{bmatrix} M & N_Z & N_\Xi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_t \\ Z_t \\ \Xi_t \end{bmatrix} \quad \dots(\text{A.3})$$

El objetivo general del proceso de estimación y calibración es conocer los valores de los parámetros contenidos en las matrices A, B, C y D que definen el modelo según la ecuación (A.1), sabiendo que un determinado valor de dichos parámetros genera una forma de espacio de estado lista para simular que tiene en general a la forma (A.3).

El vector de parámetros a estimar se denotará por: $W_t = [A \quad B \quad C \quad D]$

²⁷ Por ejemplo, las variables predeterminadas contienen rezagos de todas las variables mientras que las variables no predeterminadas contienen términos de expectativas futuras.

²⁸ Las variables exógenas del modelo están definidas dentro de los vectores Y_t y K_t , su carácter de exógenas resalta en la solución del modelo al constituir un bloque plenamente exógeno.



Calibración de parámetros y estado estacionario

El estado estacionario del modelo comprende a promedios históricos de las variables en mención, tomando como referencia la disponibilidad de las series estadísticas.

Variables Reales		
r^{ss*}	Tasa libor real	2.0
Δtot^{ss}	Crecimiento de los términos de intercambio	0.0
Δq^{ss}	Crecimiento del tipo de cambio real de equilibrio	0.0
s^{ss}	Prima por riesgo cambiario	2.0
r^{ss}	Tasa interbancaria real	4.0
Variables nominales		
i^{ss*}	Tasa libor 1 mes	4.5
p^{ss*}	Tasa de inflación externa anualizada	2.5
i^{ss}	Tasa interbancaria neutral de equilibrio	6.5
P_{core}^{target}	Meta de inflación	2.5
$P_{noncore}^{target}$	Inflación no subyacente	2.5
Δe	Depreciación nominal	0.0

Los parámetros de la regla de política monetaria no son estimados y más bien corresponden a la familia de Regla de Taylor generalizada con un valor $\alpha = 0.7$ para el parámetro suavizador de la tasa de interés, un valor de $\alpha_p = 1.5$ para la respuesta sistemática de la tasa de interés a los desvíos de la inflación y un valor de $\alpha_y = 0.5$ para la respuesta de política respecto a los desvíos de la brecha de producto.

Finalmente, el parámetro de ponderación de la inflación subyacente en la inflación es determinado por los especialistas del sector de precios. El valor de dicho parámetro es $\alpha = 0.68$.

Estimación de parámetros:

El resto de parámetros del modelo se estima usando el método de momentos simulados (MMS) introducido en Duffie y Singleton (1993). Esta estimación se basa en aproximar los momentos teóricos que genera el modelo con los momentos históricos de un vector de variables representativo. En nuestro caso, este vector de variables macroeconómicas representativas está dado por:

$$x_t = \left[y_t \quad p_{core,t} \quad i_t \quad \Delta e_t \right] \quad \dots(\text{A.4})$$

Al que se le define una función de momentos $m(x_t)$ que se quiere replicar, esta función puede estar formada por los valores contemporáneos de x_t (primer momento), la multiplicación cruzada respecto a distintos rezagos y adelantos (segundo momentos) y hasta los cubos de los elementos de x_t (tercer momento). Para la presente estimación, se toma:

$$m(x_t) = (x_t, x_t x_t', x_t x_{t-1}'))$$

A partir de esta función se construyen los momentos empíricos de x_t tomando en cuenta el periodo que va de setiembre 2000 a abril 2003 (N=32 datos)

$$M(X) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N m(x_j) \quad \dots(\text{A.5})$$



Donde X es una matriz $4 \times N$ y representa a los datos observados en la muestra.

Por otro lado, partiendo de un conjunto de parámetros a estimar cualquiera W , sabemos que la solución del sistema expectacional racional implica una forma reducida de la forma (A.3), que puede ser usado para generar datos simulados dentro de la muestra y más allá de la muestra (NS periodos). A partir de los datos simulados, se puede utilizar exactamente la misma métrica definida en (A.5):

$$M(X^{(W)}) = \frac{1}{NS} \sum_{j=1}^{NS} m(x_j^{(W)}) \quad \dots(\text{A.6})$$

La comparación de ambos momentos se hace utilizando una métrica de distancia que castiga a los momentos que tienen mayor varianza:

$$H(X^{(W)}) = [M(X) - M(X^{(W)})]' \Theta [M(X) - M(X^{(W)})] \quad \dots(\text{A.7})$$

Donde Θ es la inversa de la matriz de varianzas y covarianzas teórica de los momentos²⁹.

Para un determinado estado de números aleatorios, se busca el conjunto de parámetros W que minimicen³⁰ $H(X^{(W)})$. Se tendrá tantas estimaciones puntuales de W como estados aleatorios se fijen, sin embargo, dado que el problema resulta computacionalmente pesado, sólo se determinaron unos 20 puntos por parámetro.

Los parámetros estimados se describen en el *Gráfico G1* junto con sus histogramas respectivos. Esta estimación debe servir como una referencia para fijar los parámetros definitivos al momento de usar el modelo para proyectar.

²⁹ Para la estimación de Θ se usó el kernel de Parzen con 4 rezagos.

³⁰ Se utilizó el método de minimización simplex.

Gráfico G1

