

*Jorge Ponce*

# Fundamentos del precio de las viviendas en Uruguay

## Resumen

*En este trabajo se propone un modelo de precios para las viviendas según los fundamentos. El modelo se calibra con datos de Uruguay. Se encuentra que los precios reales de las viviendas fluctúan más que lo justificado por sus fundamentos, que hubo un desequilibrio estadísticamente significativo justo antes de la crisis de 2002, que la caída de los precios según los fundamentos anticipó la crisis y que en el periodo reciente tales precios presentan una tendencia de crecimiento estable, en tanto que los precios reales se encuentran oscilando en su entorno.*

*Palabras clave: precio de viviendas, modelo de fundamentos, estabilidad financiera, Uruguay.*

*Clasificación JEL: G28.*

## Abstract

This paper proposes a model of fundamentals for the price of housing. The model is calibrated with data for Uruguay. The main findings are: Real housing prices fluctuate more than justified by fundamentals; the misalignment was statistically significant just before the 2002 crisis; a fall in fundamental

---

J. Ponce es funcionario del Banco Central del Uruguay. Agradece los comentarios y sugerencias brindadas por Fernando Borraz, Diego Gianelli, Gerardo Licandro, Adolfo Sarmiento y dos dictaminadores anónimos. Las opiniones expresadas en este artículo son responsabilidad del autor y no representan ni comprometen la posición institucional del Banco Central del Uruguay. Para correspondencia: <jponce@bcu.gub.uy>.

prices anticipates the crisis; and, in the recent period fundamental prices follow a stable trend of positive growth while real housing prices fluctuates around it.

Keywords: price of housing, model of fundamentals, financial stability, Uruguay.

JEL classification: G28.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los desvíos de los precios de algunos activos, en particular de los bienes inmobiliarios, con respecto a su trayectoria de equilibrio pueden tener importantes consecuencias para la estabilidad de los sistemas financieros. El resultado de que los precios de activos inmobiliarios (viviendas) se mantengan más elevados que lo que justifican sus fundamentos por períodos prolongados puede ser un endeudamiento en exceso, la toma de riesgos desmesurada y la sobrevaloración de las garantías; todo lo cual, hace más probable la ocurrencia de abruptas y costosas correcciones. En un contexto internacional caracterizado por condiciones laxas de liquidez internacional, importantes flujos de capitales hacia economías emergentes y elevados precios de los productos básicos, como ocurrió luego de la crisis financiera internacional de 2008-2009, se volvió particularmente relevante la evaluación del grado de desalineamiento que los precios de las viviendas muestran con respecto a sus fundamentos.<sup>1</sup>

En este artículo se propone un modelo para estimar el precio de las viviendas según sus fundamentos; el cual explota el hecho de que una vivienda puede ser considerada tanto como un activo de inversión, como un bien que brinda servicios. El modelo se calibra con datos para Uruguay. La comparación de los precios reales con los precios justificados por los fundamentos brinda un indicador del sentido, la magnitud y la duración de los posibles desequilibrios.

---

<sup>1</sup> En la próxima sección se presenta una revisión de la bibliografía que analiza los vínculos entre el contexto internacional y los precios de activos internos.

Los principales resultados pueden resumirse como sigue. Primero, el precio real de las viviendas fluctúa más que lo justificado por sus fundamentos, lo que implica que se observen períodos de subvaloración o de sobrevaloración de los precios de las viviendas a lo largo de la serie histórica. Segundo, los precios según sus fundamentos calibrados muestran una tendencia decreciente desde cuatro años antes de la materialización de la crisis del año 2002. La intensidad de la caída aumenta en el año inmediato anterior a la crisis lo que evidencia un importante desalineamiento con respecto a los precios reales que se mantienen relativamente estables. La sobrevaloración de los mismos con respecto al precio según sus fundamentos se hace estadísticamente significativa durante ese período. Este hecho, si bien se deriva de la observación de un solo evento de crisis, argumenta a favor de la utilización del precio de las viviendas según sus fundamentos como un indicador adelantado de fragilidad financiera. Tercero, en el período más reciente, el precio según sus fundamentos muestra una tendencia de crecimiento estable y los precios reales de las viviendas en Uruguay se encuentran oscilando en su entorno sin mostrar diferencias estadísticamente significativas. Por tanto, no se evidencian signos de desequilibrio de los precios reales de las viviendas con respecto a lo justificado por sus fundamentos. De todas maneras, es pertinente realizar las siguientes observaciones. El hecho de que los precios reales de las viviendas se encuentren alineados con los fundamentos no implica que los primeros no puedan caer en el futuro. Como se mencionó antes, los precios reales fluctúan más que los precios según los fundamentos. Adicionalmente, las condiciones imperantes en la economía internacional alientan la hipótesis de que los propios fundamentos del precio de las viviendas (en particular las variables de ingreso) pueden encontrarse sobrevaloradas. Este punto debería ser objeto de futuros estudios. Cuarto, como subproductos del ejercicio de calibración se han generado series de oferta y construcción de viviendas, así como estimación de otras variables relevantes tales como la tasa de depreciación, los costos de mantenimiento y la prima de riesgo.

El resto del artículo se estructura como sigue. En la siguiente sección se realiza una breve descripción de la bibliografía relacionada. En la sección 3 se describe brevemente el sector inmobiliario de Uruguay. En la sección 4 se presenta el modelo de fundamentos para el precio de las viviendas. En la sección 5 se calibra el modelo con datos de Uruguay. En la sección 6 se presentan los comentarios finales.

## 2. BIBLIOGRAFÍA RELACIONADA

Una serie de contribuciones recientes han abordado los vínculos entre los desequilibrios internacionales, los flujos de capitales, las condiciones de liquidez internacional y el precio de los activos. Hirata *et al.* (2012) mostraron que los precios de las viviendas en países desarrollados tienden a moverse conjuntamente (están sincronizados), y que esta sincronización ha aumentado a lo largo del tiempo. Entre los determinantes de las fluctuaciones globales de los precios de viviendas los autores encuentran que innovaciones sobre la tasa de interés global (o política monetaria laxa) tienen un efecto significativo sobre los precios de las viviendas. Aizenman y Jinjark (2009) también encontraron evidencia de un incremento en la sincronización de precios en los mercados mundiales de viviendas. Además, su artículo muestra que existe una fuerte y robusta relación positiva entre los déficits de cuenta corriente y la apreciación real de las viviendas. Esta relación es más fuerte si los mercados financieros son más profundos. Taguchi (2011) analizó la respuesta de precios de activos a los influjos de capitales en países del este asiático. En todos los casos se documentó una respuesta positiva de los precios de acciones ante los flujos de cartera. Además, este efecto se ve reforzado por un efecto indirecto por medio de la política monetaria en aquellos países con un régimen de tipo de cambio fijo. Vásquez-Ruiz (2012) analizó un panel de 46 países y encontró una asociación positiva fuerte entre los precios de viviendas y los flujos de cartera. El régimen cambiario también afecta la fortaleza de la relación. Kim y Yang (2011) encontraron que los flujos de capitales a países

asiáticos han contribuido a la apreciación de las acciones y la tierra. En tanto Favilukis *et al.* (2012) encontraron que los flujos de capitales sólo tienen un pequeño efecto sobre los precios de las viviendas una vez que se consideran los efectos endógenos sobre la prima de riesgo y la oferta esperada de viviendas. Por el contrario, cambios que modifican el acceso al financiamiento hipotecario tienen fuertes efectos sobre los precios.

La bibliografía citada en el párrafo precedente no analiza la dirección de causalidad entre déficit de cuenta corriente y precios de activos. Laibson y Mollerstrom (2010) encontraron evidencia que sugiere que la causalidad va desde las burbujas de los precios de activos hacia los déficits de cuenta corriente. En particular, movimientos en los precios de activos explican más del 50% del déficit de cuenta corriente de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Gete (2010) mostró formalmente cómo un incremento en la demanda de viviendas puede generar un déficit de cuenta corriente. Jinjarak y Sheffrin (2011) analizaron las relaciones de causalidad entre el déficit de la cuenta corriente y el precio de las viviendas. Ellos encontraron poca evidencia de que el primero cause al segundo.

Desde una perspectiva de estabilidad financiera es necesario poder identificar cuando una serie de precios de activos se encuentra desalineada con respecto a sus fundamentos o senda de equilibrio. Garriga *et al.* (2012) encontraron que el comportamiento del precio de las viviendas puede ser correctamente descrito mediante la utilización de fórmulas estándar de valuación de activos. De todas formas, la estructura del modelo de valuación requerido es altamente no lineal. Hott (2009) proveyó de un modelo no lineal para calibrar el precio de las viviendas según sus fundamentos. En ambos trabajos se concluye que los precios observados varían más que lo predicho por sus fundamentos. Borraz *et al.* (2012) estimaron un modelo dinámico de datos de panel para 32 países entre 1990 y 2011 y analizaron la relación entre precios de viviendas y variables globales. La metodología permite identificar períodos de sobrevaloración para cada país cuando se utiliza la relación

estimada como fundamento de los precios de las viviendas. Los resultados son coherentes con los encontrados por Jara y Olaberría (2012), quienes utilizaron la metodología de Olaberría (2011).

Olaberría (2011) estudió la asociación entre los flujos de capitales y la sobrevaloración de precios de activos financieros, la cual se mide como un desvío del precio corriente respecto a una tendencia de Hodrick-Prescott, y documentó una fuerte y significativa asociación entre estas variables para países emergentes. Además, el autor no encontró evidencia a favor de que políticas de control de capitales reduzcan dicha asociación. Hott y Jokipii (2012) utilizaron el modelo de fundamentos de Hott (2009) para identificar desalineamientos en los precios de viviendas, y encontraron un significativo y positivo vínculo entre tasas de interés bajas y sobrevaloración del precio de viviendas. Adicionalmente, la evidencia empírica soporta la hipótesis de que tasas bajas durante largos períodos de tiempo hacen más fuerte el efecto. Cubeddu *et al.* (2012) consideraron una muestra de países de América Latina y analizaron si los precios de las viviendas se encontraban alineados con sus fundamentos y hasta qué punto el crecimiento del crédito hipotecario era excesivo con respecto a las tendencias de largo plazo. Los autores concluyeron que no se observaban desalineamientos importantes de los precios de la vivienda con respecto a sus fundamentos (aproximados mediante una tendencia de Hodrick-Prescott), pero que los mismos se podrían materializar de persistir las tendencias actuales.

Las metodologías utilizadas en la bibliografía para la elaboración de índices de precios son variadas. También lo son las metodologías para estimar la parte de los precios observados que puede ser explicada por la evolución de los fundamentos e identificar potenciales desalineamientos. El objetivo buscado, la relativa complejidad de las metodologías y la disponibilidad de datos condicionan la elección de una sobre otras. Ponce y Tubio (2013) sistematizaron las metodologías para la elaboración de índices de precios de viviendas y evaluaron la aplicabilidad de las mismas al caso de Uruguay. Por un lado,

metodologías de baja complejidad, como es la de *ventas repetidas*, no parecen ser aplicables debido a la baja rotación de las viviendas en el mercado uruguayo. Por el otro lado, metodologías de alta complejidad, como los *modelos hedónicos*, tampoco serían aplicables, al menos para obtener una serie relativamente larga, debido a la insuficiencia de información desagregada.<sup>2</sup> De esta manera, la disponibilidad de información determina la utilización en este artículo de un índice de precios de ajuste mixto (ver sección 4.2.1). Por su parte, la metodología propuesta para identificar períodos de sobrevaloración de los precios de las viviendas se basa en fundamentos microeconómicos (ver sección 4). De esta manera, se contribuye con una estimación complementaria a aquellas realizadas mediante la utilización de filtros de Hodrick-Prescott (por ejemplo, Jara y Olaberría, 2012) o modelos de panel dinámico (ver Borraz *et al.*, 2012, quienes incluyen el caso de Uruguay).

### 3. EL SECTOR INMOBILIARIO RESIDENCIAL EN URUGUAY

La economía uruguaya exhibió un importante dinamismo en los últimos años. En particular, la tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB) de Uruguay se situó en casi un 6% promedio anual durante el último decenio. En este contexto de fuerte crecimiento económico y condiciones laxas de financiamiento internacional, la actividad del sector inmobiliario registró una significativa expansión. En efecto, la mejora de los ingresos y las mayores posibilidades de financiamiento que caracterizan los ciclos positivos de la economía, provocan que la actividad del sector inmobiliario también se vea favorecida. En particular, la actividad de la construcción

---

<sup>2</sup> Recientemente, Landaberry y Tubio (2015) elaboraron un índice de precios hedónicos para las viviendas en Uruguay, para el periodo de 2009 a 2013, mediante la compilación de una nueva base de datos que consolida información de varias fuentes.

mostró un fuerte dinamismo desde 2003, duplicando los niveles de actividad con relación a los prevalecientes en la recesión de 2002-2003. En los últimos años, el sector mostró un notable dinamismo debido fundamentalmente al impulso de la construcción de viviendas en Punta del Este y en la zona costera de Montevideo. En Montevideo, de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadísticas, la superficie construida creció de alrededor de 60,000 m<sup>2</sup> en 2002 a 240,000 m<sup>2</sup> en 2012. Durante varios años, la actividad del sector estuvo concentrada en la realización de torres y edificios en la zona costera, pero en los últimos años este segmento mostró signos de cierta saturación.

Este crecimiento en la construcción y oferta de viviendas fue acompañado de un importante crecimiento en la inversión. Se estima que en 2011 y 2012 la inversión en construcción de viviendas residenciales se situó en torno de 1.600 millones de dólares estadounidenses (USD) por año. Esto representó un importante incremento con relación a los guarismos de 2008 y 2009, cuando la inversión en viviendas se situaba en algo menos de 900 millones de USD. Por su parte, la inversión en construcción ha captado más de la cuarta parte de la inversión extranjera que recibe el país. Como se comentó, el segmento suntuario de Montevideo y de Punta del Este ha sido el principal centro de estas inversiones, especialmente de inversionistas argentinos.

Por el lado de la demanda, las cifras de la Encuesta Continua de Hogares del Instituto Nacional de Estadísticas indican que alrededor del 60% de los hogares uruguayos cuentan con vivienda principal propia. Asimismo, si se realiza dicho análisis considerando el nivel de ingreso de los hogares, se aprecia que la diferencia del porcentaje de hogares con vivienda propia entre el quintil más bajo y el más alto es del 20%, con lo cual en promedio el 50% de los hogares de menores ingresos son propietarios de la vivienda que ocupan. Del total de los hogares con vivienda algo más del 80% ya la ha pagado. De esta manera, la vivienda constituye el principal activo del hogar promedio de Uruguay.

En lo referido al financiamiento para la compra de viviendas, Uruguay se caracteriza por una baja penetración del crédito hipotecario. Si bien en términos nominales el crédito hipotecario en Uruguay ha registrado un importante crecimiento en los últimos años y constituye el principal pasivo del hogar promedio, en términos del producto interno bruto ha permanecido relativamente estable en torno al 4%, lo cual es un número bastante bajo comparado con valores internacionales.

En Uruguay rige la libre contratación de alquileres, lo que significa que las partes acuerdan libremente el plazo, la moneda y el sistema de reajuste de las cuentas. Esta flexibilidad en la fijación ha permitido que los precios del mercado respondan a los fundamentos del mismo, los cuales funcionan como señales adecuadas para la toma de decisiones por parte de los agentes del sector. En el marco del importante crecimiento económico de los últimos años, el mercado de alquileres ha mostrado un notable dinamismo, sobre todo en Montevideo, donde se registra un aumento persistente en el número de contratos celebrados.

#### **4. EL MODELO**

En esta sección se describe el modelo de fundamentos internos para el precio de las viviendas. El mismo está inspirado en Hott (2009) y explota el hecho de que una vivienda puede ser considerada como un activo de inversión o como un bien que brinda servicios. De esta manera, el precio de una vivienda puede ser considerado de dos maneras complementarias: como el resultado del equilibrio en un mercado de activos o del mercado por los servicios de vivienda.

El modelo de precios según sus fundamentos que aquí se introduce combina ambas interpretaciones. En primera instancia se considera la visión de la vivienda como activo: el precio de la vivienda es entonces definido como el valor presente de las rentas futuras. En segunda instancia, las rentas futuras son imputadas sobre el equilibrio del mercado por viviendas. Esto es, se considera a la vivienda como un bien de consumo.

Finalmente, los precios de la vivienda con base en sus fundamentos son calculados al sustituir las rentas futuras imputadas en la ecuación del valor presente de las rentas futuras.

#### 4.1 Activo: valor actual de rentas imputadas futuras

Al considerar la vivienda como un activo su precio está definido como el valor actualizado de sus rentas futuras. La condición de arbitraje implica que en equilibrio cualquier individuo debe ser indiferente entre comprar o alquilar una vivienda. La calibración del modelo explotará esta condición. El costo por período de alquilar una vivienda es el *alquiler*,  $M_t$ . En tanto, el costo por período al comprar una vivienda es la renta imputada,  $H_t$ .

Para calcular la renta imputada se consideran los siguientes elementos:

- 1) Costo financiero (costo de oportunidad): los costos de financiamiento para la compra de la vivienda (o los costos de oportunidad debido a la no disponibilidad del dinero propio) están representados por  $m_t P_t$ , donde  $m_t$  es la tasa de interés en el período  $t$  y  $P_t$  es el precio de la vivienda en el mismo período.<sup>3</sup>
- 2) Costo de mantenimiento y prima de riesgo: los costos de mantenimiento y la prima de riesgo están modelados como una proporción fija del precio de la vivienda,  $\rho P_t$ .
- 3) Ganancia o pérdida neta esperada de capital: la ganancia o pérdida esperada de capital está dada por la variación del precio de la vivienda de un período al siguiente. Esta variación esperada en el capital es modelada en términos netos de la depreciación,  $\delta$ , de la vivienda en que se incurre por el paso del tiempo:  $(1 - \delta)E_t(P_{t+1}) - P_t$ .

---

<sup>3</sup> El supuesto implícito en esta representación de los costos financieros es que todo el valor de la vivienda, tanto la proporción que es financiada con empréstitos como la que es financiada con fondos propios, es descontado a la misma tasa de interés  $m_t$ .

La renta imputada ( $H_t$ ) se obtiene al sumar estos elementos. Así:

$$1 \quad H_t = (m_t + \rho + 1)P_t - (1 - \delta)E_t(P_t + 1).$$

Al definir el factor de descuento  $R_t = 1 + \rho + m_t$ , se despeja  $P_t$  de la ecuación 1, y tras iterar se obtiene la siguiente expresión para el precio de las viviendas:<sup>4</sup>

$$2 \quad P_t = E_t \left[ \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(1 - \delta)^i H_{t+i}}{\prod_{j=0}^i R_{t+j}} \right].$$

## 4.2 Bien: renta imputada

La ecuación 2 implica que el precio de una vivienda es igual al valor esperado actual de las rentas imputadas futuras. Para calcular estas rentas se utiliza la condición de equilibrio en el mercado de viviendas. En particular, la secuencia de rentas imputadas,  $H_t$ , debe definir una demanda por viviendas que sea igual a la oferta de las mismas.

La oferta de viviendas en un período determinado,  $S_t$ , está dada por la oferta en el período anterior neta de depreciación y por la construcción de nuevas unidades,  $B_{t-j}$ :

$$3 \quad S_t = (1 - \delta)S_{t-1} + B_{t-1} = (1 - \delta)^t S_0 + \sum_{j=1}^t (1 - \delta)^{j-1} B_{t-j},$$

donde  $S_0$  es la oferta inicial de viviendas.

Para determinar la demanda por viviendas,  $D_t$ , se asume que hay un número finito de individuos idénticos en la economía. Cada individuo tiene preferencias del tipo Cobb-Douglas por consumo de viviendas y otros bienes de tal forma que la proporción del ingreso agregado,  $Y_t$ , que es destinada al consumo

<sup>4</sup> Esta es una solución particular (sin burbujas racionales) de la ecuación en diferencias finitas donde la convergencia está asegurada al asumir que  $\delta > 0$ .

de viviendas está representado por el parámetro  $\alpha$ . De esta forma, la demanda de viviendas viene dada por:

$$4 \quad D_t = \alpha \frac{Y_t}{H_t}.$$

La oferta y la demanda de viviendas se igualan y despejando se obtiene la siguiente expresión para la renta imputada:

$$5 \quad H_t = \alpha \frac{Y_t}{(1-\delta)^t S_0 + \sum_{j=1}^t (1-\delta)^{j-1} B_{t-j}}.$$

### 4.3 Precio de fundamentos de la vivienda

Al remplazar el valor de la renta imputada de la ecuación 5 en la ecuación de precios (ecuación 2), y utilizando la oferta de viviendas de la ecuación 3, se obtiene la ecuación de precios para las viviendas según sus fundamentos:

$$6 \quad P_t^* = E_t \left[ \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(1-\delta)^i \alpha Y_{t+i}}{S_{t+i} \prod_{j=0}^i R_{t+j}} \right].$$

## 5. CALIBRACIÓN

La calibración de los parámetros del modelo se realiza en dos etapas. En la primera etapa se explota la condición de arbitraje según la cual cualquier individuo debe ser indiferente entre alquilar y comprar una vivienda. En esta etapa, los parámetros son elegidos de forma que se minimicen las diferencias al cuadrado del valor del alquiler,  $M_t$ , con el valor de las rentas imputadas,  $H_t$ . En la segunda etapa los parámetros son calibrados de forma que se minimicen las diferencias al cuadrado de los precios de viviendas con los precios según los fundamentos. Este proceso de calibración permite explotar la estructura no lineal del modelo de precios según sus fundamentos, la que según Garriga *et al.* (2012) es necesaria para describir correctamente el precio de las viviendas.

## 5.1 Primera etapa: alquiler y renta imputada

En la primera etapa se calibran los parámetros de la ecuación 5: el parámetro de preferencia por viviendas,  $\alpha$ ; la tasa de depreciación,  $\delta$ ; y la oferta inicial de viviendas,  $S_0$ . En forma adicional es necesario calibrar un cuarto parámetro, la construcción inicial de nuevas unidades  $B_0$ , debido a las condiciones de consistencia exigidas a las series generadas para la oferta de viviendas,  $S_t$ , y la construcción de nuevas unidades  $B_t$ . En particular, se impone a la serie de construcción de nuevas unidades que siga la evolución (variación) del índice de formación bruta de capital físico en edificios residenciales:  $B_t = B_0 \frac{I_t}{I_0}$ , donde  $I_k$  es el índice de formación bruta de capital físico en edificios residenciales del período  $k$ . En tanto, a la serie de oferta de viviendas se le exige que replique el número de viviendas informada por los relevamientos censales de 1996, 2004 y 2010 con un margen de error del cinco por ciento.

La calibración de los parámetros resuelve el siguiente problema de optimización:<sup>5</sup>

$$7 \quad \min_{\alpha_1, \delta, S_0, B_0} = \sum_{t=0}^T \left[ \alpha_1 \frac{Y_t}{(1-\delta)^t S_0 + \sum_{j=1}^t (1-\delta)^{j-1} B_{t-j}} - M_t \right]^2,$$

donde  $\alpha_1$  es el parámetro de preferencia por viviendas,  $\alpha$ , corregido por la diferencia de escalas de las variables utilizadas. La calibración se realiza tomando en cuenta las siguientes restricciones

<sup>5</sup> Implícito en este modelo está el supuesto de que no hay fricciones en los mercados financieros, de forma que la condición de arbitraje siempre se debería cumplir con igualdad. Esto es particularmente importante para el caso de Uruguay dada la escasa profundidad del mercado hipotecario y la existencia de planes especiales de fomento a la vivienda a lo largo de los últimos decenios. En muchos de estos planes, los mecanismos de fomento fueron otros diferentes de la tasa de interés ( $m_t$ ); razón por la cual no nos es posible incorporar a la calibración realizada en este trabajo los efectos del crédito hipotecario contenidos en los mismos.

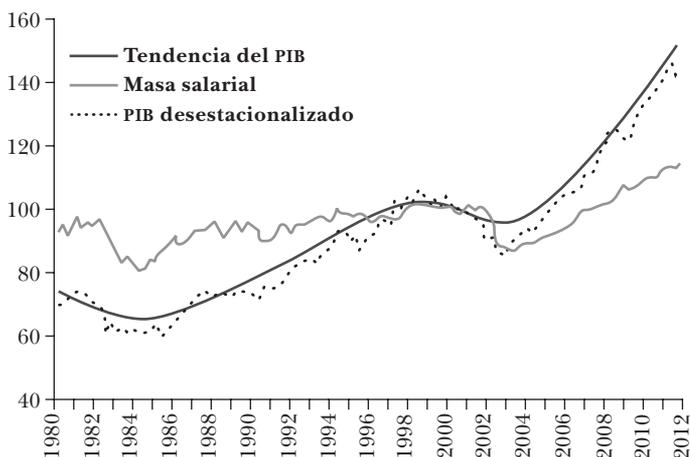
sobre los valores de los parámetros:  $\alpha_1 > 0$ ,  $0 < \delta \leq 0.025$ ,  $S_0 \geq 988,525$  y  $B_0 \geq 0$ . Dado que  $\alpha$  es el parámetro de preferencias por viviendas, entonces  $\alpha_1$  tiene que ser positivo. La restricción para el parámetro de depreciación,  $\delta$ , se introduce para garantizar que la vida útil mínima de la vivienda sea de diez años y la máxima potencialmente ilimitada (recordar que se utilizarán datos trimestrales para la calibración). La restricción para el valor inicial de viviendas,  $S_0$ , está dada por la oferta total de viviendas informada por el censo de 1985 (recordar que la calibración se realiza con una serie de datos que comienza en el primer trimestre de 1988). En tanto, la construcción de nuevas unidades,  $B_0$ , debe necesariamente ser no negativa.

### 5.1.1 Datos

Los datos que se utilizan para realizar las calibraciones son de Uruguay y de frecuencia trimestral. El período de análisis comprende desde el primer trimestre de 1988 al segundo trimestre de 2011.

Gráfica 1

INGRESO AGREGADO,  $Y_t$   
(promedio 2000=100)



Se utilizan tres variantes para el ingreso agregado  $Y_t$ : 1) el índice de volumen físico del producto interno bruto en términos desestacionalizados, 2) la tendencia de Hodrick-Prescott del índice de volumen físico del producto interno bruto, y 3) la masa salarial calculada como el salario real promedio multiplicado por el número de trabajadores. La gráfica 1 muestra estas variables. Por su parte, los alquileres corresponden a la serie de precios reales de alquileres del Instituto Nacional de Estadísticas. En el anexo se brinda una descripción de las series utilizadas.

### 5.1.2 Resultados

El cuadro 1 muestra los resultados de la calibración.<sup>6</sup> Como puede observarse los resultados no difieren sustancialmente cuando se utilizan diferentes variantes para el ingreso agregado  $Y_t$ . En particular, el parámetro de depreciación  $\delta$  del 0.66% trimestral implica que, en promedio, una vivienda se deprecia completamente en 40 años. En tanto, los resultados obtenidos al utilizar el producto interno bruto como ingreso agregado implican una estimación de la oferta inicial de viviendas (para el primer trimestre de 1988),  $S_0$ , apenas por encima del valor censal del año 1985. La calibración de la oferta inicial de viviendas obtenida al utilizar la masa salarial como variable de ingreso agregado es coherente con los datos censales del año 1985, así como con la tasa de depreciación y la construcción inicial de nuevas unidades que fueran calibradas. La gráfica 2 muestra la oferta de viviendas que surge como resultado del ejercicio de calibración y lo compara con los datos censales. La gráfica 3 muestra la serie de construcción de nuevas viviendas que surge como resultado de la calibración y lo compara con el índice de formación bruta de capital físico en edificios residenciales.

---

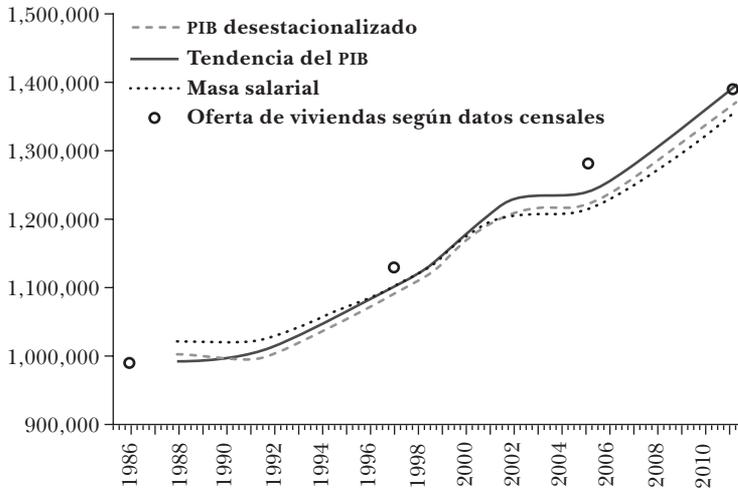
<sup>6</sup> La calibración del parámetro  $\alpha$  se omite dado que para hacer posible su identificación se deberían realizar supuestos sobre el factor de escala contenido en el parámetro calibrado.

**Cuadro 1**

<b>PARÁMETROS CALIBRADOS</b>			
$Y_t$	$\delta$	$S_0$	$B_0$
PIB desestacionalizado	0.0066	990,438	7,112
Tendencia del PIB	0.0063	988,747	7,127
Masa salarial	0.0066	1,017,982	6,893

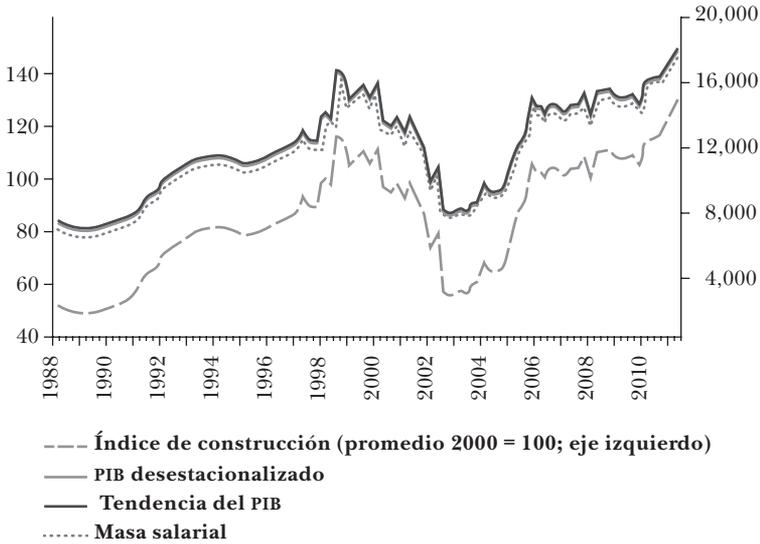
**Gráfica 2**

**OFERTA DE VIVIENDAS CALIBRADA,  $S_t$ , Y DATOS CENSALES**



Gráfica 3

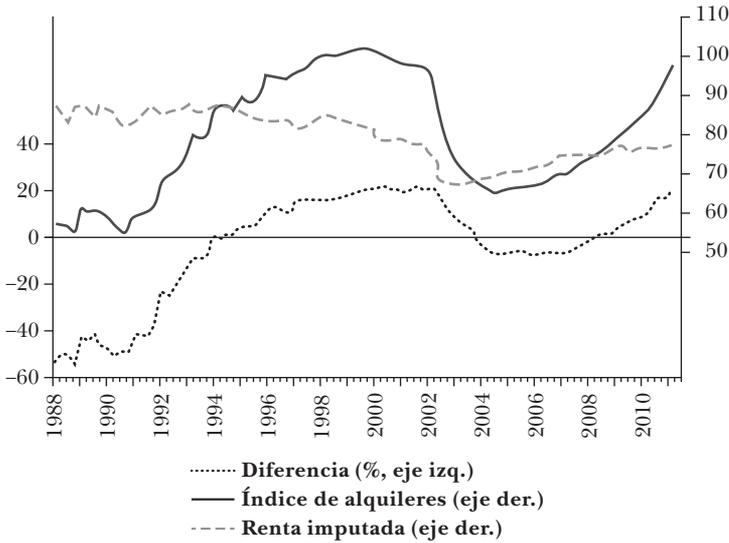
CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS VIVIENDAS CALIBRADA ( $B_t$ )  
E ÍNDICE DE FORMACIÓN BRUTA DE CAPITAL FÍSICO  
EN EDIFICIOS RESIDENCIALES ( $I_t$ )



La gráfica 4 muestra la serie histórica de alquileres en términos reales y la compara con las rentas imputadas cuando se utiliza la masa salarial como variable de ingreso agregado. En el anexo se presentan los resultados de la utilización del PIB como variable de ingreso agregado. En todos los casos los alquileres reales fueron superiores a sus valores según los fundamentos durante el decenio de 1990. La situación se revierte con el advenimiento de la crisis del año 2002. Hacia el final de la serie los alquileres reales tienen un desalineamiento nulo (cuando se utiliza el producto interno bruto como variable de ingreso agregado), o de aproximadamente el 10% por sobre el valor según los fundamentos (cuando se utiliza la masa salarial como variable de ingreso agregado).

Gráfica 4

RENTAS IMPUTADAS ( $Y_t =$  MASA SALARIAL),  
ÍNDICE DE ALQUILERES Y DIFERENCIA



**5.2 Segunda etapa: precio real y de acuerdo con los fundamentos**

Una vez imputadas las rentas a la vivienda es posible calibrar los restantes parámetros, en particular la prima de riesgo  $\rho$ , mediante la ecuación 6 (o de forma equivalente, con la ecuación 2 una vez reemplazado  $H_t$  por los valores calibrados en la primera etapa), y obtener una serie de precios según los fundamentos para la vivienda. La ecuación 6 puede ser escrita como:

8 
$$P_t^* = \sum_{t=0}^T \frac{H_t + \delta P_{t+1}^*}{1 + \rho + m_1} .$$

Para utilizar la ecuación 8 es necesario calibrar el valor futuro del precio según sus fundamentos ( $P_{T+1}^*$ ) para lo cual se debe realizar supuestos sobre la evolución futura de los

fundamentos. De la ecuación 6 surge que el precio de la vivienda según sus fundamentos está determinado por el cociente de ingreso agregado a oferta de viviendas, además del factor de descuento. Por simplicidad se realizan los siguientes supuestos:

i) el cociente de ingreso agregado a oferta de viviendas evoluciona siguiendo una tendencia,  $\frac{Y_{t+1}}{S_{t+1}} = (1+w)\frac{Y_t}{S_t}$ ; y ii) la tasa de interés a partir del período  $T+1$  permanece constante en su valor promedio,  $\bar{m}$ . De esta manera, el valor futuro del precio de fundamentos,  $P_{T+1}^*$ , puede ser escrito como:

$$9 \quad P_{T+1}^* = \alpha \frac{(1+w)Y_T}{(\rho + \bar{m}\delta - w + \delta w)S_T},$$

lo cual introduce dos parámetros extra,  $w$  y  $\bar{m}$ , que se deben calibrar.

La calibración en esta segunda etapa se realiza mediante la resolución del siguiente problema de optimización:

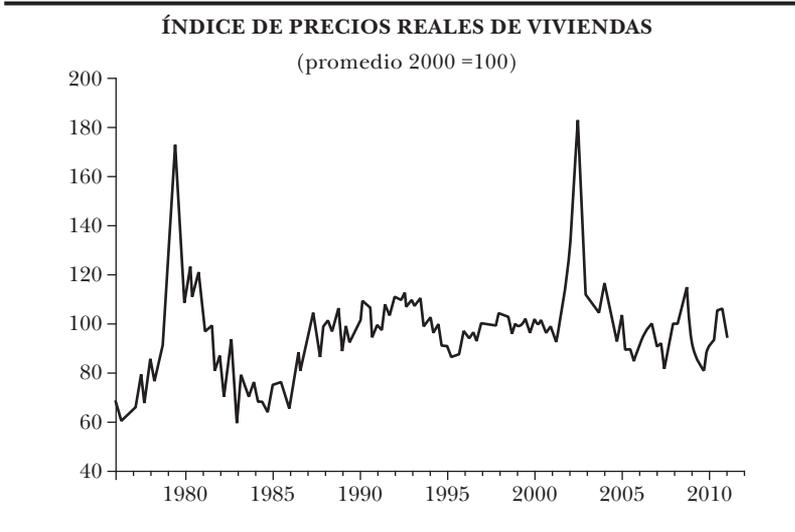
$$10 \quad \min_{\alpha_2, \delta, w, \bar{m}} \sum_{t=0}^T \left[ \frac{\alpha_2 H_t + \delta P_{t+1}^*}{1 + \rho + m_t} - P_t \right]^2,$$

donde  $\alpha_2$  es un parámetro de escala. La calibración se realiza tomando en cuenta las siguientes restricciones sobre los valores de los parámetros:  $\alpha_2 > 0$ ,  $0 < \rho \leq 0.03$  y  $0 < \bar{m} \leq 0.025$ . La restricción para el parámetro de costos de mantenimiento y prima de riesgo,  $\rho$ , es la misma que la utilizada en Hott (2009). En tanto, la restricción a la tasa de interés real promedio implica un máximo en términos anualizados de aproximadamente un 10 por ciento.

### 5.2.1 Datos

Los datos utilizados para realizar las calibraciones son de frecuencia trimestral. El período de análisis va del primer trimestre de 1988 al segundo trimestre de 2011.

Gráfica 5



Además de las rentas imputadas que se calibraron en la etapa anterior, se utiliza un índice de precios reales de viviendas (ver gráfica 5). El mismo surge de un encadenamiento de la serie de precios de viviendas del Instituto Nacional de Estadísticas con los datos previos a 1999 calculados por Carlomagno y Fernández (2007) (siguiendo la metodología propuesta por Grau *et al.*, 1987)<sup>7</sup>. Por último, la serie de tasa real de interés fue generada a partir de la serie de tasa activa del sistema bancario para el sector no financiero mediante la sustracción del componente inflacionario.

<sup>7</sup> Es importante destacar que las series encadenadas poseen diferentes coberturas. La serie cuya fuente es el Instituto Nacional de Estadísticas está compilada con base en transacciones efectivamente materializadas. Las otras series tienen su fuente en avisos de prensa sobre los precios demandados por los oferentes de viviendas para la venta. Ninguna de las series está ajustada por calidad o características de las viviendas.

### 5.2.2 Resultados

El cuadro 2 muestra los resultados de la calibración. Como se puede apreciar, la consideración de diferentes indicadores de ingreso agregado no afecta sustancialmente los resultados de la calibración. En tanto, sólo la restricción a la prima de riesgo es operativa cuando se considera el producto interno bruto como variable de ingreso agregado.

Cuadro 2

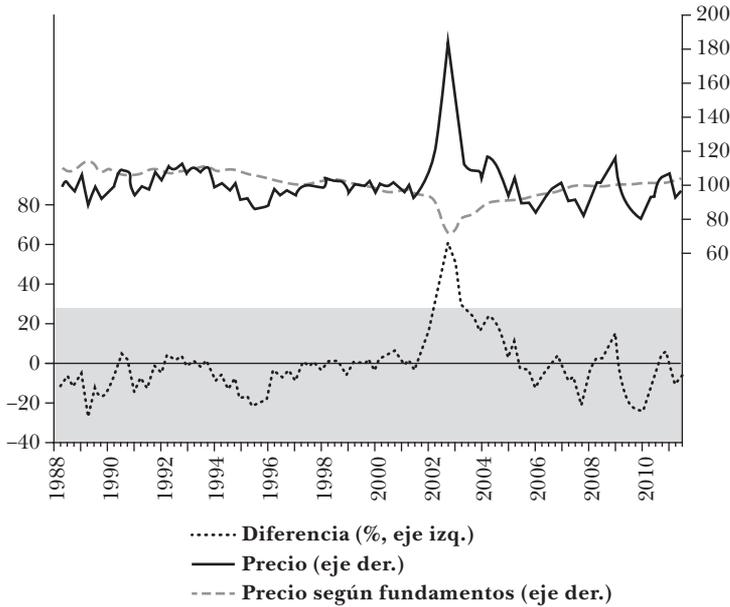
PARÁMETROS CALIBRADOS		
$Y_t$	$\rho$	$\bar{m}$
PIB desestacionalizado	0.030	0.020
Tendencia del PIB	0.030	0.021
Masa salarial	0.029	0.018

La gráfica 6 muestra la serie histórica del precio de las viviendas en términos reales y la compara con los precios imputados cuando se utiliza la masa salarial como variable de ingreso agregado. En el anexo se presentan los resultados de la utilización del PIB como variable de ingreso agregado. Como puede observarse, el precio real de las viviendas fluctúa más que lo justificado por sus fundamentos internos.<sup>8</sup> Esto implica que de tanto en tanto se observen períodos más o menos prolongados de importante subvaloración o de sobrevaloración. Estos últimos podrían indicar la existencia de burbujas en el precio de la vivienda. En efecto, en los trimestres previos a

<sup>8</sup> Ver Hott (2009) por un análisis de las razones por las cuales los precios reales de las viviendas fluctúan más que los precios según sus fundamentos.

Gráfica 6

**PRECIO SEGÚN LOS FUNDAMENTOS**  
**( $Y_t$  = MASA SALARIAL), PRECIO REAL Y DIFERENCIA**  
(en gris: intervalo de confianza al 95%)

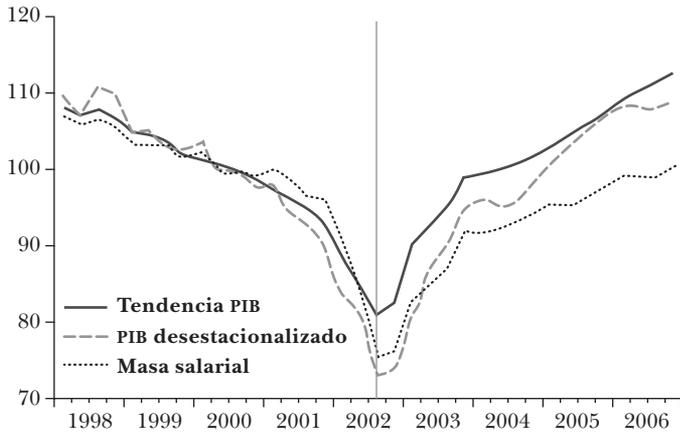


la crisis del año 2002 la diferencia entre el precio real de las viviendas y el de fundamentos resultó estadísticamente significativa.<sup>9</sup> Por el contrario, en el período más reciente, los precios reales de las viviendas se encontrarían oscilando en torno al precio según sus fundamentos, o levemente subvalorados con respecto al tal precio emanado del modelo.

<sup>9</sup> El intervalo de confianza al 95% fue calculado bajo el supuesto de que la diferencia entre los precios reales y los de fundamentos sigue una distribución de probabilidades normal. Los datos no permiten rechazar esta hipótesis para las series calculadas utilizando el producto interno bruto como variable de ingreso agregado.

Gráfica 7

ÍNDICE DE PRECIOS SEGÚN SUS FUNDAMENTOS  
EN EL ENTORNO DE LA CRISIS DE 2002  
(promedio 2000=100)



En todos los casos se evidencia un desalineamiento estadísticamente significativo de los precios reales con respecto a los precios según sus fundamentos en el entorno de la crisis del año 2002. Los precios según sus fundamentos que surgen del modelo muestran una tendencia decreciente desde aproximadamente cuatro años antes de la materialización de la crisis determinada por la caída en las variables de ingreso agregado.<sup>10</sup> El ritmo de caída del precio según sus fundamentos se hace más intenso en el año inmediato anterior a la crisis debido a la profundización de la recesión económica en que se encontraba la economía uruguaya (ver gráfica 7). Por su parte, los precios reales se muestran rígidos a la baja. Características estructurales de la economía uruguaya y de su mercado inmobiliario podrían explicar esta rigidez a la baja. Por ejemplo, las viviendas se ofrecen y comercializan en dólares estadounidenses lo cual, en el marco del régimen de tipo de cambio fijo vigente

<sup>10</sup> A modo de ejemplo, el producto interno bruto cayó alrededor de 10% entre 1998 y 2001.

en la época, podría haber determinado que los ajustes se realizaran más por cantidades que por precios.

Si bien estos resultados se derivan de la observación de sólo un evento de crisis, los mismos argumentan a favor de la utilización del precio según sus fundamentos como indicador adelantado de fragilidad financiera. Además, medidas que faciliten la flexibilización a la baja de los precios y la desdolarización de las transacciones inmobiliarias tendrían un carácter macroprudencial al facilitar correcciones más suaves de los desalineamientos.

## 6. COMENTARIOS FINALES

La comparación de los precios reales de las viviendas con los precios que pueden ser explicados por los fundamentos económicos es importante desde el punto de vista de la estabilidad del sistema financiero. Períodos prolongados de precios de viviendas más elevados que lo justificado por sus fundamentos pueden derivar en excesivo endeudamiento, en la toma excesiva de riesgos y en la sobrevaloración de las garantías, todo lo cual hace más probable la ocurrencia de abruptas y costosas correcciones.

En el caso de Uruguay, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el precio real de las viviendas y el calibrado por el modelo de fundamentos para el periodo reciente. También es importante notar que los precios según sus fundamentos calibrados en este artículo muestran, en el período reciente, una tendencia estable de crecimiento. En tanto, los mismos precios estimados mostraban una tendencia decreciente desde cuatro años antes de la materialización de la crisis de 2002, tendencia que se intensificó en el año previo a la misma donde la diferencia con el precio real se mostró estadísticamente significativa.

En términos generales, en este trabajo se encontró evidencia de sobrevaloración de los precios de las viviendas en Uruguay con relación a lo justificado por sus fundamentos justo antes de la crisis de 2002. En tanto, no se encuentra evidencia significativa en el periodo más reciente. De todas maneras, lo

anterior no implica que los precios de las viviendas no puedan caer en el futuro, o incluso que los fundamentos de los mismos se encuentren sobrevalorados debido a las particulares condiciones imperantes en los mercados internacionales. Estos temas, así como un análisis más detallado de la exposición de los intermediarios financieros a variaciones en los precios de las viviendas deberían ser objeto de futuros estudios.

## ANEXOS

### Descripción de variables

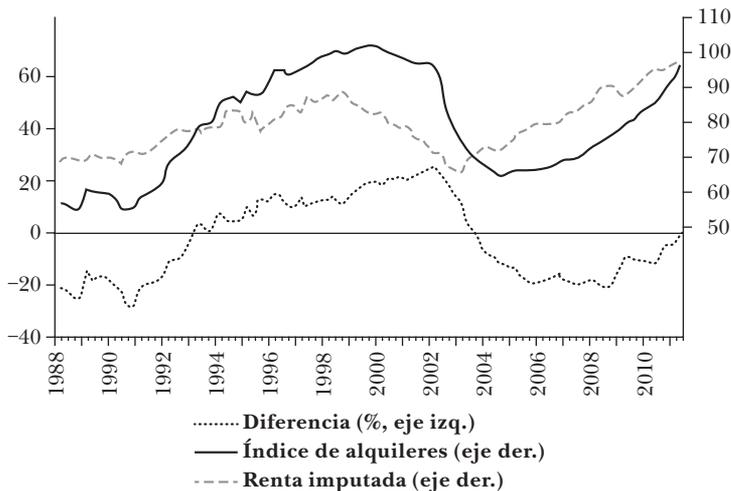
- $P_t$  Índice de precios real de viviendas: precio real de viviendas compilado por Carlomagno y Fernández (2007) (actualizado hasta el segundo trimestre de 2011 por el autor). Hasta 1998, la variable corresponde al precio por metro cuadrado solicitado mediante anuncios de venta de inmuebles publicados en periódicos de alcance nacional. El mismo es compilado siguiendo la metodología propuesta por Grau *et al.* (1987). A partir de 1999, la variable corresponde al precio de compraventas efectivamente registradas. El mismo es compilado por el Instituto Nacional de Estadísticas.
- $M_t$  Índice real de alquileres: componente de alquileres del índice de precios al consumo compilado por el Instituto Nacional de Estadísticas con base en encuestas a agentes inmobiliarios y el servicio de alquileres de la Contaduría General de la Nación.
- $Y_t$  Ingreso agregado: se utilizan tres variantes de ingreso agregado: 1) el índice de volumen físico del producto interno bruto en términos desestacionalizados cuya fuente es el Banco Central del Uruguay; 2) la tendencia mediante el filtro de Hodrick-Prescott del índice de volumen físico del producto interno bruto

cuya fuente es el Banco Central del Uruguay; *iii*) la masa salarial calculada como el salario real promedio multiplicado por el número de trabajadores, para ambas series la fuente es el Instituto Nacional de Estadísticas.

- $m_t$  Tasa real de interés: es la tasa calculada mediante el descuento del componente inflacionario (índice de precios al consumo compilado por el Instituto Nacional de Estadísticas) a una serie de tasa activa promedio del sistema bancario que fue calculada como el cociente entre los ingresos por intereses y el total de créditos del sistema al sector no financiero (fuente Banco Central del Uruguay).
- $I_t$  Índice de formación bruta de capital físico en edificios residenciales compilado por el Banco Central del Uruguay.

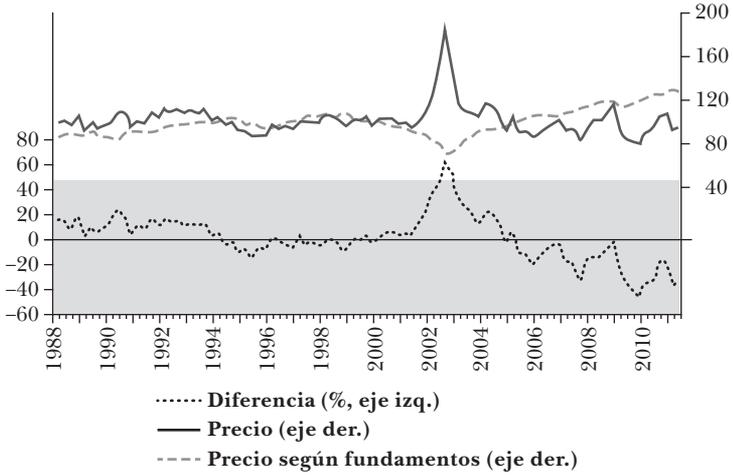
Gráfica 8

RENTAS IMPUTADAS ( $Y_t = \text{PIB DESESTACIONALIZADO}$ ),  
ÍNDICE DE ALQUILERES Y DIFERENCIA



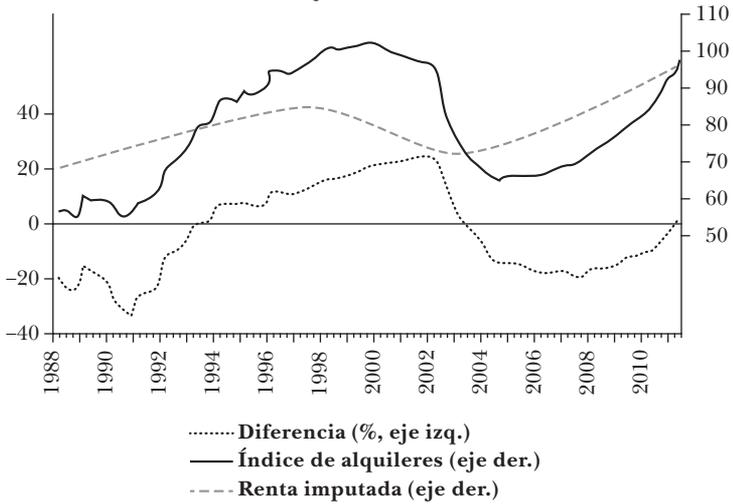
Gráfica 9

**PRECIO SEGÚN SUS FUNDAMENTOS**  
**( $Y_t$  = PIB DESESTACIONALIZADO), PRECIO REAL Y DIFERENCIA**  
(en gris: intervalo de confianza al 95 %)



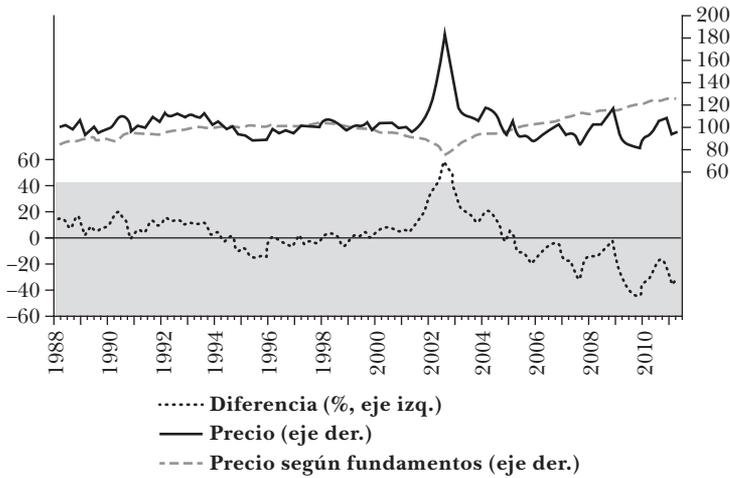
Gráfica 10

**RENTAS IMPUTADAS ( $Y_t$  = TENDENCIA DEL PIB),**  
**ÍNDICE DE ALQUILERES Y DIFERENCIA**



Gráfica 11

PRECIO DE FUNDAMENTOS  
( $Y_t$  = TENDENCIA DEL PIB), PRECIO REAL Y DIFERENCIA  
(en gris: intervalo de confianza al 95%)



## Bibliografía

- Aizenman, Joshua, y Yothin Jinjarak, (2009), “Current Account Patterns and National Real Estate Markets”, *Journal of Urban Economics*, vol. 66, núm. 2, pp. 75-89.
- Borraz, Fernando, Gerardo Licandro y Jorge Ponce (2012), *Precios de viviendas: una metodología para evaluar desvíos respecto a sus fundamentos*, Banco Central del Uruguay, Documento de Trabajo, núm. 016-2012.
- Carlomagno, Guillermo, y Adrián Fernández (2007), *El precio de los inmuebles: estudio agregado y comparado para algunos barrios de Montevideo*, CINVE, Documentos de Trabajo, núm. 05/07.
- Cubeddu, Luis, Camilo E. Tovar y Evridiki Tsounta (2012), *Latin America: Vulnerabilities under Construction?*, IMF Working Paper, núm. 12/193.
- Favilukis, Jack, David Kohn, Sydney C. Ludvigson, y Stijn Van Nieuwerburgh (2012), *International Capital Flows and House Prices: Theory and Evidence*, NBER Working Paper, núm. 17751.

- Garriga, Carlos, Rodolfo Manuelli y Adrián Peralta-Alva (2012), *A Model of Price Swings in the Housing Market*, Federal Reserve Bank of St. Louis, Working Paper Series, núm. 2012-022A.
- Gete-Sánchez, Pedro (2010), *Housing Markets and Current Account Dynamics*, MPRA Paper, núm. 20957.
- Grau, Carlos, Nelson Noya, y Martín Rama (1987), “El precio de la vivienda”, *Revista Suma*, CINVE, vol. 2, núm. 3.
- Hirata, Hideaki, M. Ayhan Kose, Christopher Otrok, y Marco E. Terrones (2012), *Global House Price Fluctuations: Synchronization and Determinants*, NBER Working Paper, núm. 18362.
- Hott, Christian (2009), *Explaining House Price Fluctuations*, Swiss National Bank Working Papers, núm. 2009-5.
- Hott, Christian, y Terhi Jokipii (2012), *Housing Bubbles and Interest Rates*, Swiss National Bank Working Papers, núm. 2012-7.
- Jara, Alejandro, y Eduardo A. Olaberría (2013), *Are All Capital Inflows Associated with Booms in House Prices? An Empirical Evaluation*, Banco Central de Chile, Documentos de Trabajo, núm. 696.
- Jinjarak, Yothin, y Steven Sheffrin (2011), “Causality, Real Estate Prices, and the Current Account”, *Journal of Macroeconomics*, vol. 33, núm. 2, junio, pp. 233-246.
- Kim, Soyoung, y Doo Yong Yang (2011), “The Impact of Capital Inflows on Asset Prices in Emerging Asian Economies: Is Too Much Money Chasing Too Little Good?”, *Open Economies Review*, vol. 22, núm. 2, abril, pp. 293-315.
- Laibson, David, y Johanna Mollerstrom (2010), “Capital Flows, Consumption Booms and Asset Bubbles: A Behavioural Alternative to the Savings Glut Hypothesis”, *The Economic Journal*, vol. 120, núm. 544, mayo, pp. 354-374.
- Landaberry, María Victoria, y Magdalena Tubio (2015), *Estimación de índice de precios de inmuebles en Uruguay*, Banco Central del Uruguay, Documento de Trabajo, núm. 011.
- Olaberría, Eduardo A. (2012), *Capital Inflows and Booms in Asset Prices: Evidence from a Panel of Countries*, Banco Central de Chile, Documentos de Trabajo, núm. 675.
- Ponce, Jorge, y Magdalena Tubio, (2013), *Precios de inmuebles: aproximaciones metodológicas y aplicación empírica*, Banco Central del Uruguay, Documento de Trabajo, núm. 005-2013.
- Taguchi, Hiroyuki (2011), *Capital Inflows and Asset Prices: The Recent Evidence of Selected East Asian Economies*, PRI Discussion Paper Series, núm. 11A-05.
- Vásquez-Ruiz, Harold (2012), *The Link Between Foreign Capital Flows and Housing Prices: A Panel Data Estimation*, Banco Central de República Dominicana, Documento de Trabajo, núm. 2012-03.

