

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN

DD/07/20

Métodos alternativos para la estimación del PBI potencial 1950-2007

Bruno Seminario
Martha Rodríguez
José Zuloeta



UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO
CENTRO DE INVESTIGACIÓN

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN

DD/07/20

© 2007 Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico

DD/07/20

Documento de Discusión

Métodos alternativos para la estimación del PBI potencial 1950-2007 *

Elaborado por Bruno Seminario, Martha Rodríguez y José Zuloeta

Diciembre 2008

En el presente documento se realizan estimaciones del producto potencial para el periodo 1950-2007 bajo cinco grupos de métodos distintos y discuten las diferencias y limitaciones de los resultados obtenidos. Además, se presentan estimados del stock de capital, la inversión neta y el producto interno neto para el mismo periodo.

Keywords: Stock de capital, producto potencial, producto interno neto, inversión neta

E-mail de los autores: seminario_lb@up.edu.pe, rodriguez_mj@up.edu.pe,
zuloeta_ja@up.edu.pe

* Las opiniones expresadas en los Documentos de Discusión son de exclusiva responsabilidad de los autores y no expresan necesariamente aquellas del Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. Los Documentos de Discusión difunden los resultados preliminares de las investigaciones de los autores con el propósito de recoger comentarios y generar debate en la comunidad académica.



UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO
CENTRO DE INVESTIGACIÓN

Índice de contenido

Índice de Cuadros	2
Índice de Gráficos	3
1.Introducción	4
2.El PBI Potencial	5
3.Métodos de estimación del PBI potencial propuestos para el caso peruano	8
3.1El filtro de Hodrick-Prescott.....	10
3.2El Filtro de Baxter y King.....	11
3.3Método basado en la acumulación de capital – Método de Marfán.....	14
3.4Modelo original.....	14
3.5Variaciones en la forma funcional del cambio en la productividad.....	17
3.6Modelo alternativo.....	20
3.7Variaciones en la forma funcional del cambio en la productividad.....	22
3.8Método de los picos con fechas referenciales.....	25
3.9Método para la identificación de los picos.....	25
3.10Estimación del PBI potencial.....	26
3.11Método sectorial.....	28
3.12Método sectorial a la economía peruana con datos trimestrales: 1980-2008.....	36
3.13Método sectorial en la economía peruana con datos anuales: 1950-2007.....	44
4.Resultados y comparación	53
4.1Crecimiento del producto potencial.....	53
4.2Correlaciones de tasas de crecimiento.....	58
4.3Los ciclos económicos.....	58
4.4Las tasas de utilización de la capacidad productiva.....	61
5.Bibliografía	63
Anexo 1: El Stock de Capital en el Perú: 1950-2007	66
Anexo 2: El filtro de mediana	78
Anexo 3: Estimaciones del PBI potencial	79
Anexo 4: El PBI potencial por el método sectorial	86

Índice de Cuadros

Cuadro 1: Parámetros estimados bajo el método de Marfán (1989).....	17
Cuadro 2: Parámetros estimados	18
Cuadro 3: Parámetros estimados	19
Cuadro 4: Parámetros estimados	20
Cuadro 5: Parámetros estimados	21
Cuadro 6: Parámetros estimados	22
Cuadro 7: Parámetros estimados	23
Cuadro 8: Parámetros estimados	24
Cuadro 9: Valores estimados de	26
Cuadro 10: Subactividades de la manufactura no primaria.....	30
Cuadro 11: Desagregación del PBI Comercio.....	32
Cuadro 12: Desagregación del PBI de Servicios (Excluyendo los Servicios Gubernamentales).....	34
Cuadro 13: Composición de los impuestos por tipo.....	35
Cuadro 14: Peso de los sectores productivos en los impuestos nacionales.....	35
Cuadro 15: Composición de los impuestos a las importaciones.....	35
Cuadro 16: Crecimiento del producto potencial por método de estimación.....	56
Cuadro 17: Tasas de crecimiento potencial por sector productivo.....	56
Cuadro 18: Contribución sectorial al crecimiento del producto potencial.....	56
Cuadro 19: Matriz de correlaciones entre tasas de crecimiento del producto potencial....	56
Cuadro 20: Matriz de correlaciones entre brechas del producto.....	58
Cuadro 21: Picos y valles según método.....	59
Cuadro 22: Matriz de correlaciones entre tasas de utilización	61
Cuadro 23: Picos y valles según método.....	61
Cuadro 1.524: Producto Interno Neto.....	73
Cuadro 1.625: Existencias.....	75
Cuadro 1.726: Inversión Bruta Fija.....	76

Índice de Gráficos

Gráfico 1: PBI Potencial mediante filtro Hodrick-Prescott.....	11
Gráfico 2: PBI Potencial mediante filtro Baxter and King.....	14
Gráfico 3: Método original de Marfán (1989).....	16
Gráfico 4: Forma funcional cuadrática de método de Marfán (1989).....	18
Gráfico 5: Forma funcional cúbica de método de Marfán (1989).....	19
Gráfico 6: Forma funcional segmentada de método de Marfán (1989).....	20
Gráfico 7: Forma funcional lineal de método alternativo.....	21
Gráfico 8: Forma funcional cuadrática de método alternativo.....	22
Gráfico 9: Forma funcional cúbica de método alternativo.....	23
Gráfico 10: Forma funcional segmentada de método alternativo.....	24
Gráfico 11: PBI y PBI Normalizado (1950 = 100).....	25
Gráfico 12: PBI Potencial mediante método de Picos con fechas referenciales.....	27
Gráfico 13: Media y mediana ponderada de manufactura no primaria.....	31
Gráfico 14: Índices de manufactura NP y la mediana ponderada (1994=100).....	32
Gráfico 15: PBI Potencial Manufactura no primaria.....	37
Gráfico 16: PBI Potencial Electricidad y agua.....	37
Gráfico 17: PBI Potencial Construcción.....	38
Gráfico 18: Importaciones Potencial.....	38
Gráfico 19: PBI Potencial Comercio.....	39
Gráfico 20: PBI Potencial Servicios.....	39
Gráfico 21: Impuestos y derechos de importación Potencial.....	40
Gráfico 22: PBI Potencial Global.....	41
Gráfico 23: PBI Potencial Manufactura no primaria.....	42
Gráfico 24: PBI Potencial Comercio.....	42
Gráfico 25: PBI Potencial Servicios.....	43
Gráfico 26: Impuestos y derechos de importación Potenciales.....	43
Gráfico 27: PBI Potencial Global.....	44
Gráfico 28: PBI Potencial Manufactura no primaria.....	45
Gráfico 29: PBI Potencial Electricidad y agua.....	45
Gráfico 30: PBI Potencial Construcción.....	46
Gráfico 31: Importaciones Potenciales.....	46
Gráfico 32: PBI Potencial Comercio.....	47
Gráfico 33: PBI Potencial Servicios.....	47
Gráfico 34: Impuestos y derechos de importación.....	48
Gráfico 35: PBI Potencial Global.....	49
Gráfico 36: PBI Potencial Manufactura no primaria.....	50
Gráfico 37: PBI Potencial Comercio.....	50
Gráfico 38: PBI Potencial Servicios.....	51
Gráfico 39: Impuestos y derechos de importación.....	51
Gráfico 40: PBI Global.....	52
Gráfico 41: Contribución sectorial al crecimiento potencial.....	55
Gráfico 42: Brechas del producto por tipo de estimación.....	60
Gráfico 43: Tasas de utilización de la capacidad productiva según método.....	62

1. Introducción

La economía peruana ha mostrado notables signos de recuperación en los últimos años con tasas de crecimiento en promedio de 7%, sin embargo esta tasa en el pasado ha tenido un comportamiento bastante errático.

En términos generales el PBI potencial considera la capacidad de crecimiento de la economía en el corto y mediano plazo. La brecha del producto, definida como la diferencia entre el producto potencial y el producto efectivo, en el corto plazo es un indicador de las presiones que pueden existir sobre la inflación - debido a los desbalances existentes entre oferta agregada y la demanda agregada- de ahí su utilidad para las decisiones de política monetaria. En el mediano plazo, el desenvolvimiento del producto potencial permitiría analizar y prever el incremento de la oferta agregada de la economía y, consecuentemente, evaluar los patrones de crecimiento de producción y empleo que no generen presiones inflacionarias.

El objetivo del presente documento es realizar estimaciones alternativas del PBI potencial para el Perú para el período 1950-2007.

Se han desarrollado diversas herramientas matemáticas, estadísticas y econométricas para alcanzar estimaciones confiables del PBI potencial. Sin embargo, la gran dificultad de esta tarea radica en la naturaleza no observable de esta variable. Las metodologías de estimación pueden conducir a diferentes resultados, e incluso contradictorias, sin tomar en cuenta que las series estadísticas en que se basan las estimaciones, como en el caso peruano, suelen ser de dudosa validez.

En años recientes los bancos centrales han venido adoptando una política monetaria de metas de inflación, utilizando la llamada regla de Taylor, uno de cuyos componentes es la brecha el producto observado y el producto potencial, para determinar las presiones inflacionarias. Este tipo de regla monetaria hace necesarios estimados confiables del PBI potencial.

En este trabajo se realizan estimados bajo 5 métodos alternativos, y se discuten las diferencias y las limitaciones de los resultados obtenidos. Previamente en la segunda sección se realiza una revisión de la definición del PBI Potencial. En la tercera sección desarrollan las cinco metodologías propuestas para el caso peruano y en la sección final se presentan un resumen y comparación de los estimados.

2. El PBI Potencial

La teoría económica distingue dos acepciones generales acerca del PBI Potencial. Entorno a la primeral, Okun(1962) señala que el PBI potencial es un concepto de oferta pues se lo considera como el máximo nivel de producción dada una dotación de factores productivos existentes en la economía. A pesar de la connotación económica, este concepto se halla relacionado más a un enfoque físico. En este caso, la brecha de producción siempre toma valores positivos y es equivalente al grado de utilización de la capacidad productiva de una economía¹.

La existencia de niveles determinados de factores productivos incorpora la noción económica de «inputs» limitantes. Por ello, Okun enfatiza que el PBI potencial es un concepto de corto plazo ya que «la gran mayoría de los factores productivos se toman tal como existen en un momento dado: el conocimiento tecnológico, el stock de capital, recursos naturales, la habilidad y la educación de la fuerza de trabajo son información, en lugar de variables como tales...»².

Una segunda definición subyace en la teoría de los ciclos económicos. El PBI potencial es igual a un nivel permanente de la capacidad productiva de una economía correspondiente al cumplimiento de condiciones de equilibrio. El PBI efectivo puede desviarse del PBI potencial debido a las políticas económicas, a los efectos de la toma de decisiones de los agentes económicos, a diversos shocks de oferta y demanda, u otros factores exógenos. Las causas de la generación de la brecha varían de acuerdo a los argumentos propuestos por la Teoría Keynesiana y la Teoría Neoclásica.

A partir de la publicación de la Teoría General de Keynes los economistas abordaron las rigideces nominales como la causa del desempleo involuntario en la Gran Depresión de los 30s. Sobre la base de este argumento, el manejo de componentes de la demanda agregada resulta efectivo para lograr mayor nivel de producto y menor nivel de desempleo. En este marco Phillips(1958) descubrió una regularidad empírica de acuerdo a la cual los salarios nominales y la tasa de desempleo evolucionan de manera inversa. Posteriormente, Samuelson y Solow (1960) formalizaron los resultados de Phillips bajo el nombre de la Curva de Phillips al proponer una relación inversa entre dos objetivos alternativos de política económica: inflación y desempleo. Por fin los economistas obtuvieron una herramienta de política económica utilizable para alcanzar el pleno empleo.

Sin embargo, el “tradeoff”, aparentemente estable y regular, entre desempleo e inflación fue rebatido a finales de los 60s e inicios de los 70s. Friedman(1968) y Phelps(1968) con la ayuda de la “natural-rate hypothesis” – “hipótesis de la tasa natural” - rechazaron que las variables nominales -como la oferta monetaria o la inflación - pudieran afectar permanentemente a variables reales como el producto o el desempleo: en el largo plazo las variables reales son determinadas por factores reales.

Como respuesta las teorías Neo Keynesianas incorporaron el concepto de la “natural rate” bajo diferentes denominaciones y concepciones como: la tasa natural del producto, el producto potencial o producto de pleno empleo.³ En adelante, esta escuela asoció el PBI potencial y la tasa de Desempleo Natural de desempleo o NAIRU (Nonaccelerating inflation rate of unemployment) de manera directa.

¹ Ver, Cabredo y Valdivia(1999). Estimación del PBI potencial: Perú 1950-1997. Estudios Económicos, BCRP. 1999

² La cita en inglés es la siguiente: “...most of the facts about the economy are taken as they exist: technological knowledge, the capital stock, neutral resources, the skill and the education of the labor force are all data, rather than variables.” (Okun 1962, 147)

³ Ver David Romer, Advanced Macroeconomics, University of California, Berkeley. 2001. Pags. 245-248.

Resultado del equilibrio en la brecha de producción, la NAIRU asegura una tasa de inflación estable. Asimismo, como señala Stiglitz(1997), la NAIRU incorpora una teoría del desequilibrio: cuando la tasa de desempleo se encuentra por debajo de la tasa natural hay presiones para que la tasa de inflación se incremente, contrariamente, si la tasa de desempleo se encuentra por arriba de la tasa natural, hay presiones a la baja de la tasa de inflación. En resumen, el PBI Potencial es aquel nivel de producción que no genera presiones inflacionarias.

En discordancia, la teoría neoclásica sustenta que los ciclos económicos son ocasionados por el comportamiento de los agentes privados quienes actúan racionalmente y no en respuesta a los efectos transitorios de las políticas fiscal o monetaria. El PBI Potencial resulta ser aquel producto libre de elementos coyunturales o transitorios; o conceptualmente, puede ser considerado como un producto de tendencia.

Este concepto se fundamenta en la teoría del Equilibrio General desarrollada por Kenneth Arrow, Gerard Debreu y Lionel W. McKenzie en los años 50's. La economía naturalmente tiende al equilibrio; sin embargo, las fallas de mercado pueden llevarla al desequilibrio⁴. Un ejemplo de las formulaciones neoclásicas lo ofrece Lucas (1975) quien desarrolla un modelo de ciclos económicos bajo los siguientes supuestos: precios y cantidades son determinadas en competencia perfecta en cada punto en el tiempo, las expectativas de los agentes son racionales y la información disponible es imperfecta. En definitiva, este grupo se distingue claramente por aplicar filtros estadísticos a las series de tiempo para extraer sus tendencias.

A pesar de que los dos enfoques aceptan una descomposición básica del ciclo económico, sus implicancias políticas son muy diferentes. Por una parte, la interpretación de PBI potencial como tendencia limita el papel de las políticas de estabilización a una sola medida aceptable: reducir la varianza de la producción en torno a la tendencia. Además, las medidas de política no pueden aumentar el nivel de la producción sistemáticamente y se prioriza "el cierre de brecha". Por otro lado, la divergencia entre la tendencia y el producto efectivo no se puede mantener por una larga duración, mientras que para la perspectiva keynesiana la persistencia de brechas de producto no es un caso fuera de lo común⁵.

Se pueden identificar otros problemas acerca de la interpretación de las brechas de producción. Un primer factor sería el horizonte temporal para el que se hace la estimación. Por ejemplo, una estimación de corto plazo de la brecha del producto puede indicar presiones inflacionarias. No obstante, las autoridades monetarias podrían esperar que la inversión se acelere, por lo tanto, el PIB potencial crecería más rápido que antes y no sería necesario aplicar políticas monetarias contractivas. Sin embargo, puede ocurrir un mayor impulso a la economía, las empresas invertirían más y existiría una mayor utilización de la capacidad y presiones inflacionarias en el corto plazo.

Otro elemento de discusión son los cambios en la NAIRU, refiriéndonos a diferentes horizontes temporales y sus implicancias para la autoridad monetaria, así como los efectos que pueden tener las reformas estructurales de la economía y otros cambios en el mercado laboral⁶.

De lo expuesto podemos distinguir hasta tres posibles objetivos de la estimación de brechas de producción: (i) el análisis de las fluctuaciones cíclicas, que es la medición de las variaciones endógenas la actividad económica (ii) la evaluación de las tensiones entre el cambio del PIB real y la evolución del crecimiento potencial (iii) la discusión de las medidas de política económica.

⁴ Ver Robert E. Lucas, Jr. An Equilibrium Model of the Business Cycle. The Journal of Political Economy, Vol. 83, No. 6. (Dec., 1975), pp. 1113-1144.

⁵ Ver Chagny, O. y Döpke, J. (2001). Measures of the Output Gap in the Euro-Zone: An Empirical Assessment of Selected Methods. Kiel Working Paper No. 1053.

⁶ Ibid.

3. Métodos de estimación del PBI potencial propuestos para el caso peruano

Metodologías de estimación del PBI Potencial

Las metodologías de estimación más aplicadas se pueden agrupar tomando en cuenta los requerimientos de información estadística y la base teórica en que se sustentan⁷.

Métodos Estadísticos

El criterio de aplicación consiste en descomponer una serie de tiempo en su parte tendencial y su parte cíclica. Su principal ventaja radica en su simplicidad y en el hecho de que requieren poca información para la estimación. Las metodologías más conocidas son:

- Tendencia Lineal
- Tendencia Segmentada
- Método de Suavización No Paramétrica
- Filtro de Hodrick-Prescott
- Filtro de Baxter y King
- Componentes No observados
- Filtros Multivariados

No obstante, estas técnicas resultan débiles en cuanto no consideran información sobre la estructura económica subyacente. Por ello, las estimaciones de producto potencial que corresponden a los períodos más recientes no son del todo confiables. Tampoco se puede distinguir la importancia relativa de los shocks de demanda y oferta. No se puede obtener una relación entre las medidas de política económica y el crecimiento de mediano plazo basándose en el componente tendencial.

Métodos Estructurales

Los métodos estructurales se desarrollan sobre un modelo económico específico. Su gran ventaja consiste en que permiten distinguir los shocks que producen los ciclos económicos. No obstante, sus requerimientos de información son considerables y generalmente de difícil obtención.

Por ejemplo, para la estimación de la función de producción del tipo Cobb-Douglas se requieren estimados de “inputs” o niveles de factores productivos del periodo estudiado. El método ofrece una gran ventaja porque identifica explícitamente las fuentes del crecimiento. Pero en cuanto a sus limitaciones se puede mencionar que requiere confiables estimados de depreciaciones, la NAIRU y la productividad.

Los métodos más conocidos son:

- Ley de Okun
- Funciones de Producción
- Vectores Autorregresivos Estructurales

Métodos de picos

A partir del concepto de máxima producción, *los Métodos Picos* requieren la identificación de puntos temporales en los que la economía alcanzó una máxima utilización de su capacidad productiva. Posteriormente, la tarea del investigador es proponer una forma de interpolar los valores entre los picos, de repente formulando una función de producción o utilizando propiedades de series de tiempo.

⁷ Una revisión más profunda de las metodologías señaladas se encuentra en Miller (2003) y Chagny y Döpke (2001).

Por ejemplo, el Método Sectorial propuesto en este documento se basa en la extracción del PBI potencial de diferentes sectores productivos que conforman la oferta de la economía, a través de la metodología de picos con fechas referenciales. Luego, a partir de la suma de estas series potenciales se obtiene el PBI potencial agregado.

Asimismo, el método de Marfán (1989) plantea que en el periodo " t " el producto potencial es función del stock de capital al inicio del periodo anterior más la inversión realizada en el mismo periodo ponderado por su productividad. La forma de solucionar el problema de Marfán (1989) es a través de la selección endógena de picos.

A manera de breve conclusión, no existe un claro orden de jerarquía entre las clases de métodos alternativos. Por ejemplo, un método estructural de pobre especificación puede mostrar resultados similares a la modelación de la tendencia de una serie. Asimismo, los investigadores hacen uso de los filtros para extraer la parte tendencial de series que luego serán los insumos en modelos de orden estructural.

Para el caso peruano, se eligieron desarrollar los siguientes métodos:

- El filtro de Hodrick-Prescott
- El Filtro de Baxter y King.
- Método de Picos con fechas referenciales.
- El método de Marfán original y una propuesta alternativa.
- El método sectorial.

3.1 El filtro de Hodrick-Prescott

Benk, Jabak y Vadas (2005) señalan que el uso de filtros para la estimación del producto potencial se basa en el hecho de que los ciclos económicos pueden ser vistos como fluctuaciones de una determinada frecuencia alrededor de una tendencia, por lo que lo que se busca es separar el componente tendencial del cíclico.

Hodrick y Prescott (1981) plantean que una serie de tiempo dada, y_t es la suma de un componente tendencial o de crecimiento, g_t y uno cíclico c_t , de forma que:

$$y_t = g_t + c_t$$

Asimismo, proponen como medida de la suavidad de la serie g_t a la suma de los cuadrados de su segunda diferencia. Por su parte, la serie c_t son desviaciones de g_t que, en periodos de tiempo largo, deben tener una media cercana a cero.

$$c_t = y_t - g_t$$

Los autores plantean el este programa para resolver los componentes de crecimiento g_t :

$$\text{Min}_{\{g_t\}_{t=1}^T} \left\{ \sum_{t=1}^T c_t^2 + \lambda \sum_{t=1}^T [(g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})]^2 \right\}$$

El parámetro λ representa la penalización a la variabilidad del componente tendencial de la serie. Así, mientras mayor sea este parámetro, menores serán las fluctuaciones de esta serie. Si es que λ es lo suficientemente grande, g_t tenderá a la forma $g_t = \alpha + \beta t$, lo cual sería una solución similar a la que provee un modelo lineal general de regresión.

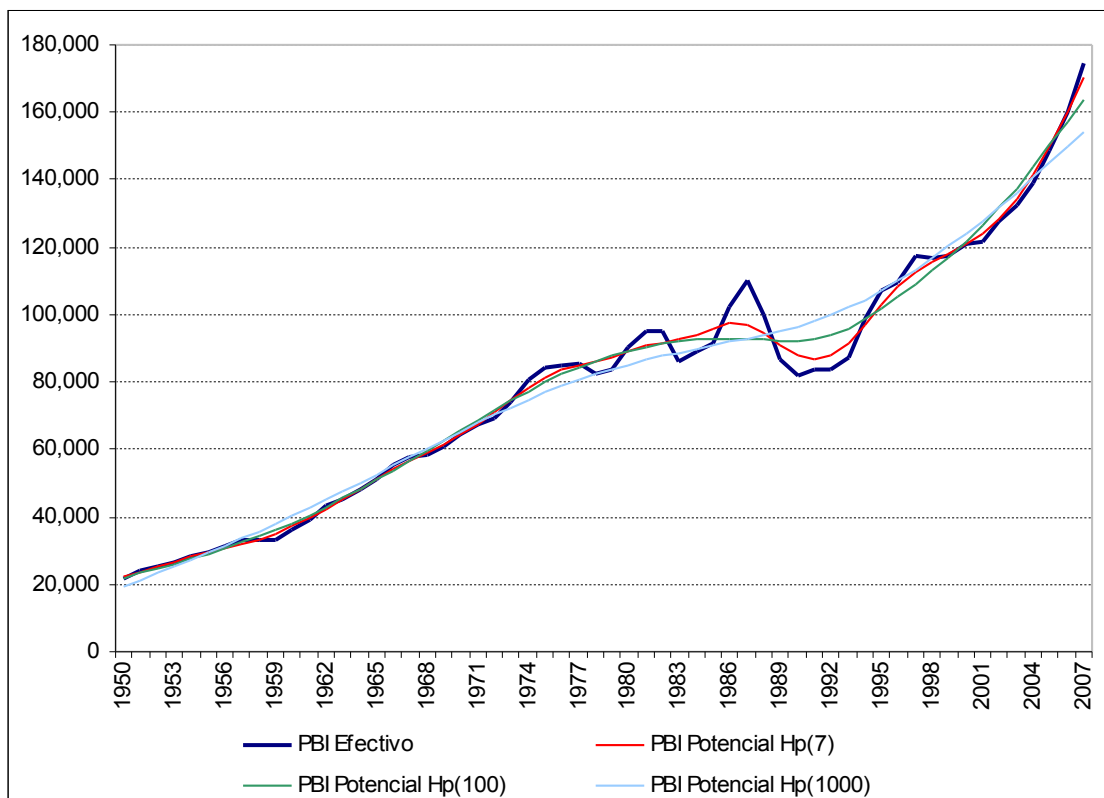
Si bien el filtro de Hodrick y Prescott es uno de los métodos de este tipo más usados en la actualidad para la extracción de la tendencia de una serie macroeconómica, presenta algunas debilidades entre las cuales se incluye la necesidad de elegir arbitrariamente el parámetro de suavización λ . La discrecionalidad del investigador puede llevar a un exceso de suavizamiento de la serie macroeconómica bajo una elección de un λ muy alto. Consecuentemente posibles quiebres estructurales que podrían haber afectado la tasa de crecimiento de largo plazo de una serie pueden pasar inadvertidos.

Además, la construcción del filtro no admite brechas del producto negativas por periodos largos⁸. La historia económica puede ser afectada permanentemente por eventos depresivos importantes que lleven a una economía a un desequilibrio durable de su producto potencial. Por último, el uso de este filtro asume que las contracciones y las expansiones tienen, en promedio, la misma duración lo que necesariamente no se cumple en debido a periodos de crecimiento o estancamiento prolongados.

No obstante, la principal ventaja de método es que requiere poca información para estimar el PBI potencial, lo que puede ser útil en países con relativamente poca información estadística.

⁸ Chagny y Döpke (2001), pp. 10

**Gráfico 1: PBI Potencial mediante filtro Hodrick-Prescott
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

3.2 El Filtro de Baxter y King

El filtro de Baxter y King (1995) está basado en un promedio móvil de la forma:

$$y_t^* = \sum_{k=-K}^K a_k y_{t-k}$$

donde a_k representa las ponderaciones de cada observación y $a_k = a_{-k}$ para $k = 1, \dots, K$. La peculiaridad de estas ponderaciones, además de ser simétricas, es que suman cero:

$$\sum_{k=-K}^K a_k = 0$$

Una media móvil puede ser expresada con el operador de rezago $A^n y_t = y_{t-n}$ por lo que podemos expresar y_t^* como sigue:

$$y_t^* = G(A)y_t$$

Para ponderar los rezagos del promedio móvil se utiliza la Transformación de Fourier, la cual tiene la siguiente forma general:

$$\tilde{G}(\lambda) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} g_j e^{-ij\lambda}$$

donde, λ es la frecuencia, e i es el número imaginario igual a $\sqrt{-1}$.

Se pueden hallar los ponderadores de la media móvil tomando propiedades de funciones trigonométricas. La idea general detrás del filtro de Baxter y King es que los ciclos económicos pueden ser descritos mediante este tipo de funciones, que cumplen con las propiedades de ser periódicas u oscilantes.

De una variable oscilante, el período (p) es el tiempo transcurrido entre dos puntos equivalentes de la oscilación, por ejemplo, dos valles o cimas. De otro lado, la frecuencia (w) es una medida para indicar el número de repeticiones de suceso periódico en la unidad de tiempo. Para calcular la frecuencia de un evento, se contabiliza un número de ocurrencias de este teniendo en cuenta un intervalo temporal, luego estas repeticiones se dividen por el tiempo transcurrido. El período (p) es siempre inverso a la frecuencia (w).

Sobre la base de estos conceptos, Baxter y King desarrollan 3 tipos de filtro lineal: «low-pass», «high-pass» y «bandpass».

Un filtro de tipo «low-pass» sólo extraerá los componentes que se producen con frecuencias muy bajas, $-\underline{w} < w < \underline{w}$, siendo \underline{w} un límite bajo de frecuencias. Entonces cuanto menor sea la frecuencia mayor va a ser la cantidad de períodos que abarca un ciclo. Un filtro «low-pass» se representa como $LP_{k(p)}$ en donde k es el número de rezagos de los promedios móviles y p la periodicidad mínima aceptable en el filtro.

Un filtro de tipo «high-pass» ($HP_{k(p)}$) va a aceptar componentes de los datos cuya periodicidad es menor o igual a p . Esto es igual a una frecuencia relativamente mayor, por lo que se espera que incluya elementos más frecuentes de la serie, como los irregulares o estacionales.

El filtro «band-pass» ($BP_{k(p,q)}$), en donde p y q son los períodos mínimo y máximo a incluir en el ciclo, es un tipo de construcción de promedios móviles que aísla los componentes periódicos de una serie de tiempo económica que cae en una banda de frecuencias específica. Por ello, será una combinación de dos filtros low-pass, recibiendo en su rango sólo frecuencias entre $-\underline{w}_1 < |w| < \underline{w}_2$.

La representación general del filtro «band-pass» es la siguiente $b(L) = \sum_{h=-\infty}^{\infty} b_h L^h$, en donde L es el operador de rezagos, y b_h son los ponderadores de promedios móviles infinitos. Dichos ponderadores, a su vez, se obtienen mediante la transformación inversa de Fourier:

$$b_h = \int_{-\pi}^{\pi} \beta(w) e^{iwh} dw$$

en donde $\beta(w)$ es la ponderación ideal del filtro infinito.

Al resolver la integral y aplicando algunas identidades matemáticas, se obtiene que $b_0 = w/p$, y $b_h = \text{sen}(hw)/hp$.⁹

Debido a que el filtro usa medias móviles de orden infinito, la aplicación a series finitas implica que debe hacerse alguna modificación, ya sea en el modelo o en los datos. Por ello, la representación finita relevante será del tipo:

$$a(L) = \sum_{h=-k}^k a_h L^h$$

en donde las a_h son las ponderaciones muestrales del filtro. La transformación de Fourier útil para encontrarlas será:

$$\alpha_k(w) = \sum_{h=-k}^k a_h e^{-iwh}$$

en donde $\alpha_k(w)$ es la ponderación ideal muestral del filtro.

El siguiente paso propuesto por los autores es buscar un filtro que minimice la discrepancia entre los ponderadores del filtro ideal y el filtro estimado, utilizando la siguiente expresión:

$$Q = \int_{-\pi}^{\pi} |\delta(w)|^2 dw$$

en donde $\delta(w) = \beta(w) - \alpha_k(w)$, es la discrepancia producida por la estimación de los ponderadores en la frecuencia w , y k el número de rezagos seleccionado.

La manera directa propuesta por Baxter y King de reducir la discrepancia de la función es el truncar los ponderadores ideales infinitos en el rezago k . Con ello, el filtro estimará ponderaciones finitas iguales a las infinitas hasta el rezago k , e igualará a cero todas las ponderaciones finitas cuando el número de rezagos sea mayor o igual a $k+1$. Las ponderaciones se estiman igualmente mediante la transformación inversa de Fourier.

La cantidad de rezagos define la precisión de los ponderadores. De acuerdo con Baxter y King, no existe un número ideal de rezagos, pero sí ocurre que entre más rezagos se incorporen en el promedio móvil, mejor será la aproximación con el filtro ideal, a costa de una mayor pérdida de datos por encima y por debajo del valor de interés, aspecto que cobra mayor importancia al final de la serie.

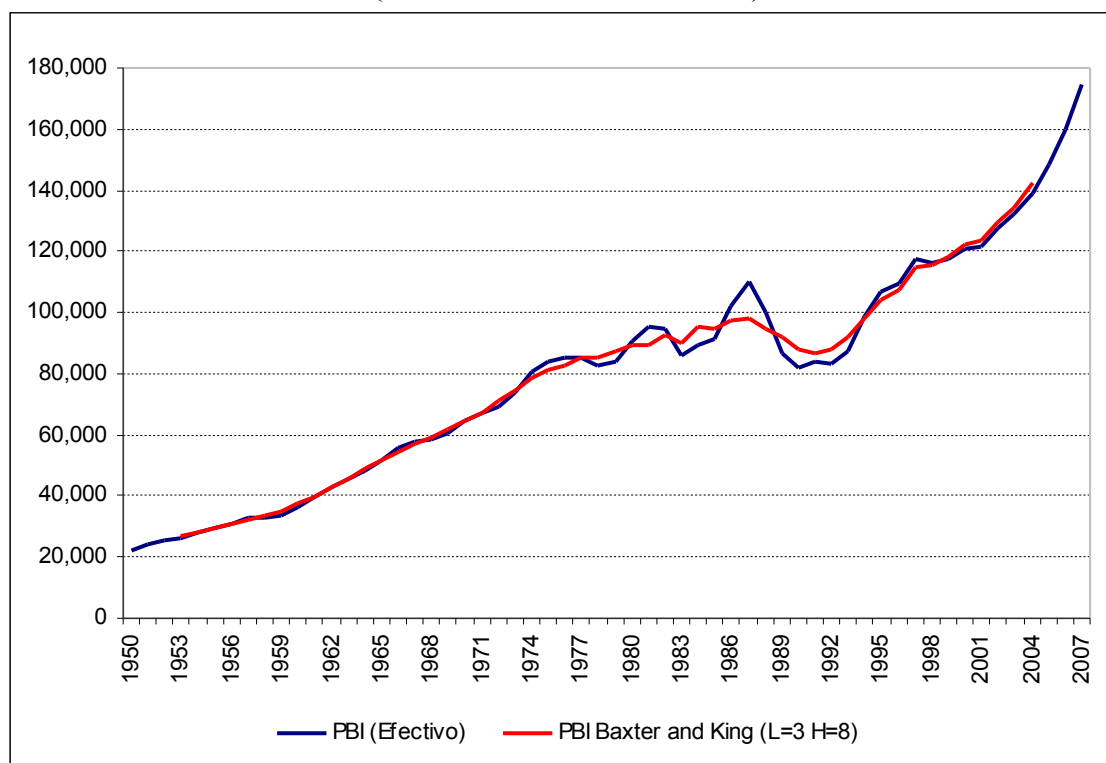
De acuerdo a Baxter y King, este filtro cumple con la mayoría de las características ideales: es simétrico, aproxima relativamente bien un filtro ideal, produce series estacionarias, y es un método operacional. Además, es superior a otros en la medida que permite introducir la definición del investigador del ciclo económico y no produce variación en las propiedades de la variable al final de las series. No obstante, como en métodos de suavización basados en

⁹ El desarrollo de la solución a las ecuación se encuentra en Baxter y King (1995), apéndice B.

promedios móviles, no cuenta con información al comienzo y al final de la muestra, lo que disminuye su utilidad para el tratamiento de series recientes.

Para el caso peruano, se elige que el filtro elimine los componentes con una duración menor a 3 y mayor a 8 años. El resultado contiene solamente los componentes cíclicos con duraciones entre 3 y 8 años, que es lo que suelen durar los ciclos económicos en la economía peruana. A continuación se muestran los resultados.

**Gráfico 2: PBI Potencial mediante filtro Baxter and King
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Como se observa, el método de Baxter y King aplicado al caso peruano acentúa el efecto de las observaciones centrales por lo cual el PBI potencial en periodos de recesión es importante, por ejemplo para el periodo 1989-1991.

3.3 Método basado en la acumulación de capital – Método de Marfán

3.4 Modelo original

Los cálculos presentados en esta sección se basan en la metodología propuesta por Marfán (1989) y Berg (1984).

El modelo planteado supone que la capacidad productiva de la economía depende de la inversión neta realizada en los periodos anteriores con un periodo de rezago, de modo que la inversión neta acumulada al periodo $t-1$ es la que determina la capacidad productiva del periodo t .

Una de las características principales del modelo es que diferencia a las inversiones según el periodo en el que fueron realizadas, de modo que su impacto sobre la capacidad productiva no es homogéneo. El impacto de la inversión neta sobre la capacidad productiva se mide a través de la relación incremental producto-capital (ICOR) que expresa la variación del producto en unidades físicas ante una variación de la inversión neta.

El ICOR del periodo inicial se define como:

$$a_0 = \frac{dY_1}{dI_0}$$

donde Y_1 representa el producto potencial en el año uno, mientras que I_0 es la inversión en el año cero. Asimismo, el ICOR de los periodos siguientes, $t > 0$, viene dado por:

$$a_t = a_0 + a_1 t$$

El parámetro a_1 mide la ganancia o pérdida en la productividad de las nuevas inversiones en función al tiempo en el que estas se realizan, lo que resulta razonable debido al cambio técnico y el uso del insumo del capital en el tiempo.

Dado el supuesto de que el único factor de producción restrictivo es el capital, el PBI potencial dependerá del stock de capital al inicio del periodo anterior más la inversión realizada en el mismo período, ponderada por su productividad. Seguidamente, el PBI potencial del periodo “ t ” está determinado por:

$$\hat{Y}_t = \hat{Y}_{t-1}(1 - \delta) + I_{t-1}(a_0 + a_1(t - 1)) \quad \dots(1)$$

Luego,

$$\hat{Y}_{t-1} = \hat{Y}_{t-2}(1 - \delta) + I_{t-2}(a_0 + a_1(t - 2)) \quad \dots(2)$$

Introduciendo (2) en (1):

$$\hat{Y}_t = [\hat{Y}_{t-2}(1 - \delta) + I_{t-2}(a_0 + a_1(t - 2))](1 - \delta) + I_{t-1}(a_0 + a_1(t - 1)) \quad \dots(3)$$

donde \hat{Y}_t representa el producto potencial del periodo t , y δ la tasa de depreciación anual. De este modo, la capacidad productiva del periodo t está determinada por el producto potencial del periodo anterior neto de depreciación, más la inversión realizada en el periodo anterior multiplicada por su productividad. La solución a la ecuación diferencial planteada está dada por la ecuación (4).

$$\hat{Y}_t = \hat{Y}_0(1 - \delta)^t + \sum_{p=0}^{t-1} (a_0 + a_1 p)(1 - \delta)^{(t-1-p)} I_t \quad \dots(4)$$

donde \hat{Y}_0 representa el producto potencial del periodo inicial.

Entonces, la estimación del PBI potencial expuesta en la ecuación (4) depende de los parámetros \hat{Y}_0 , a_0 y a_1 . Marfán (1989) plantea que estos deben ser estimados con el algoritmo de programación lineal:

$$\text{Min} \sum_{t=0}^N \hat{Y}_t$$

sujeto a:

$$\hat{Y}_t \geq Y_t, t = 0, 1, \dots, N \quad , \quad a_0 \geq 0$$

Marfán (1989) sostiene que este tipo de metodología resulta más adecuado que la econometría para este tipo de modelos en una economía como la chilena. La programación lineal selecciona endógenamente los picos lo que constituye una cualidad deseable cuando el periodo de estimación es inestable.

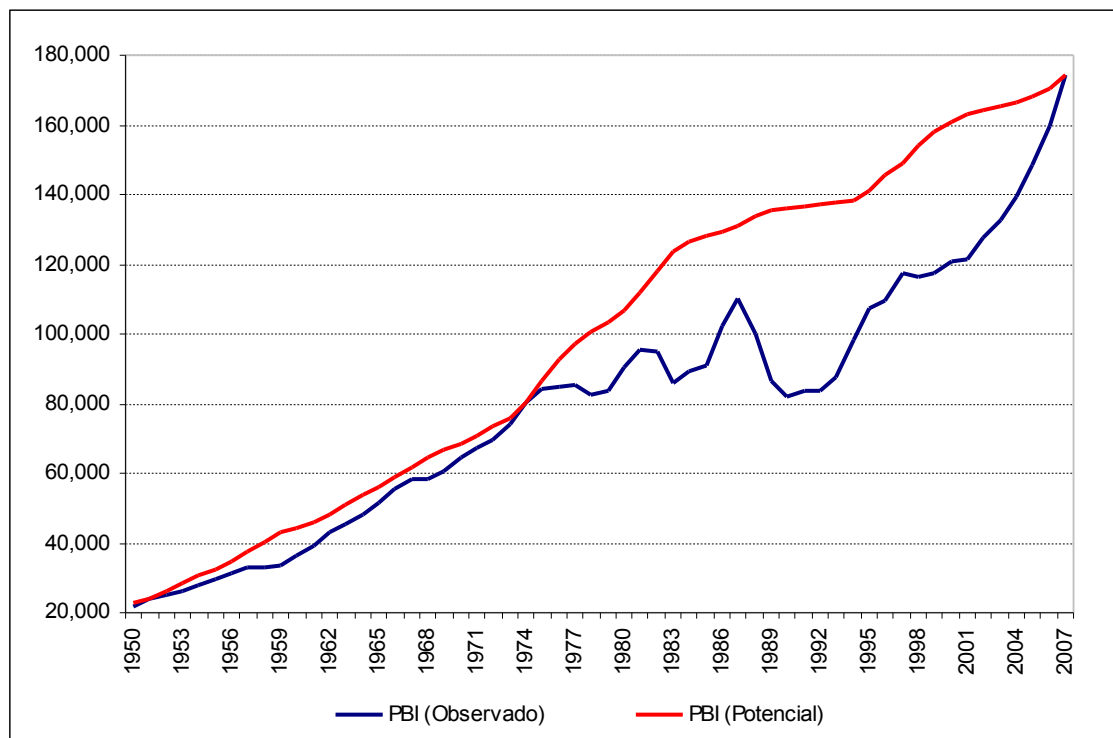
No obstante, Escaith (2006) identifica limitaciones importantes en este tipo de métodos. El primero y más importante, se refiere al supuesto de que el capital es el único factor de producción restrictivo. El producto potencial depende únicamente de la inversión neta acumulada. Entonces, el problema subyace en que los parámetros estimados para la productividad del capital pueden incluir, además de los efectos de cambio tecnológico, otras variables que afectan el crecimiento.

Por otro lado, se supone que la economía debe estar razonablemente cerca de su nivel de estado estacionario. Asimismo, debido a que se trata de un método no paramétrico, las estimaciones de los extremos se ven afectadas de forma importante por desviaciones de la tendencia por lo que este método funciona bastante bien cuando la economía cuenta con series de producto e inversión fija relativamente suaves.

Resultados de la aplicación del modelo original al Perú

Los resultados de la aplicación del método propuesto por Marfán para el Perú para el periodo 1950-2007 se presentan a continuación¹⁰.

**Gráfico 3: Método original de Marfán (1989)
(Millones de nuevos soles de 1994)**



¹⁰ Los datos de inversión neta y stock de capital se encuentran en el Anexo 2.

Los valores de los parámetros estimados se proporcionan en la siguiente Cuadro.

Cuadro 1: Parámetros estimados bajo el método de Marfán (1989)

Parámetro	Valor estimado
a_0	0.6222
a_1	-0.0057
Y_0	22550.88

Cálculo de los autores.

De los resultados de la estimación, resalta el signo negativo del parámetro a_1 . La interpretación es que en los últimos 57 años la economía peruana ha presentado un decaimiento de la productividad (tasa ICOR) de la economía.

3.5 Variaciones en la forma funcional del cambio en la productividad

Además de la forma funcional propuesta por Marfán (1989), que supone que el cambio en la productividad del capital es lineal, se realizaron los cálculos para distintas formas funcionales del mismo.

Forma funcional cuadrática

La productividad del capital bajo esta forma funcional viene dado por:

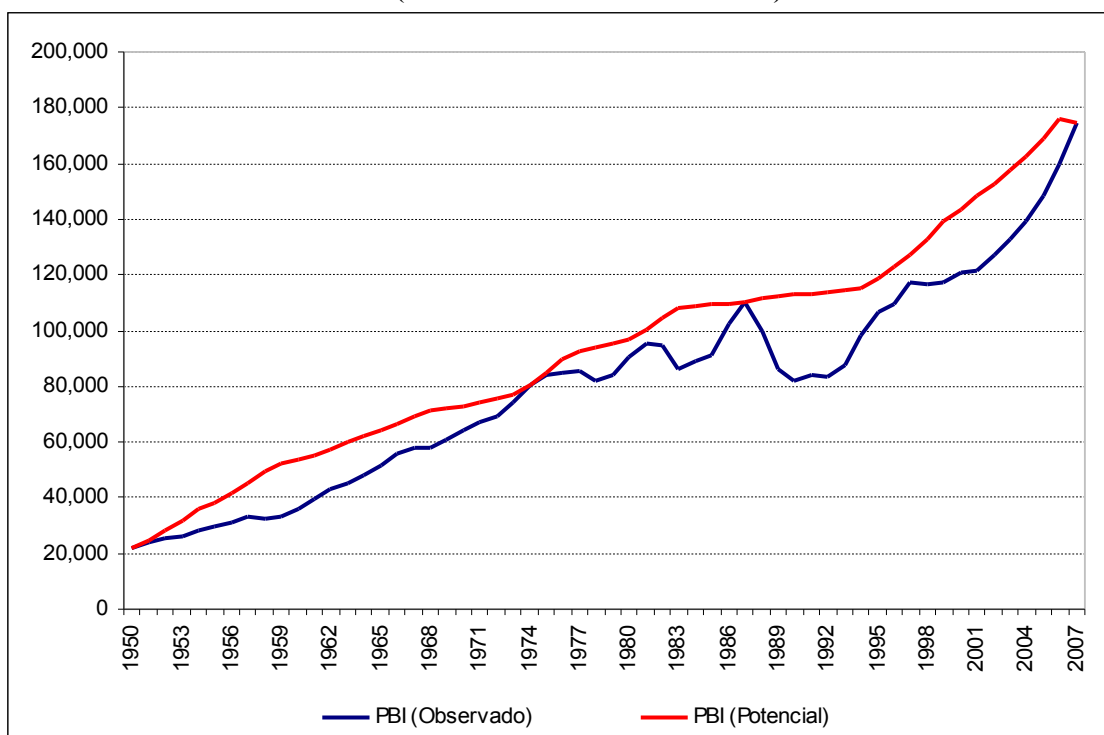
$$a_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$$

mientras que la ecuación diferencial a solucionar sería:

$$\hat{Y}_t = \hat{Y}_0 (1 - \delta)^t + \sum_{p=0}^{t-1} (a_0 + a_1 p + a_2 p^2) (1 - \delta)^{(t-1-p)} I_t$$

Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente Gráfico 4.

Gráfico 4: Forma funcional cuadrática de método de Marfán (1989)
(Millones de nuevos soles de 1994)



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Los parámetros estimados se presentan a continuación.

Cuadro 2: Parámetros estimados

Parámetro	Valor estimado
a_0	1.0214
a_1	-0.0297
a_2	0.00031
Y_0	21929.07

Cálculo de los autores.

Forma funcional cúbica

La productividad del capital estaría dada por:

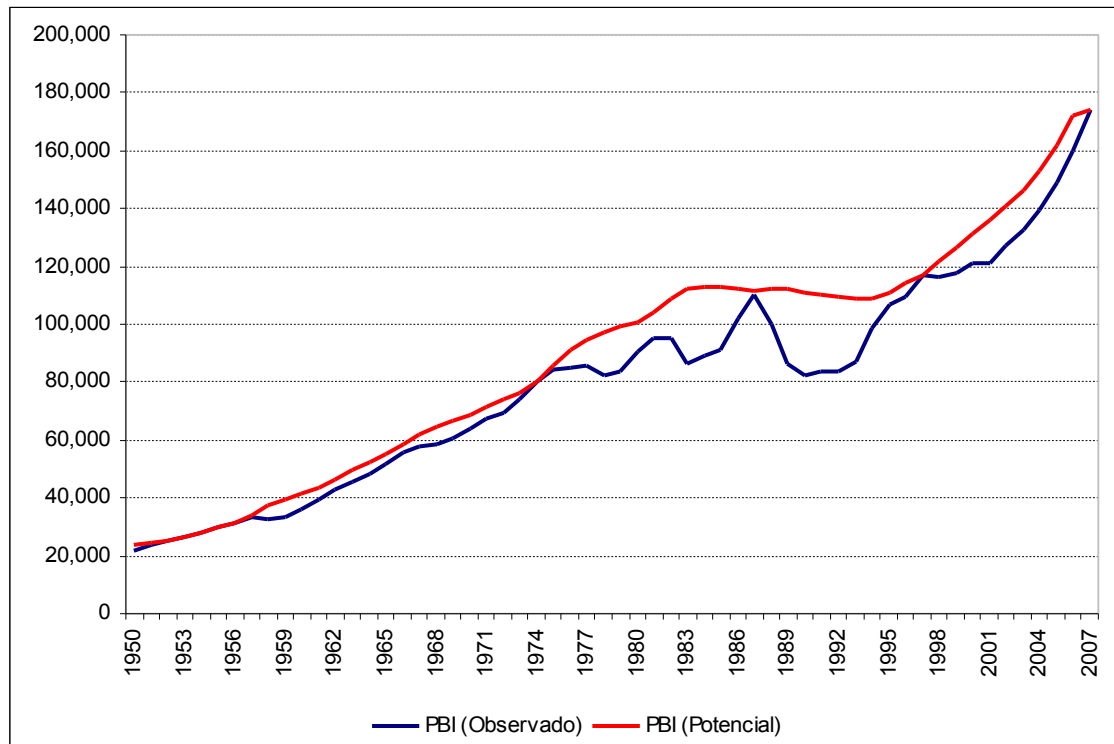
$$a_t = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3$$

El producto potencial del periodo t sería, entonces,

$$\hat{Y}_t = \hat{Y}_0(1 - \delta)^t + \sum_{p=0}^{t-1} (a_0 + a_1p + a_2p^2 + a_3p^3)(1 - \delta)^{(t-1-p)} I_t$$

Los resultados se muestran a continuación.

**Gráfico 5: Forma funcional cúbica de método de Marfán (1989)
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Los parámetros estimados bajo la fórmula funcional cúbica son los siguientes:

Cuadro 3: Parámetros estimados

Parámetro	Valor estimado
a_0	0.2576
a_1	0.0340
a_2	-0.0014
a_3	0.00001
Y_0	24012.37

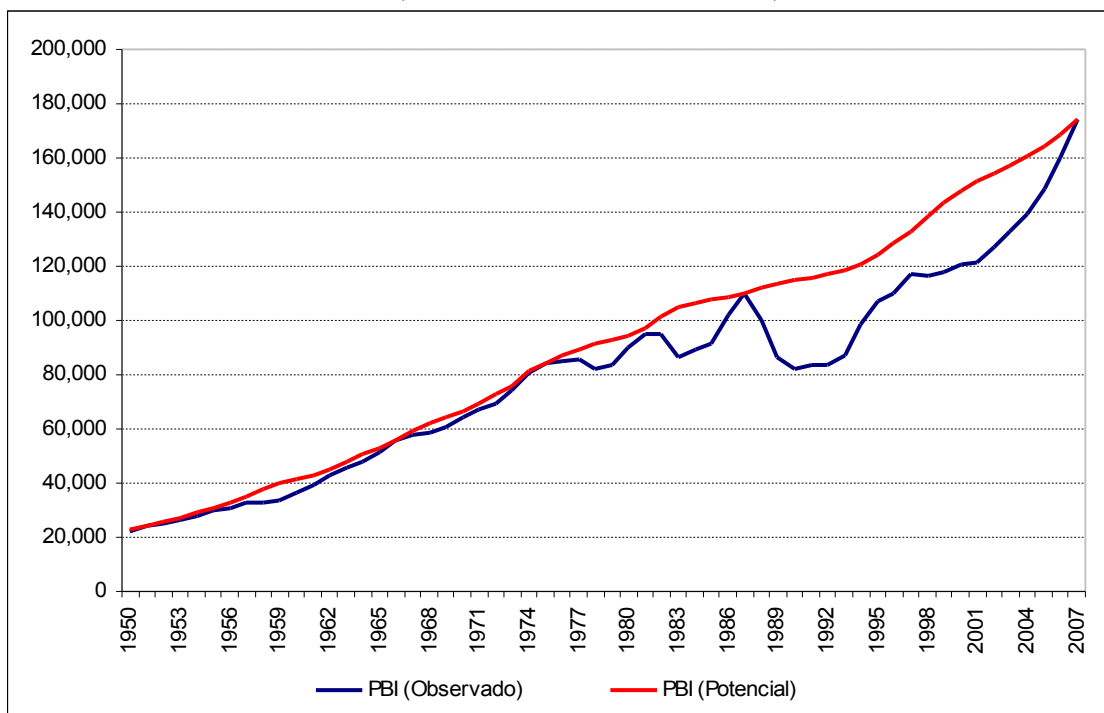
Cálculo de los autores.

Forma funcional segmentada

Esta forma funcional plantea que el impacto del capital sobre el producto potencial no es una función del tiempo, sino que cambia en forma discreta a lo largo de tiempo. Para fines de

esta estimación, se trabajó en tres segmentos: 1950-1973, 1974-1989 y 1990-2007. La evolución del PBI efectivo y el potencial se presentan a continuación.

**Gráfico 6: Forma funcional segmentada de método de Marfán (1989)
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Los valores estimados para los parámetros se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro 4: Parámetros estimados

Intervalo	Valor de a_0
1950-1973	0.4882
1974-1989	0.2726
1990-2006	0.3077
Y_0	22977.69

Cálculo de los autores.

3.6 Modelo alternativo

Alternativamente, el modelo de Marfán (1989) puede ser especificado de modo que se minimice la suma de los valores absolutos de las desviaciones del PBI potencial con respecto al efectivo. Matemáticamente,

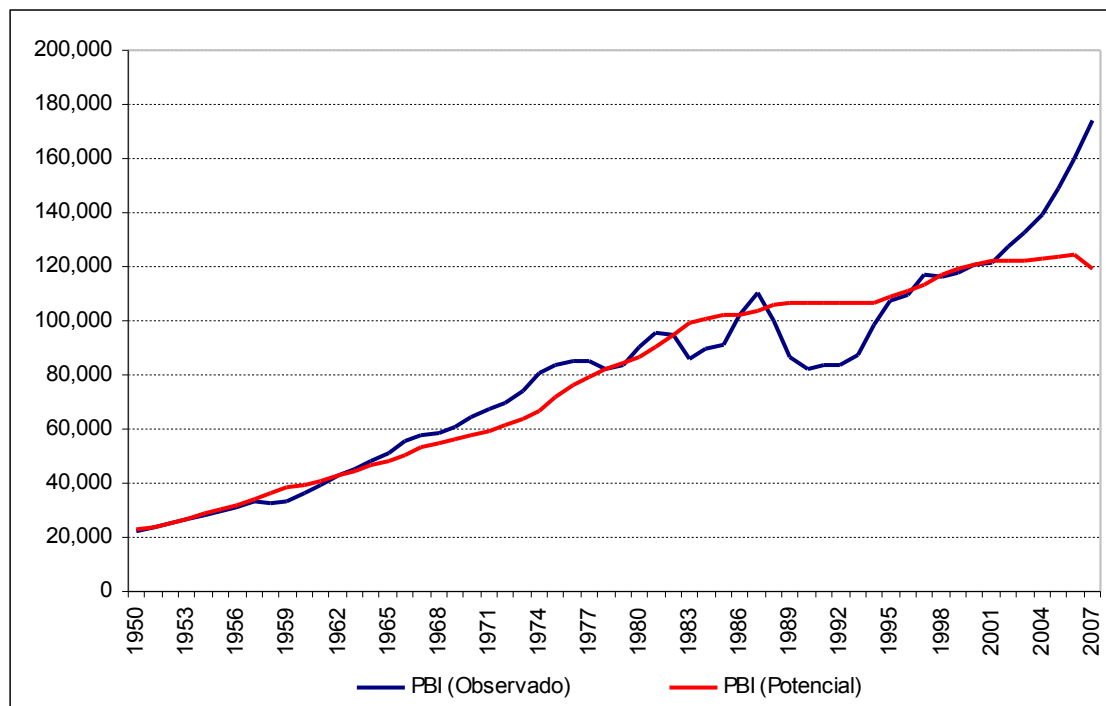
$$\text{Min} \sum_{t=0}^N |\hat{Y}_t - Y_t|$$

sujeto a:

$$a_0 \geq 0$$

Esta minimización permite, a diferencia de la anterior, que el producto potencial pueda estar tanto por encima como por debajo del producto observado, como se aprecia en el siguiente gráfico.

**Gráfico 7: Forma funcional lineal de método alternativo
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Cuadro 5: Parámetros estimados

<u>Parámetro</u>	<u>Valores estimados</u>
a_0	0.50402
a_1	-0.00483
Y_0	22639.59

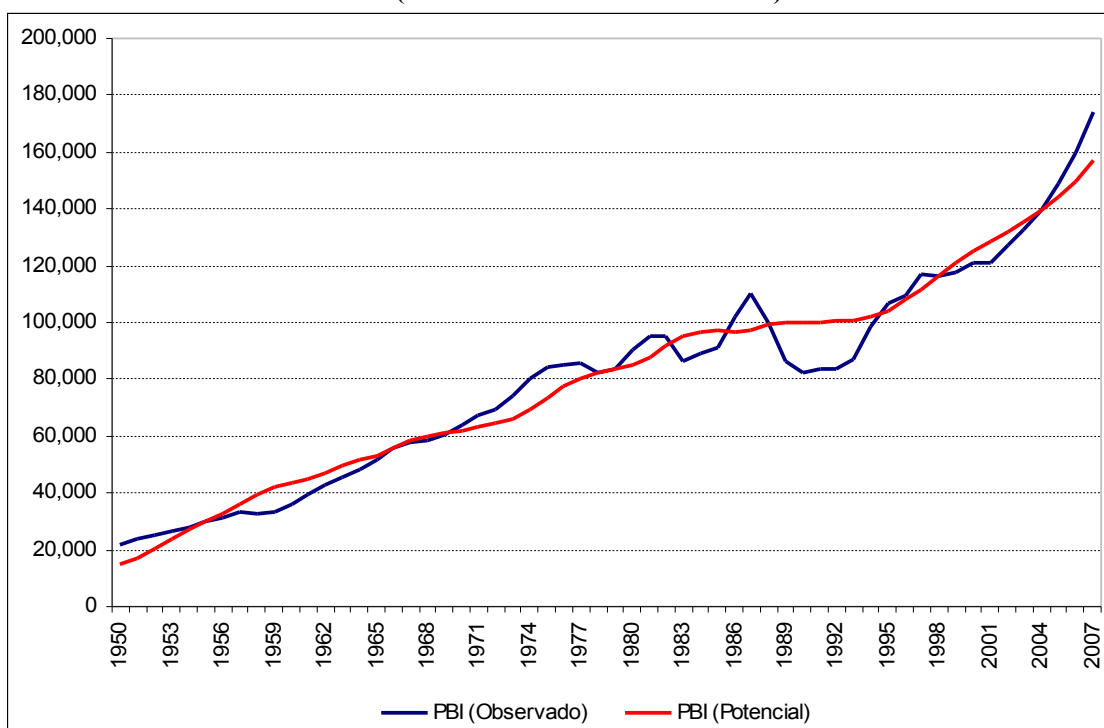
Cálculo de los autores.

3.7 Variaciones en la forma funcional del cambio en la productividad

Al igual que en la sección anterior, se realizaron los cálculos para distintas formas funcionales de la productividad del capital a lo largo del tiempo.

Forma funcional cuadrática

**Gráfico 8: Forma funcional cuadrática de método alternativo
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

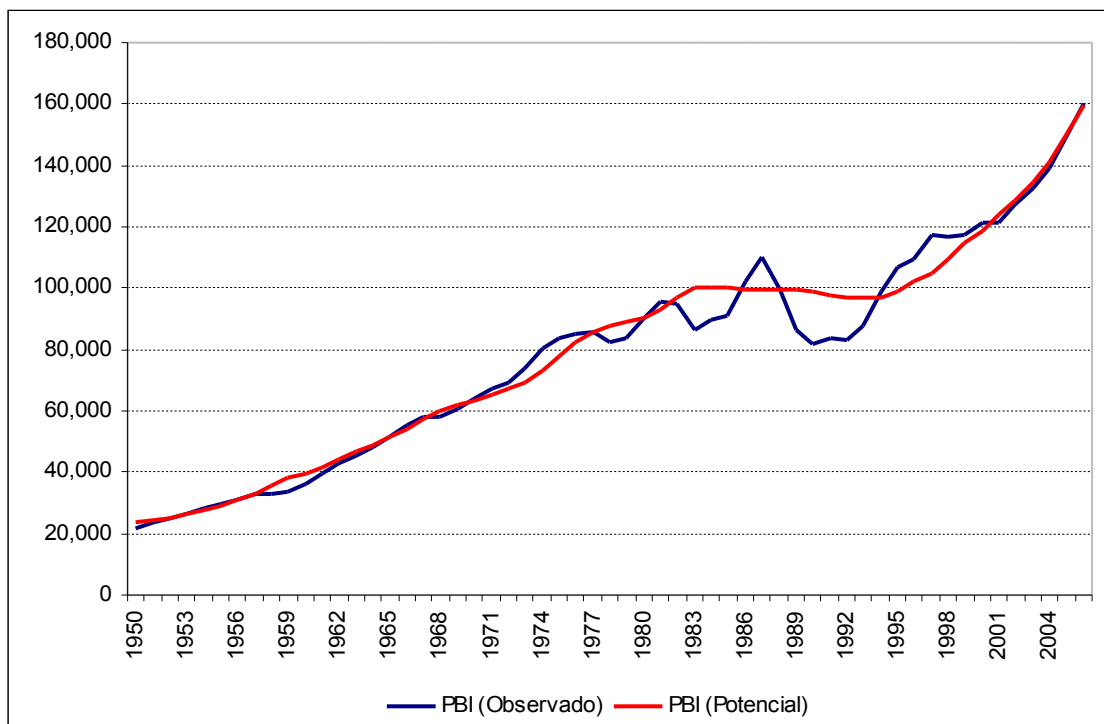
Los parámetros estimados se presentan a continuación.

Cuadro 6: Parámetros estimados

Parámetro	Valor estimado
a_0	0.84464
a_1	-0.02237
a_2	0.00022
Y_0	15596.07

Cálculo de los autores.

**Gráfico 9: Forma funcional cúbica de método alternativo
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

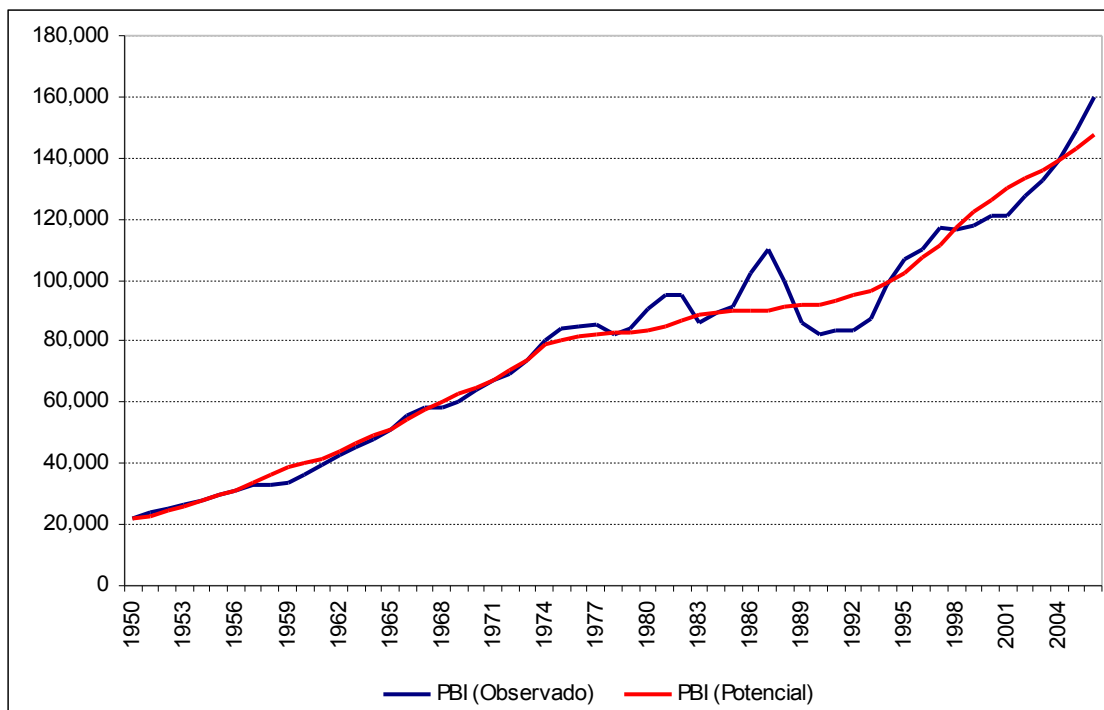
Los parámetros estimados se presentan a continuación.

Cuadro 7: Parámetros estimados

Parámetro	Valores estimados
a_0	0.256148
a_1	0.029107
a_2	-0.001221
a_3	0.000013
Y_0	23865.51

Cálculo de los autores.

**Gráfico 10: Forma funcional segmentada de método alternativo
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Los parámetros estimados se presentan a continuación.

Cuadro 8: Parámetros estimados

Intervalo	Valor de a_0
1950-1973	0.47808
1974-1989	0.17596
1990-2006	0.28419
Y_0	21745.06

Cálculo de los autores.

3.8 Método de los picos con fechas referenciales

3.9 Método para la identificación de los picos

El método empleado para la identificación de los picos de la serie se basa en lo planteado por el NBER¹¹, ya que para evitar que los componentes del PBI con mayor varianza predominen en los movimientos de la serie del PBI, estas se normalizan.

La metodología empleada consiste en 5 pasos:

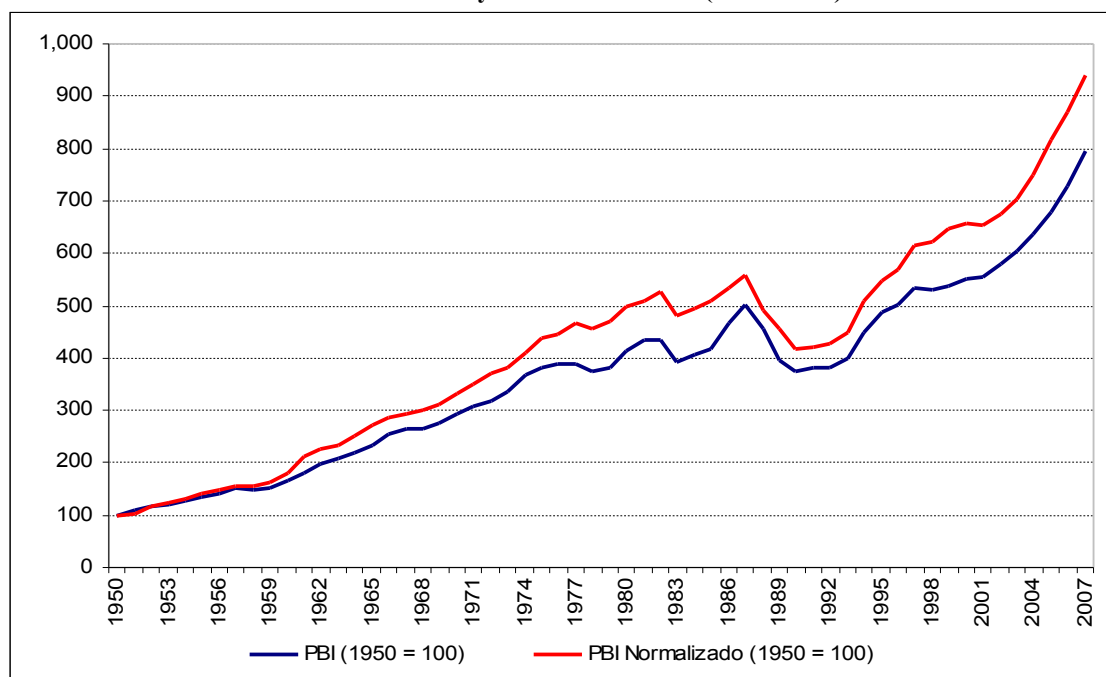
1. Se toma el logaritmo natural y se diferencia las series en niveles de consumo privado, consumo público, inversión bruta fija privada, inversión bruta fija pública, exportaciones e importaciones.
2. Se toma la desviación estándar de cada una de las series calculadas en el paso anterior.
3. Se calcula la inversa de las desviaciones estándar de cada una de las series y luego estas se suman, incluyendo a las importaciones con signo negativo.
4. Se calcula la ponderación de cada serie dividiendo la inversa de la desviación estándar de cada una de ellas entre la suma total de desviaciones estándar. De este modo, se da un mayor peso a las series menos volátiles.

$$W_i = \frac{\sigma_i^{-1}}{\sigma_{C_P}^{-1} + \sigma_{C_G}^{-1} + \sigma_{I_P}^{-1} + \sigma_{I_G}^{-1} + \sigma_X^{-1} - \sigma_M^{-1}}$$

5. Se pondera cada una de las series identificadas en el primer paso y se suman para hallar la tasa de crecimiento de la economía en conjunto. A partir de estas tasas de crecimiento se construye un índice para obtener un PBI simulado en niveles.

Los resultados de la aplicación de este método se presentan en el siguiente gráfico.

Gráfico 11: PBI y PBI Normalizado (1950 = 100)



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

La serie construida permite identificar con mayor claridad los picos de la serie del PBI, ya que se reduce los efectos de las series con mayor volatilidad.

¹¹ Ochoa y Lladó (2003)

A partir de esta serie, los picos se identificaron en 1952, 1957, 1961, 1966, 1972, 1977, 1982, 1987, 1997, 2000 y 2006.

3.10 Estimación del PBI potencial

Los picos identificados son puntos en los cuales el PBI observado es igual al PBI potencial, de modo que el problema se reduce a la estimación de los valores que el PBI potencial toma entre los mismos.

Para ello, se plantea que el PBI potencial aumenta en función a la inversión realizada en el periodo anterior, ponderada por su productividad, menos la depreciación de la capacidad productiva, como se muestra a continuación en (1):

$$Y_{p,t+1} = (1 - \delta)Y_{p,t} + \alpha I_t \quad \dots(1)$$

donde $Y_{p,t}$ representa el PBI potencial en el periodo t . Así,

$$Y_{p,t+2} = (1 - \delta)^2 Y_{p,t} + \alpha I_{t+1} + (1 - \delta)\alpha I_t \quad \dots(2)$$

Generalizando para el período $t + n$ obtenemos:

$$Y_{p,t+n} = (1 - \delta)^n Y_{p,t} + \alpha \left(I_t + (1 - \delta)I_{t+n-1} + \dots + (1 - \delta)^{n-1} I_t \right) \quad \dots(3)$$

Entonces, la solución para los valores de α entre cada pareja de picos Y_p, Y_{p-n} viene dada por:

$$\alpha = \frac{Y_p - (1 - \delta)^n Y_{p-n}}{I_{p-1} + (1 - \delta)I_{p-2} + (1 - \delta)^2 I_{p-3} + \dots + (1 - \delta)^{n-1} I_{p-n}} \quad \dots(4)$$

Este procedimiento permite obtener el valor del parámetro α entre cada par de picos, a partir de los que se construye la serie del PBI potencial. Los valores estimados de α se presentan en el siguiente cuadro.

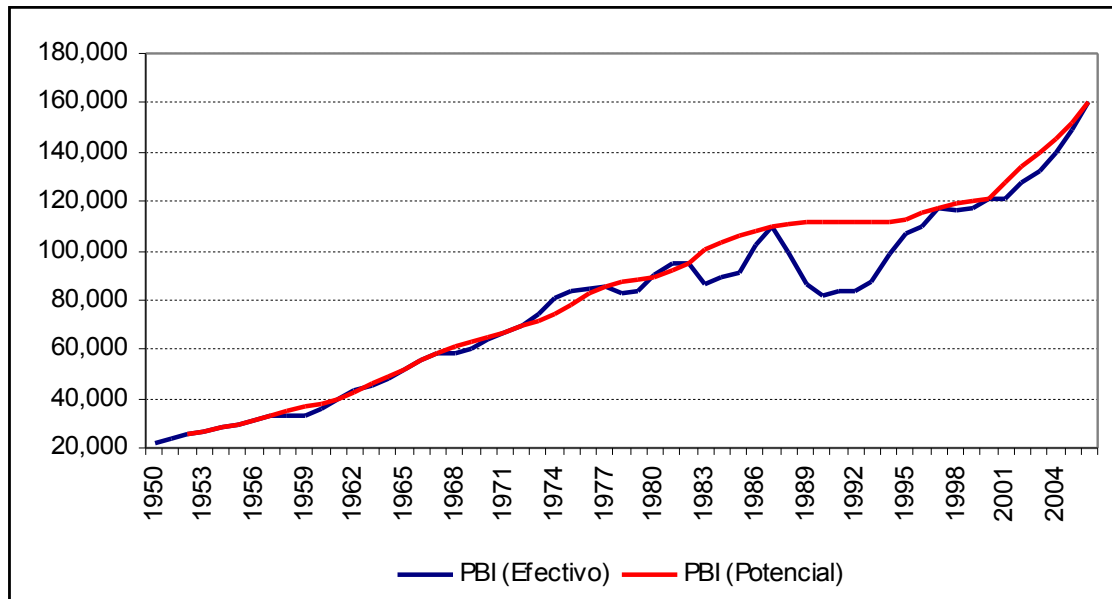
Cuadro 9: Valores estimados de α

Periodo	α
1953-1957	0.41132
1958-1961	0.41300
1962-1966	0.56546
1967-1972	0.43701
1973-1977	0.33415
1978-1982	0.22220
1983-1987	0.34085
1988-1997	0.16348
1998-2000	0.16429
2001-2006	0.39837

Cálculo de los autores.

Las estimaciones del PBI potencial a partir de los α estimados se muestran en el siguiente gráfico.

Gráfico 12: PBI Potencial mediante método de Picos con fechas referenciales.
(Millones de nuevos soles de 1994)



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

3.11 Método sectorial

Este método toma en cuenta la diferencia que existe en la forma en que se determina el nivel de producción de los distintos sectores. Se distinguen tres sectores. Los sectores primarios y procesadores de recursos primarios, los sectores secundarios y los sectores terciarios.

Sectores primarios y procesadores de recursos primarios

Se considera que la producción de los sectores primarios y procesadores de recursos primarios está determinada fundamentalmente por su capacidad productiva en cada periodo, es decir por el lado de la oferta. De esta manera la presente metodología toma sus niveles de producción efectivos como potenciales, de modo que se asume que estos sectores (agricultura, pesca, minería y procesadores de recursos primarios) operan siempre a pleno empleo. Esto permite al modelo incorporar los shocks de oferta en la determinación del producto potencial de la economía.

Sectores secundarios

Los sectores secundarios comprenden la Manufactura no ligada al procesamiento de los recursos primarios, la Electricidad y Agua y la Construcción. En estos sectores se distinguen dos componentes del producto: el tendencial y el cíclico. El cíclico es determinado por la demanda. Para la estimación del producto potencial de estos sectores se siguieron seis pasos, detallados a continuación.

1. Se identifican los distintos picos de los niveles de producción presentes en cada una de las series de los sectores productivos antes mencionados. Para este fin se pone como condición que la distancia entre picos debe ser mayor o igual que ocho trimestres y menor o igual a 32 trimestres. Asimismo se asume que para ser considerado un pico éste debe ser por lo menos igual al nivel de producción del anterior, a menos que se identifique una causa estructural que explique la disminución de la producción en dicho sector productivo.
2. Tras la identificación de los picos, se calcula la tasa de crecimiento logarítmica trimestral promedio entre cada par de picos, definida como:

$$Crec.Trim.Log(X_p, X_q) = \frac{Ln(X_p) - Ln(X_q)}{q - p}$$

donde P es el periodo en el cual ocurre el primer pico del par, mientras que q es el periodo en el que se da el segundo.

Esta tasa de crecimiento permite interpolar linealmente los valores entre los picos, de modo que se cuente con una tendencia general alrededor de la cual oscilan los valores que el producto potencial toma en cada trimestre. Por ejemplo, si uno de los picos se encuentra en el cuarto trimestre de 1987 y tiene un nivel de 4395 millones de nuevos soles de 1994, mientras que el siguiente se encuentra en el cuarto trimestre de 1993 y tiene un valor de 4845 millones de nuevos soles, la tasa de crecimiento trimestral promedio en términos durante este intervalo (19 trimestres) sería de 0.5131%.

$$Crec.Trim.Log(X_{1987T4}, X_{1993T4}) = \frac{Ln(4895) - Ln(4395)}{19}$$

3. Luego se calcula, la media móvil a 31 trimestres (centrada en cada observación) para toda la serie. Esta debe tomarse de modo que la media móvil asociada a cada observación incorpore 15 observaciones previas y 15 posteriores.

$$MOVAV(X_t) = \frac{X_{t-15} + X_{t-14} + \dots + X_t + \dots + X_{t+14} + X_{t+15}}{31}$$

Adicionalmente, esta nueva serie provee la tendencia de mediano plazo del producto de dicho sector. Una vez que esta ha sido computada, se calcula su tasa de crecimiento a partir de la diferencia en los logaritmos naturales de sus niveles,

$$Crec.MOVAV(X_t) = Ln(MOVAV(X_t)) - Ln(MOVAV(X_{t-1}))$$

4. Luego, es necesario estandarizar la tasa de crecimiento trimestral de la serie, calculada en el paso anterior, de forma que esta tenga un valor promedio de 0 entre cada pareja de picos. Esto se hace restándole a cada elemento de la serie el valor promedio de la misma entre la pareja de picos que delimitan el tramo en el cual se ubica, como se muestra a continuación.

$$Crec.Est.MOVAV(X_t) = Crec.MOVAV(X_t) - \overline{Crec.MOVAV(X_{p+1}, X_q)}$$

donde P es el periodo en el cual ocurre el primer pico del intervalo y q el periodo en el que se ubica el segundo. Cabe resaltar que el promedio se calcula para cada intervalo entre parejas de picos, y solo es válido para estandarizar aquellas tasas de crecimiento ubicadas entre los mismos.

5. Posteriormente, las tasas de crecimiento promedio de la serie entre cada pareja de picos y las tasas de crecimiento estandarizadas del promedio móvil a 31 trimestres se suman para generar las tasas de crecimiento del producto potencial del sector en cuestión. Es importante tener cuidado en trabajar por intervalos, para no mezclar tasas correspondientes a otros periodos. Esto permite rescatar tanto la tendencia lineal entre los picos como la del sector a mediano plazo.

$$Crec.Trim.PBIPot.(X_t) = Crec.Trim.Log(X_p, X_q) + Crec.Est.MOVAV(X_t)$$

6. Para hallar el logaritmo del PBI potencial (en niveles) se aplican las tasas de crecimiento halladas en el paso anterior al logaritmo de los picos (iniciales) para calcular el valor del logaritmo del producto potencial del sector en ese periodo.

$$LogPBIPotencial(X_{p+1}) = Ln(X_p) + Crec.Trim.PBIPot.(X_{p+1})$$

Este paso se repite hasta encontrar todos los valores entre cada par de picos. A partir del último pico de la serie se deberá aplicar la tasa de crecimiento de la media móvil a 31 trimestres para calcular el logaritmo del PBI potencial en ese tramo. Lo mismo deberá hacerse desde el primer pico de la serie hacia atrás. Para obtener el PBI potencial en niveles, se toma el antilogaritmo de la serie calculada.

7. Finalmente, cabe señalar que al tomar un promedio móvil a 31 trimestres es imposible obtener un valor del mismo para las primeras y las últimas 15 observaciones. Por ello, se proponen dos métodos para completar los segmentos finales: (i) se filtró el PBI de cada uno de los sectores de este grupo el filtro de Hodrick-Prescott y se tomaron sus tasas de crecimiento. (ii) Se tomó la mediana ponderada de las tasas de crecimiento de las subactividades de la manufactura no primaria.

La mediana ponderada

Se persigue como objetivo obtener una medida de tendencia central de la distribución de las tasas de crecimiento en las ramas de la manufactura no primaria. La media ponderada puede dejar de ser un buen indicador de tendencia cuando las distribuciones presentan asimetrías relevantes. En ese caso, aplicar filtros sobre una media ponderada puede arrojar resultados sesgados respecto de la tendencia de largo plazo. Del mismo modo, la desagregación del índice de producción manufacturero hace viable obtener la mediana ponderada.

Una manera de medir la asimetría en la distribución de tasas de crecimiento es aplicando el estadístico de Skewness (Sk) a una distribución. De acuerdo a los referentes estadísticos, un Sk entre -0.5 y 0.5 provee evidencia sobre una distribución simétrica. Para valores que se encuentran fuera del rango, se dice que la distribución es asimétrica hacia la izquierda o derecha. Para el caso de estudio, se halló que los coeficientes de Skewness para cada periodo del primer trimestre de 1990 al segundo trimestre de 2008 en el rango señalado eran el 21.1% de los 71 trimestres.

La mediana y_{me} de la distribución de una variable aleatoria Y es un indicador de la tendencia central de la distribución para el que se cumple que $P(Y < y_{me}) = P(Y > y_{me})$. Entre sus propiedades encontramos que es un valor único. Siempre es una medida observable de la variable y más robusta que la media aritmética como medida de tendencia central. No obstante, no utiliza todos los elementos y no es descomponible.

Para el estudio, se calcula la mediana ponderada de la distribución de corte transversal de las tasas de crecimiento de los índices de las subactividades de la manufactura. El procedimiento para calcular la mediana ponderada es sencillo. Primero se calculan las tasas de crecimiento de los índices de todos los sectores de la manufactura no primaria para cada trimestre. Para ello, se dividió el índice de producción industrial en 22 subactividades con sus respectivas ponderaciones en el año base 1994 como se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10: Subactividades de la manufactura no primaria

Nº	Actividades	Ponderación
1	Fabricación de productos lácteos	0.0174
2	Molinería y panadería	0.0885
3	Otros productos alimenticios	0.1209
4	Bebidas y Tabaco	0.0532
5	Fabricación de textiles	0.0779
6	Fabricación de prendas de vestir	0.1050
7	Preparación de cueros	0.0075
8	Fabricación de Calzado	0.0208
9	Industria madera y muebles	0.0480
10	Fabricación de papel	0.0220
11	Impresión y Edición	0.0355
12	Químicos Básicos	0.0350
13	Farmacéuticos y medicamentos	0.0325
14	Otros productos químicos	0.0470
15	Caucho y plástico	0.0290
16	Fabricación de productos no metálicos	0.0725
17	Siderurgia	0.0270
18	Productos metálicos	0.0433
19	Construcción de maquinaria no eléctrica	0.0194
20	Maquinaria eléctrica	0.0258
21	Construcción de materia de transporte	0.0239
22	Productos manufactureros diversos	0.0477

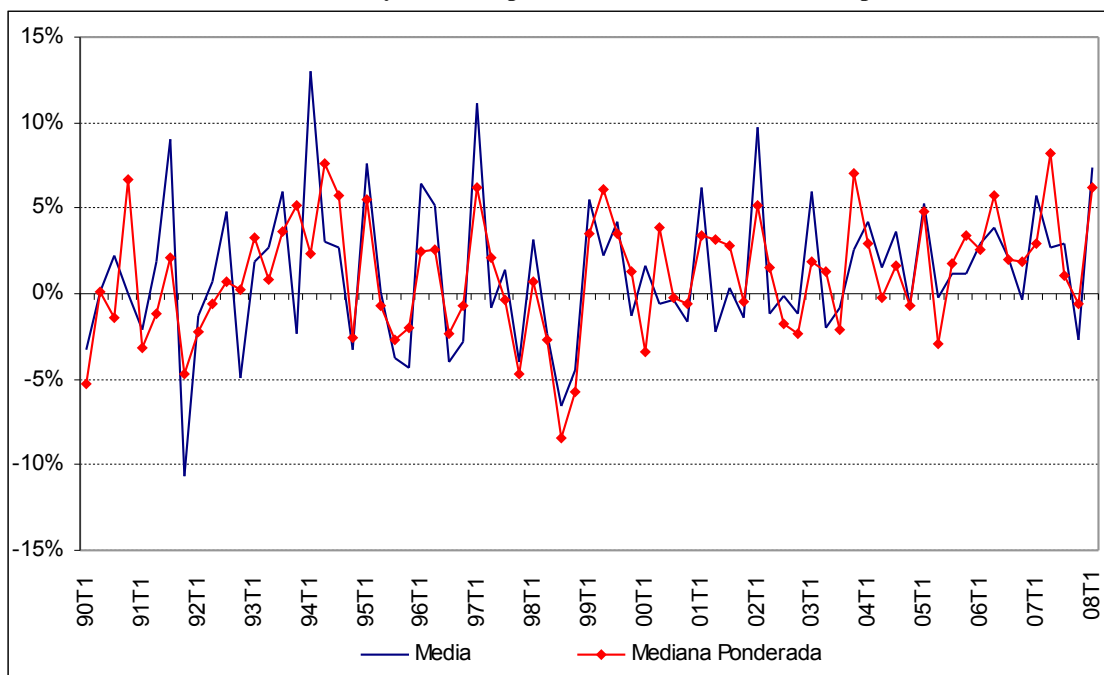
Fuente: INEI

Luego, se ubica una fecha de corte y se ponderan las tasas de crecimiento sobre un número de observaciones seleccionado, digamos mil. Por ejemplo, en el segundo trimestre de 1990 la fabricación de productos lácteos varió -5.51%. Debido a que el índice posee una

ponderación de 1.74%, de las mil observaciones se repetirá 17 veces el valor -5.51% . Lo mismo se realiza con las tasas de crecimiento de los otros 21 índices hasta completar las mil observaciones. Seguidamente se ordenan de menor a mayor los valores para después tomar el valor de la posición central como indicador de la tasa de crecimiento del periodo.

En el gráfico 13 se muestra la mediana ponderada de las tasas de crecimiento trimestral junto a la habitual variación del índice de manufactura desde el Trimestre 1 de 1991 hasta el Trimestre 2 de 2008. Se aprecia que ambas series se mueven relativamente juntas con un coeficiente de correlación de 0.647. Asimismo, la varianza de la mediana ponderada representa alrededor del 73% de la varianza de la media.

Gráfico 13: Media y mediana ponderada de manufactura no primaria



Fuente: INEI, cálculos de los autores.

En seguida, se construyó una serie de manufactura no primaria tomando como tasas de variación los datos calculados anteriormente. Asimismo, se suavizó la serie de la mediana ponderada mediante una técnica que implica utilizar un filtro de mediana para eliminar los ruidos dentro de la serie.

Un filtro de mediana es una técnica de filtro no lineal utilizado con frecuencia en el campo de la electrónica para el suavizamiento de señales, la supresión de ruido ruidos en imágenes, y la preservación de bordes. En el caso unidimensional, consiste de una ventana móvil de un número impar de elementos a lo largo de una serie de tiempo que sustituye el valor central de la ventana con el valor de la mediana. Un mayor desarrollo del filtro de mediana se encuentra en el Anexo 2.

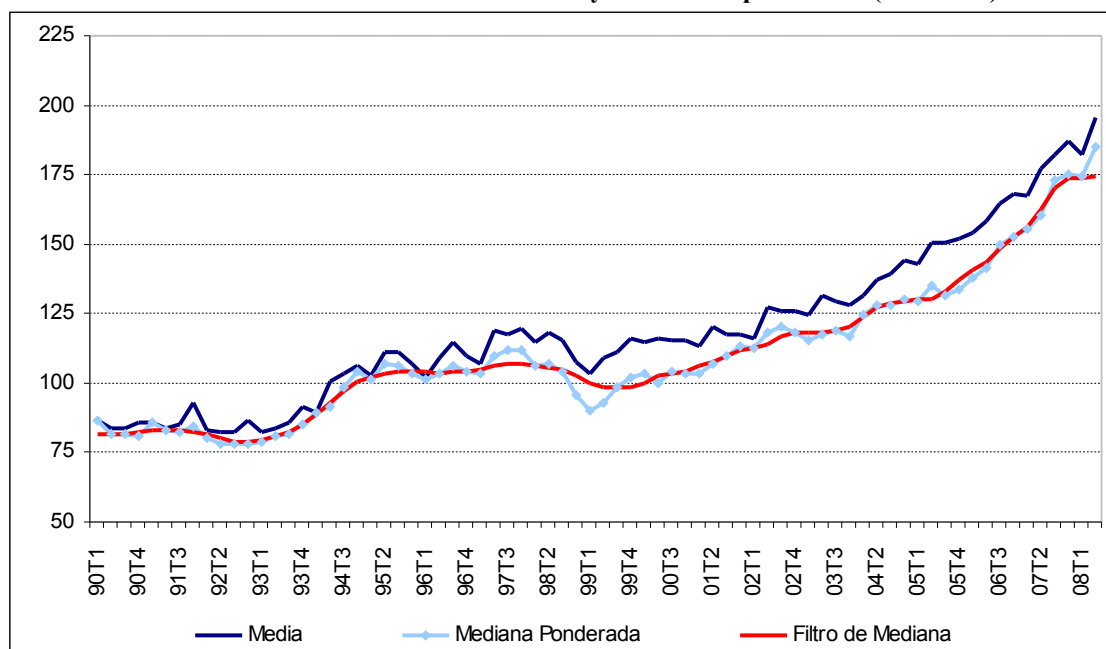
El proceso de filtrado de la serie de manufactura no primaria siguió los siguientes pasos:

1. Se aplica 2 veces consecutivas el filtro de la mediana con una ventana de 3 observaciones.
2. Se parte la secuencia de datos en subsecuencias más cortas en todos los puntos en los que dos valores son idénticos, luego se aplicó un nuevo el filtro de mediana con ventana de 3 observaciones en cada subsecuencia, se juntan los segmentos de la serie, y se pule el resultado con un nuevo filtro de mediana.

3. Por último, se aplica una media ponderada centrada con pesos $1/4$, $1/2$ y $1/4$. Es decir, cada observación y_i es reemplazado por $y_{i-1}/4 + y_i/2 + y_{i+1}/4$. Los valores de los extremos no varían.

En el gráfico 14 se muestran los resultados:

Gráfico 14: Índices de manufactura NP y la mediana ponderada (1994=100)



Fuente: INEI, cálculos de los autores.

De los estimados se concluye que la mediana ponderada crece a una tasa de 2.0% trimestral, moderada respecto a la tasa estimada mediante el filtro de Hodrick- Prescott de 2.2%. Anualizando las tasas obtendremos 8.5% y 9.1% respectivamente; es decir una diferencia de 0.6% en el crecimiento potencial. No obstante, el principal contraste radica en que la variabilidad de las tasas de la mediana ponderada es 2 veces mayor que la estimación HP. Las dos discrepancias poseen repercusiones sobre la tasa final de crecimiento del producto potencial, siendo en el caso de la mediana ponderada más variable y en promedio una estimación más moderada.

Sector comercio

La metodología empleada para el cálculo del producto potencial del sector comercio se basa fundamentalmente en las ponderaciones extraídas de la tabla insumo-producto del año base de las cuentas nacionales (1994 para el caso peruano). De ella se obtienen las participaciones respectivas de cada uno de los demás sectores que forman parte del PBI del Comercio.

Cuadro 11: Desagregación del PBI Comercio

Sector	Porcentaje Sector
Total Agrocomercial	26.48%
PBI Pesca Comercial	5.68%
PBI Minería Metálica Comercial	0.64%
PBI Manufactura Comercial	47.75%
Importaciones Comercial	19.36%
Servicios Prestados a Empresas	0.09%

Fuente: INEI.

Para este fin se estima una serie del sector comercio sobre la base de estas ponderaciones, la cual sería el equivalente a la serie efectiva. Luego se estima la serie del PBI potencial sobre la base del PBI potencial de los componentes del sector comercio.

Con las series transformadas a base 1994, de los componentes y las ponderaciones extraídas de la tabla insumo-producto se genera una suma ponderada de los componentes del PBI del Comercio. Esto se hace para el producto potencial como para el efectivo. Para obtener la serie efectiva ponderada se sumaron las series efectivas, ponderadas respectivamente. El procedimiento es análogo para el caso de las potenciales. Se debe recordar que, según lo explicado anteriormente, para los sectores Agricultura, Pesca, Minería y Manufactura no primaria el producto potencial equivale al producto efectivo. Así, tenemos que:

$$Ind.PBIComercio_t = \alpha (J_t) + \beta (K_t) + \dots + \chi (R_t)$$

donde α , β y χ son las ponderaciones de los sectores que componen el PBI de este sector (deben sumar 1) y J , K y R representan sus respectivos niveles de producto en base 1994 = 100.

Finalmente, se divide el índice potencial entre el efectivo para obtener un factor.

$$Ind.ComercioPot._t = \frac{Ind.PBIComercio(Potencial)_t}{Ind.PBIComercio(Efetivo)_t}$$

Luego, este factor se aplica a la serie del PBI del sector Comercio efectivo en niveles para obtener el PBI potencial del sector Comercio.

$$PBIComercioPot._t = IndComercioPot._t \times PBIComercioAct._t$$

Sector servicios

Debido a que el gasto en servicios por parte del Gobierno es un componente importante del PBI del sector, el primer paso para calcular su PBI potencial consiste en estimar el gasto público potencial en servicios.

Para ello, es necesario hallar el peso de los Servicios Gubernamentales en el PBI del sector de Servicios a través de la tabla insumo-producto del año base de las cuentas nacionales. Luego, se aplica esta ponderación al PBI del sector Servicios para hallar el PBI de los Servicios Gubernamentales en el año base.

Para calcular el gasto del gobierno en servicios en cada trimestre, es necesario crear un índice de gasto público (con base 1994 para el caso peruano) utilizando la serie de impuestos potenciales, que se construirá en la siguiente sección, y aplicarlo al gasto trimestral promedio en Servicios Gubernamentales en 1994

$$GastoTrim.Serv.Gob._t = GastoTrim.Base \times IndIngresosGob._t$$

Posteriormente se calculan, a partir de la tabla insumo-producto, los pesos de los distintos componentes del sector Servicios (excluyendo los Servicios Gubernamentales).

Cuadro 12: Desagregación del PBI de Servicios (Excluyendo los Servicios Gubernamentales)

Sector	Porcentaje Sector
<i>Agropecuarios</i>	1.33%
<i>Pesca</i>	0.13%
<i>Petróleo crudo</i>	0.00%
<i>Minería</i>	0.03%
<i>Manufactura primaria</i>	5.88%
<i>Manufactura no primaria</i>	28.12%
<i>Serv. electricidad y agua</i>	1.56%
<i>Servicios de construcción</i>	0.59%
<i>Comercio</i>	9.18%
<i>Servicios</i>	53.18%

Fuente: INEI

Una vez que se han hallado las respectivas ponderaciones, es necesario calcular índices con base 1994 = 100 (al igual que en el PBI del sector Comercio) de las series que componen el PBI del sector Servicios. Estas ponderaciones permiten el cálculo de un índice ponderado del PBI del sector Servicios excluyendo los Servicios Gubernamentales. Este cálculo es análogo al realizado para el PBI del Sector Comercio:

$$Ind.PBIServicios_t = \alpha (J_t) + \beta (K_t) + \dots + \chi (R_t)$$

donde α , β y χ son las ponderaciones de los sectores que componen el PBI de este sector y J , K y R representan sus respectivos niveles de producto en base 1994 = 100. Este índice debe calcularse tanto en base a datos efectivos como potenciales, para obtener un factor, como se muestra a continuación:

$$Ind.ServiciosPot._t = \frac{Ind.PBIServicios(Potencial)_t}{Ind.PBIServicios(Efectivo)_t}$$

A partir de este factor, se halla el PBI potencial del sector Servicios excluyendo a los Servicios Gubernamentales. Para ello, primero se debe restar los Servicios Gubernamentales al PBI de Servicios (efectivo). Luego, La serie resultante de esta resta se multiplica por el factor obtenido anteriormente, con lo que se obtiene el producto potencial de los Servicios, excluyendo al Gobierno. Es importante notar que el factor calculado se aplica únicamente al componente no gubernamental del sector Servicios, pues se supone que el Gobierno siempre consume a plena capacidad.

Finalmente, para hallar el PBI del sector Servicios se suma el PBI potencial del sector (excluyendo a los Servicios Gubernamentales) y el gasto público trimestral en Servicios.

Impuestos

Para calcular los impuestos y derechos de importación potenciales también se emplea la tabla insumo-producto del año base de las cuentas nacionales, para obtener la participación de los distintos tipos de impuestos (impuestos a las importaciones, derechos de importación e impuestos nacionales) dentro de los ingresos fiscales totales. También se debe calcular la participación de los distintos sectores productivos dentro de la recaudación de impuestos nacionales.

Cuadro 13: Composición de los impuestos por tipo

Tipo de impuesto	Porcentaje
Impuestos y derechos de imp.	100.00%
<i>Impuestos a prod. nacionales</i>	72.81%
<i>Derechos de importación</i>	17.86%
<i>Impuestos a importaciones</i>	9.33%

Fuente: INEI

Cuadro 14: Peso de los sectores productivos en los impuestos nacionales

Sector (Nacionales)	Porcentaje Sector
<i>Impuestos agro.</i>	1.92%
<i>Impuestos pesca</i>	0.00%
<i>Impuestos petróleo</i>	2.28%
<i>Impuestos minerales</i>	0.00%
<i>Impuestos manufactura primaria</i>	19.31%
<i>Impuestos manufactura no primaria</i>	51.20%
<i>Impuestos electricidad y agua</i>	2.70%
<i>Construcción</i>	6.80%
<i>Servicios</i>	15.79%

Fuente: INEI

Cuadro 15: Composición de los impuestos a las importaciones

Concepto	Porcentaje
Importaciones	100.00%
<i>Derechos de importación</i>	10.77%
<i>Impuestos a importaciones</i>	5.63%

Fuente: INEI

Una vez que se tienen las participaciones de los sectores en la recaudación por impuestos nacionales, es necesario aplicar una metodología similar a la seguida en el cálculo del sector Comercio para obtener un índice de impuestos nacionales potenciales.

Posteriormente se debe calcular las importaciones potenciales utilizando el método de los picos (aplicado para los Sectores Primarios) y elaborar un índice, dividiendo las importaciones potenciales entre las efectivas. Este es el índice de impuestos a las importaciones potenciales.

$$Ind.TM_t = \frac{M(Potencial)_t}{M(Efectivo)_t}$$

Una vez que se cuenta con un índice de impuestos a productos nacionales y otro de los productos importados, estos se deben ponderar en base a la composición por tipo, derivada de la tabla insumo-producto. Por ejemplo, si los impuestos a la producción nacional son el 73% de los impuestos y derechos de importación totales, se debe ponderar el índice de impuestos a las importaciones con 27% y el índice de impuestos nacionales con 73%.

Por último, se multiplica la serie de Impuestos y derechos de importación efectiva por este índice ponderado para obtener los Impuestos y derechos de importación potenciales.

3.12 *Método sectorial a la economía peruana con datos trimestrales: 1980-2008*

Utilización del filtro Hodrick-Prescott en los sectores Secundarios

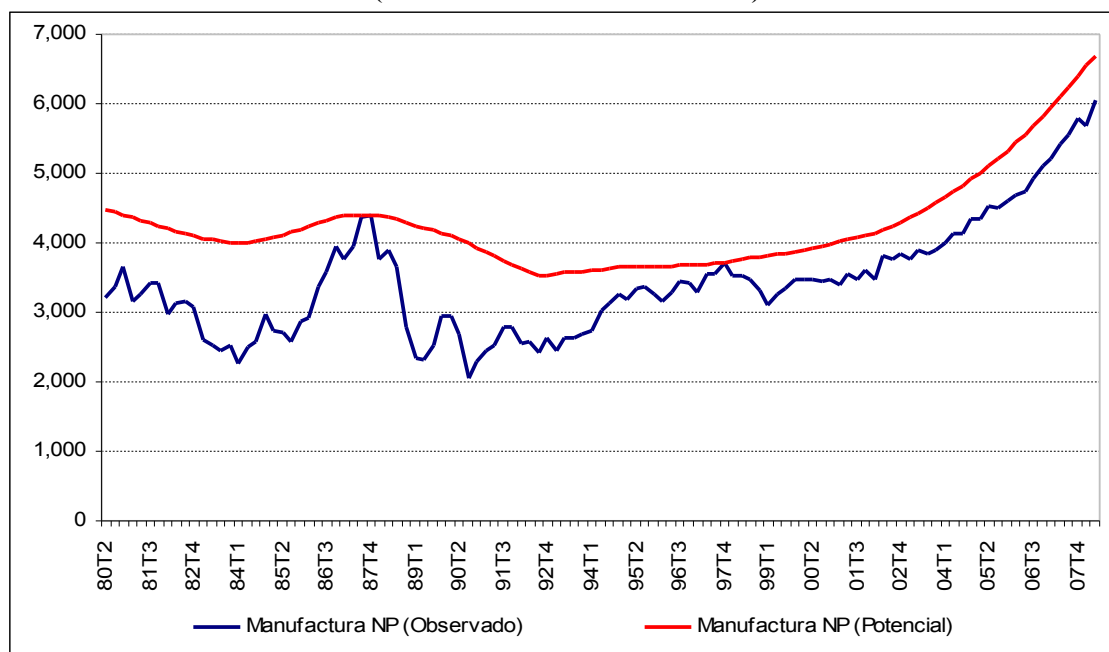
Para el cálculo del PBI potencial de la economía peruana durante el periodo 1980-2008 se emplearon las series del PBI real trimestral por sectores del Banco Central de Reserva desde el primer trimestre de 1980 hasta el segundo trimestre de 2008.

Recordemos que el método propuesto para los sectores secundarios hace uso de una media móvil a 31 trimestres, por ello solo fue posible obtenerla a partir del cuarto trimestre de 1983 y hasta el cuarto trimestre de 2004, por lo que ponemos en práctica la utilización de las tasas de crecimiento del filtro de Hodrick-Prescott para aquellos tramos en los que esta no pudiera ser calculada.

Manufactura no primaria

A continuación se muestra la serie de la Manufactura no primaria en millones de Nuevos soles de 1994. Los picos fueron encontrados en el cuarto trimestre de 1987 y el cuarto trimestre de 1997.

**Gráfico 15: PBI Potencial Manufactura no primaria
(Millones de nuevos soles de 1994)**

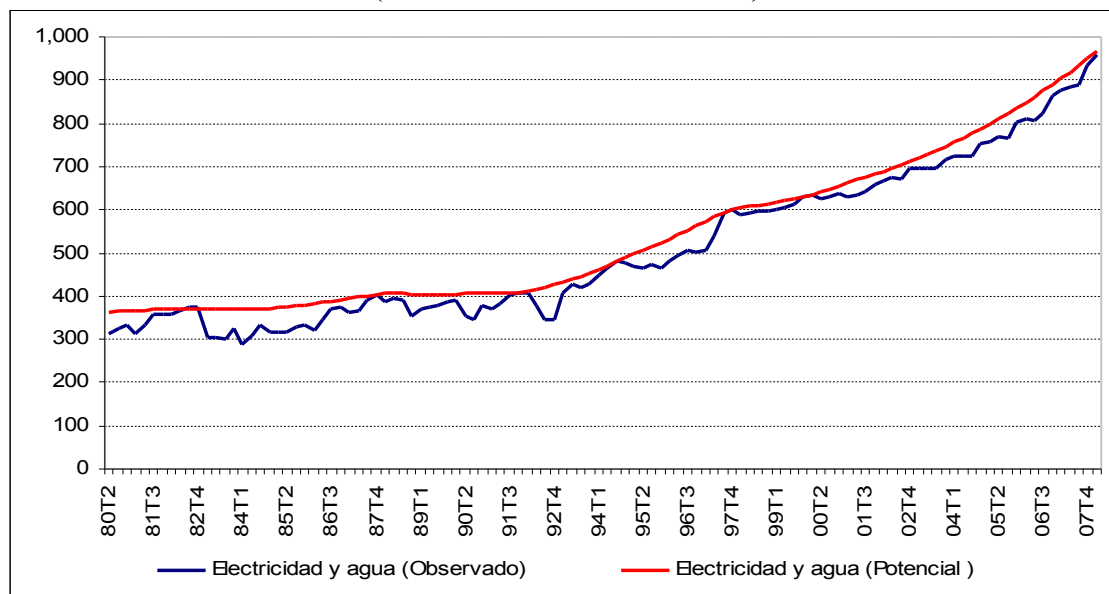


Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Electricidad y agua

Los picos del PBI de Electricidad y agua se encontraron en el tercer trimestre de 1982, el cuarto trimestre de 1987, el cuarto trimestre de 1991, el tercer trimestre de 1994, el cuarto trimestre de 1997 y el primer trimestre de 2000.

**Gráfico 16: PBI Potencial Electricidad y agua
(Millones de nuevos soles de 1994)**

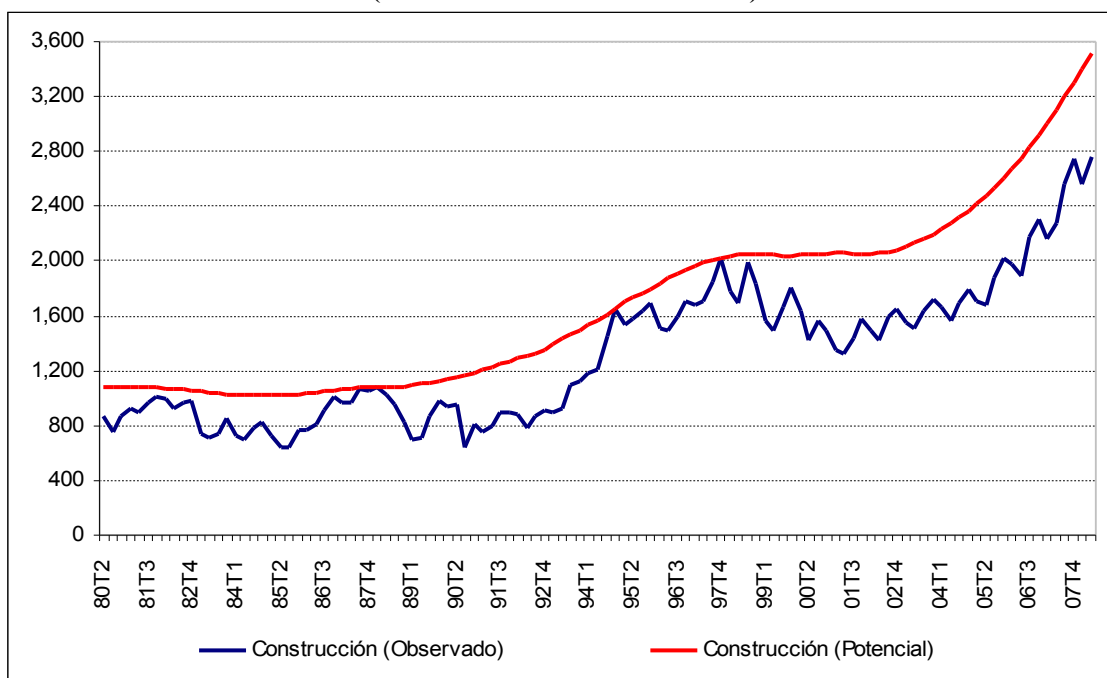


Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Construcción

Los picos del PBI de este sector Construcción se dieron en el cuarto trimestre de 1981, el primer trimestre de 1988, el cuarto trimestre de 1994 y el cuarto trimestre de 1997.

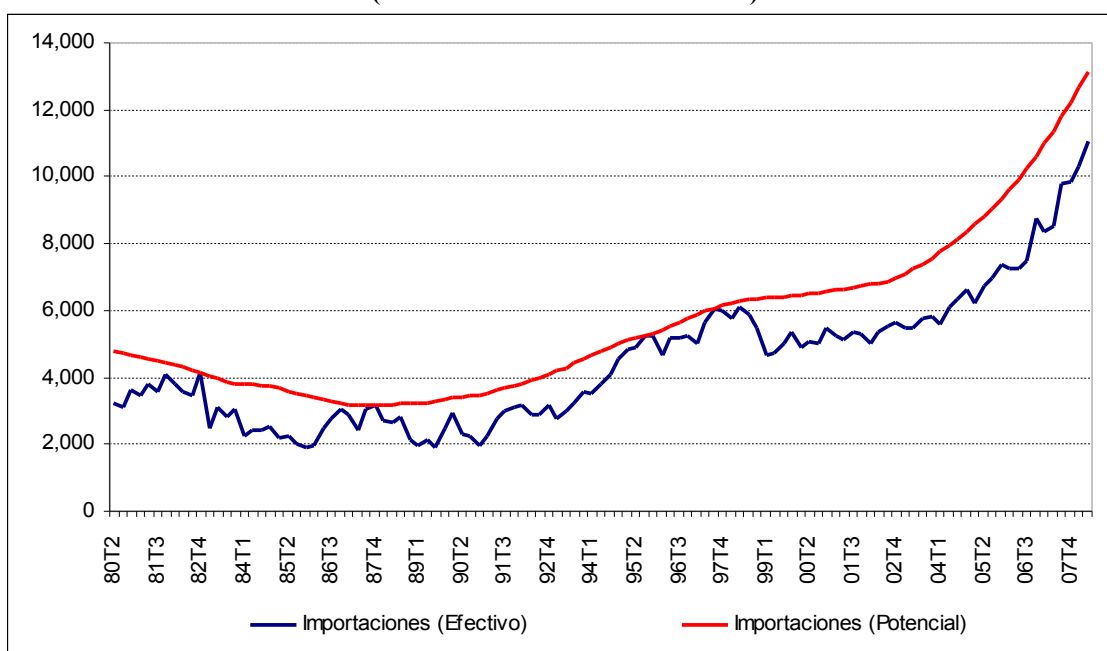
**Gráfico 17: PBI Potencial Construcción
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Importaciones

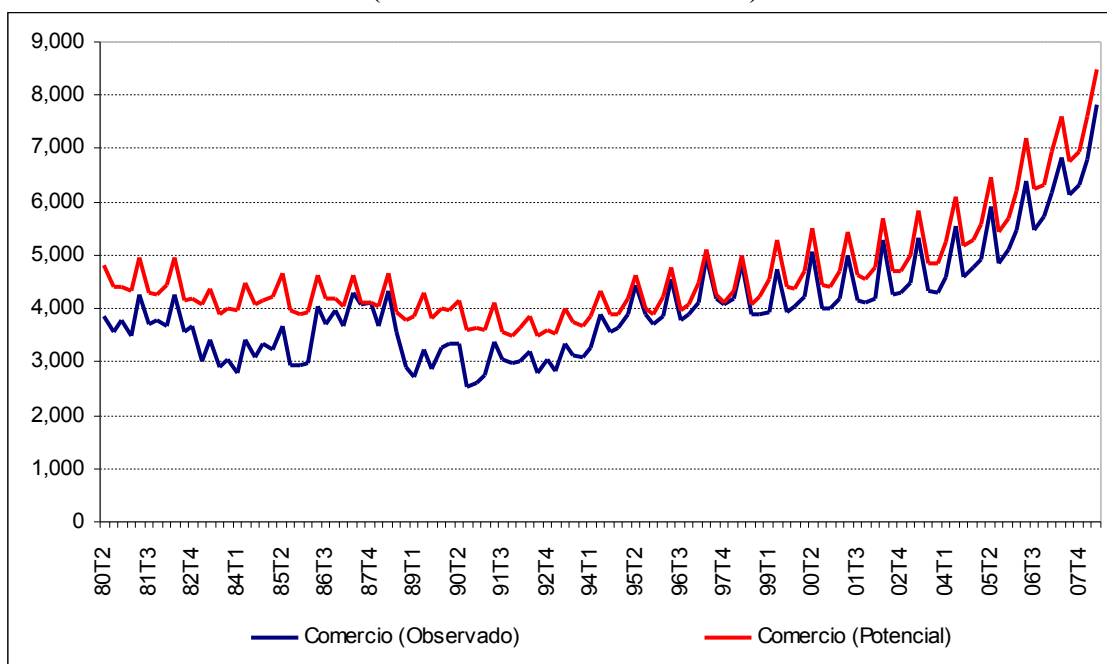
**Gráfico 18: Importaciones Potencial
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Comercio

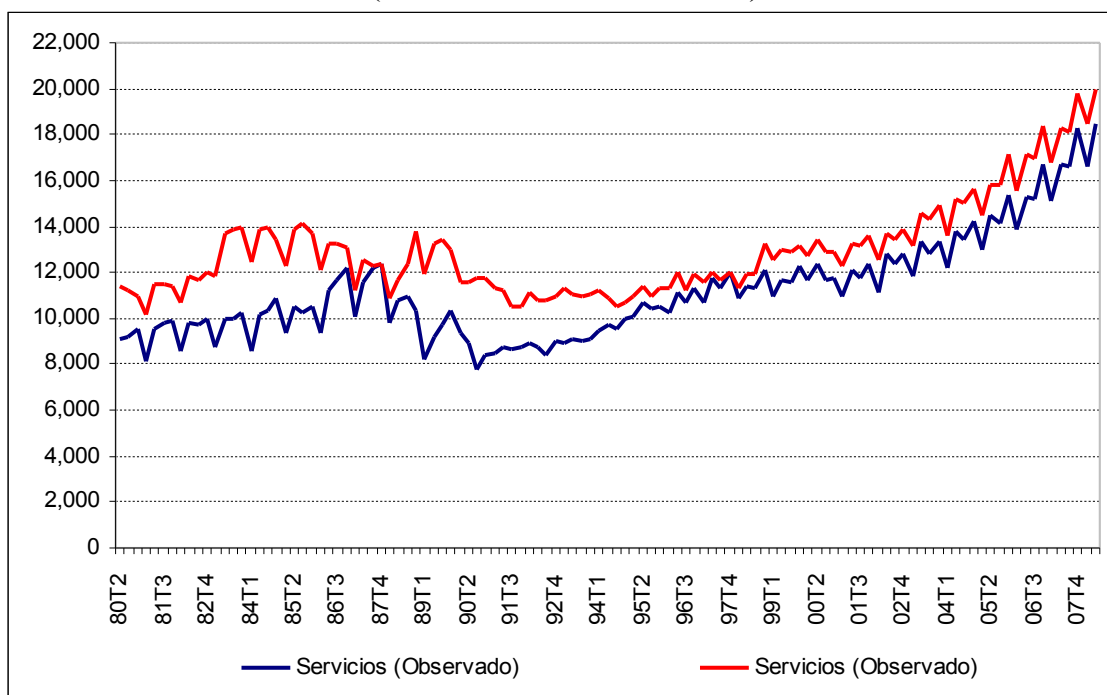
**Gráfico 19: PBI Potencial Comercio
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Servicios

**Gráfico 20: PBI Potencial Servicios
(Millones de nuevos soles de 1994)**

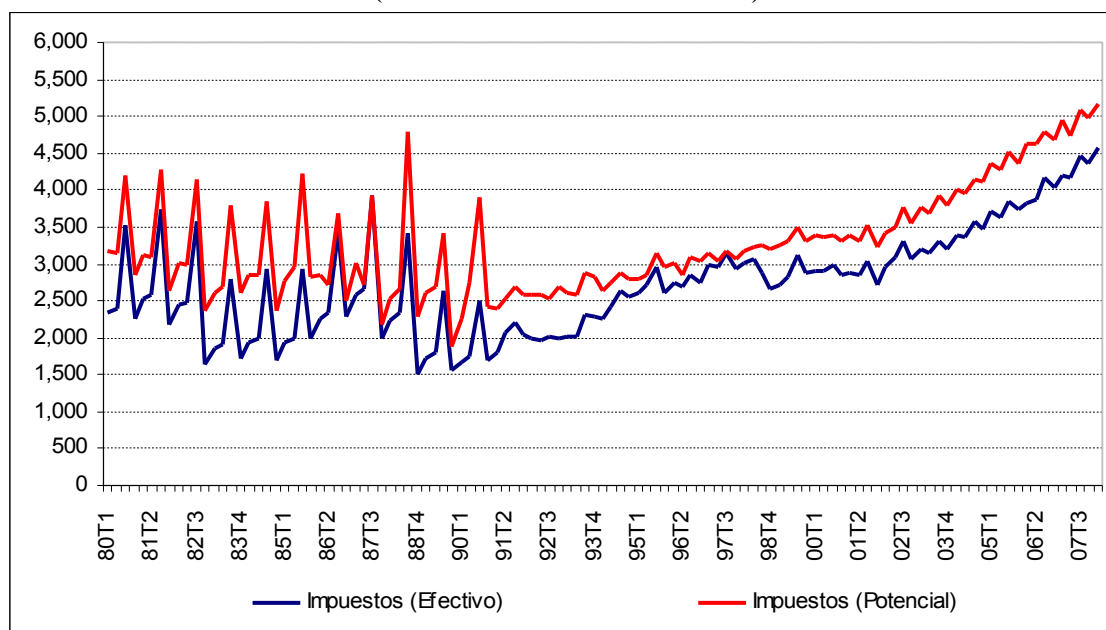


Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Impuestos y derechos de importación

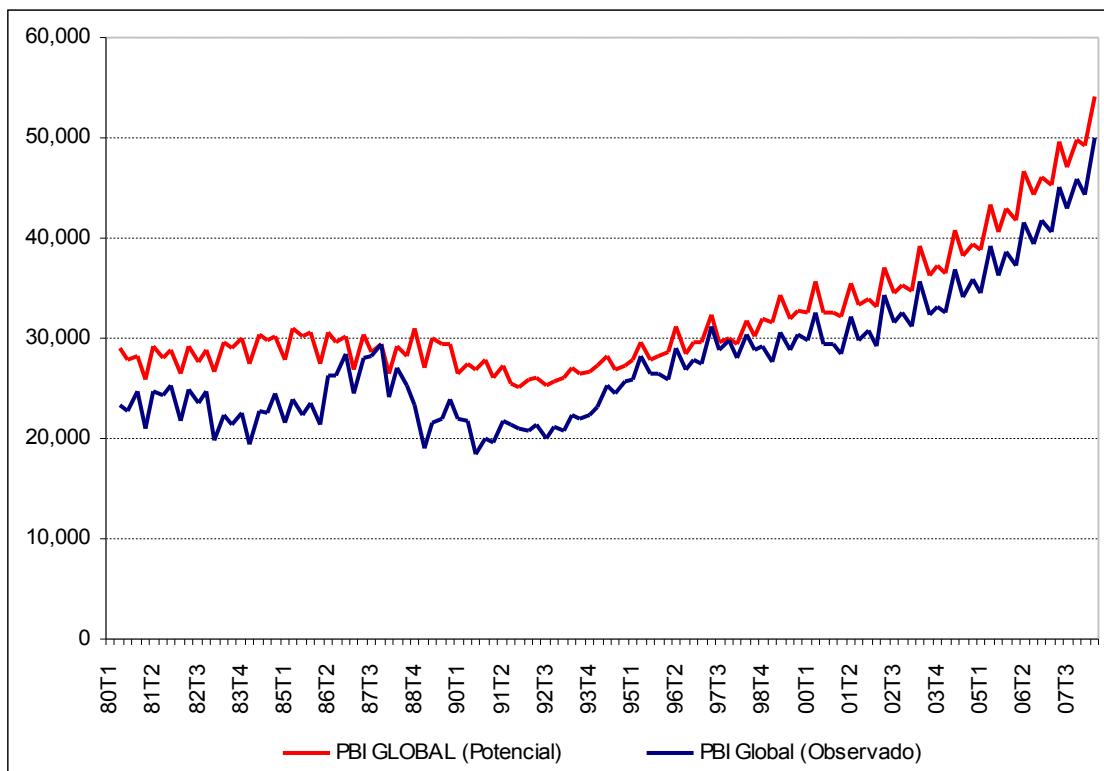
Los impuestos muestran una clara estacionalidad en la parte inicial del gráfico debido al método de recaudación empleado durante ese periodo, con el cual la recaudación se realizaba sobre todo durante el cuarto trimestre.

Gráfico 21: Impuestos y derechos de importación Potencial
(Millones de nuevos soles de 1994)



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

**Gráfico 22: PBI Potencial Global
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

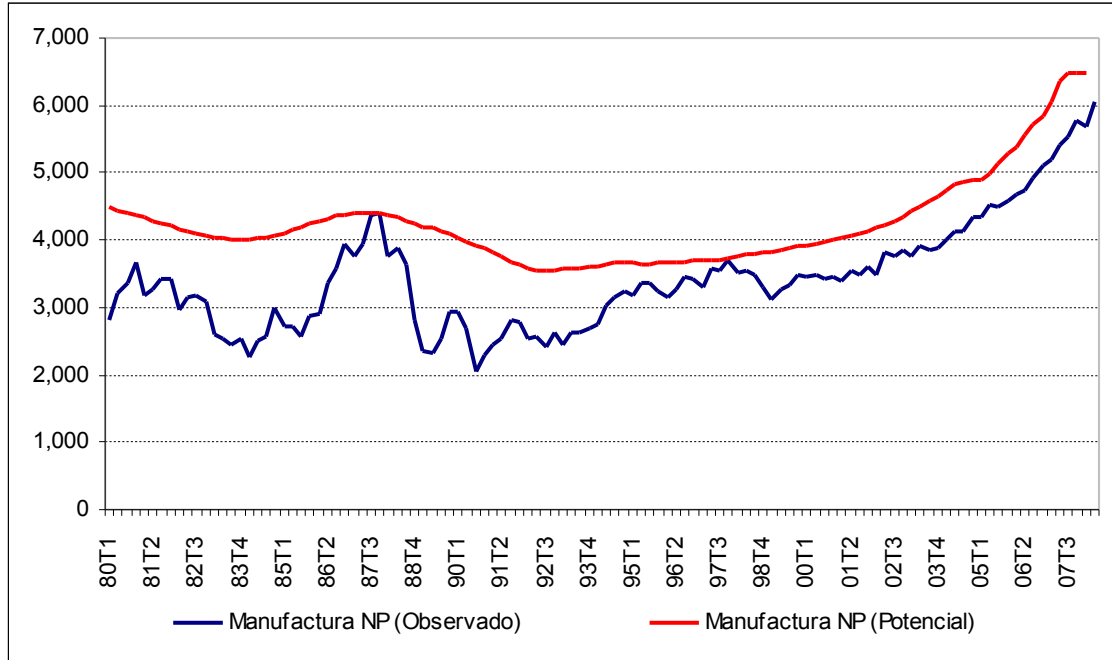
Utilización de la mediana ponderada en la Manufactura No primaria

Como en los cálculos anteriores, se emplearon las series del PBI real trimestral por sectores del Banco Central de Reserva desde el primer trimestre de 1980 hasta el segundo trimestre de 2008. En esta sección se tomó la mediana ponderada de las tasas de crecimiento de las subactividades de la manufactura no primaria para completar los últimos datos de la serie de la misma.

Se toman los mismos cálculos del PBI potencial de los otros sectores secundarios. Sin embargo, los resultados para el PBI potencial de los sectores terciarios varían por las variaciones en las tasas potenciales de la Manufactura no Primaria.

Manufactura no primaria

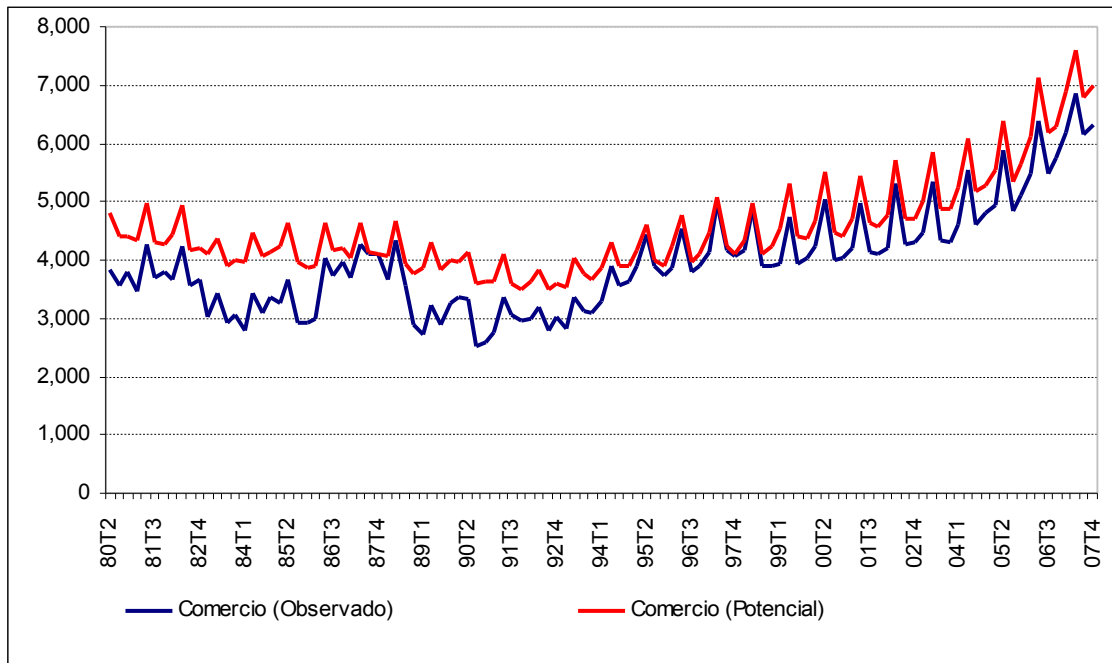
**Gráfico 23: PBI Potencial Manufactura no primaria
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Comercio

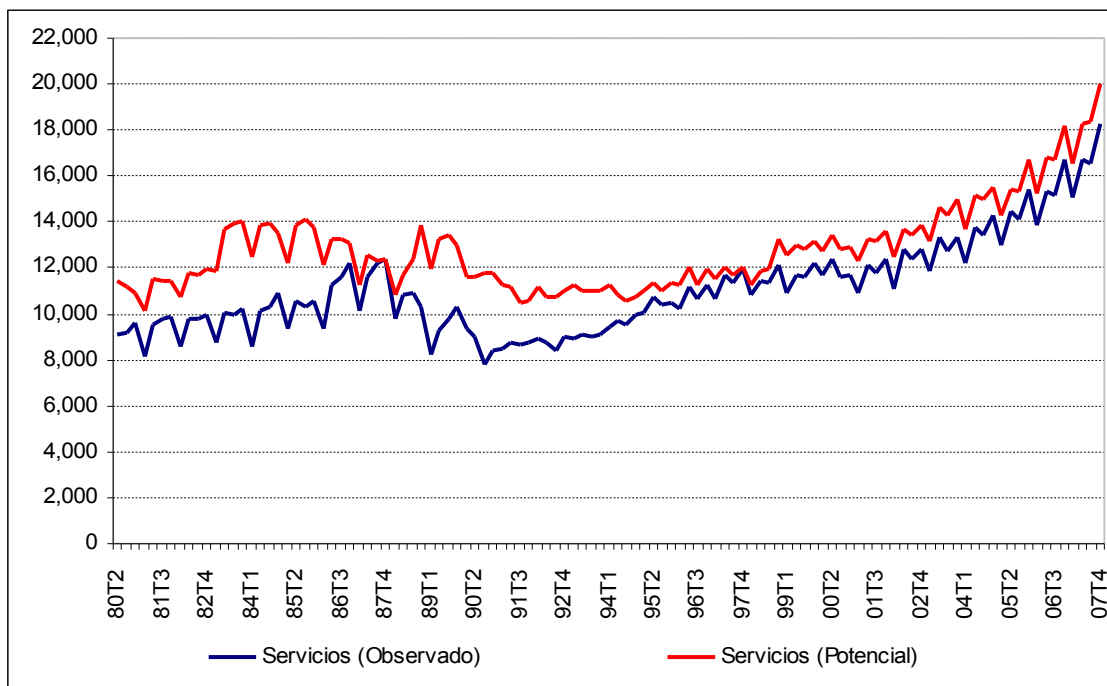
**Gráfico 24: PBI Potencial Comercio
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Servicios

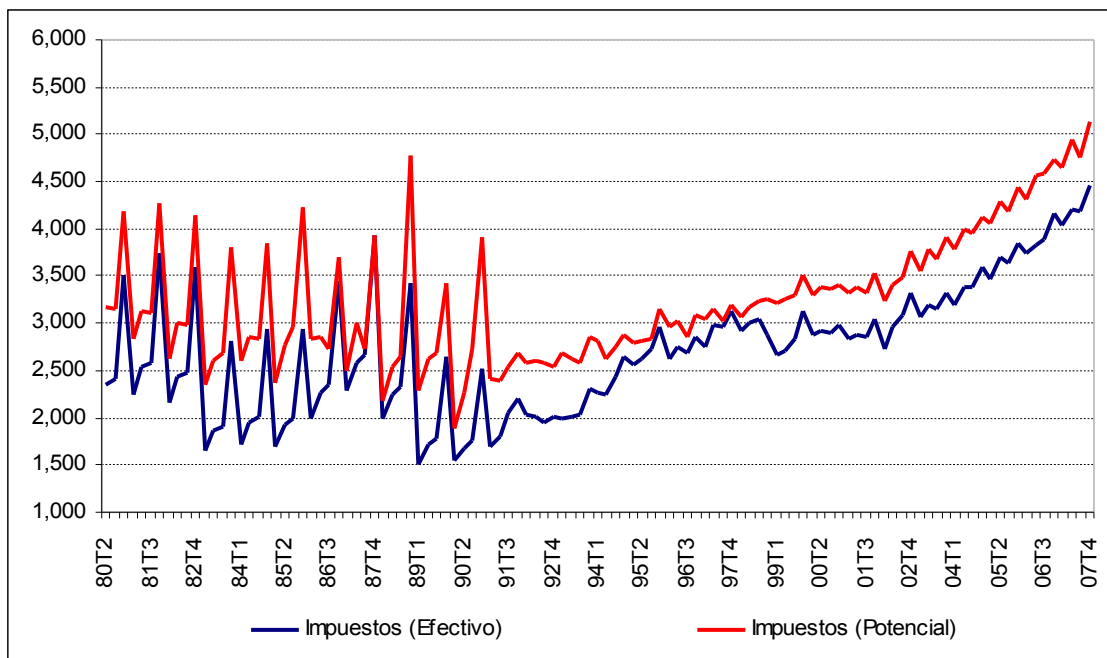
**Gráfico 25: PBI Potencial Servicios
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Impuestos y derechos de importación

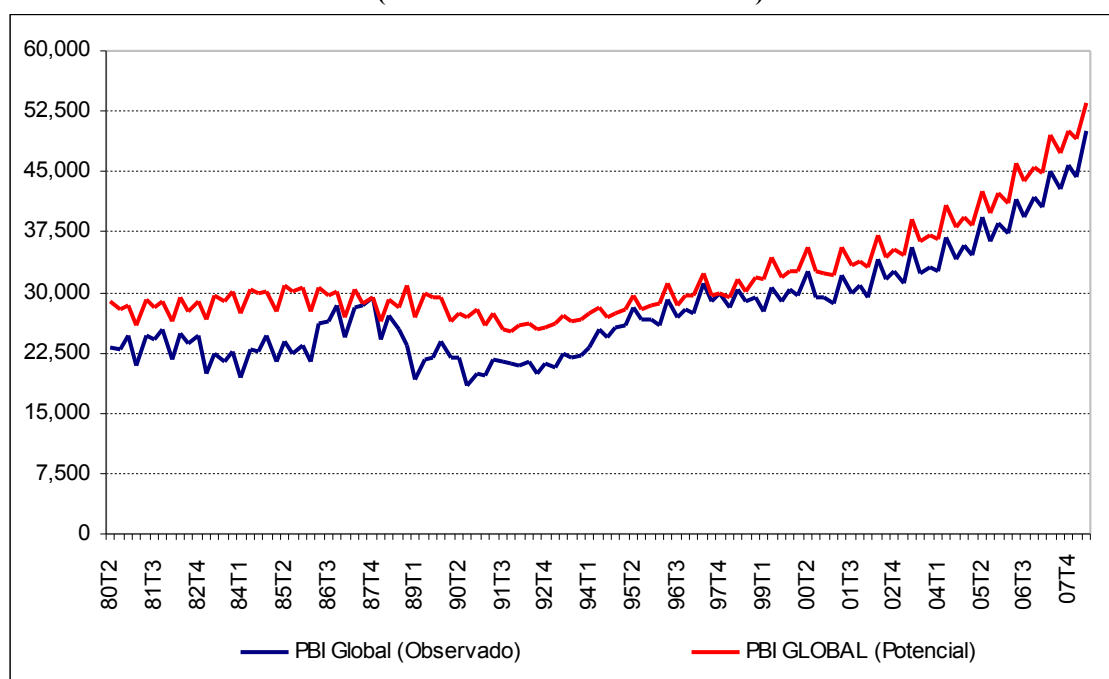
**Gráfico 26: Impuestos y derechos de importación Potenciales
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

PBI Global

**Gráfico 27: PBI Potencial Global
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

3.13 Método sectorial en la economía peruana con datos anuales: 1950-2007

Utilización del filtro Hodrick-Prescott en los sectores Secundarios

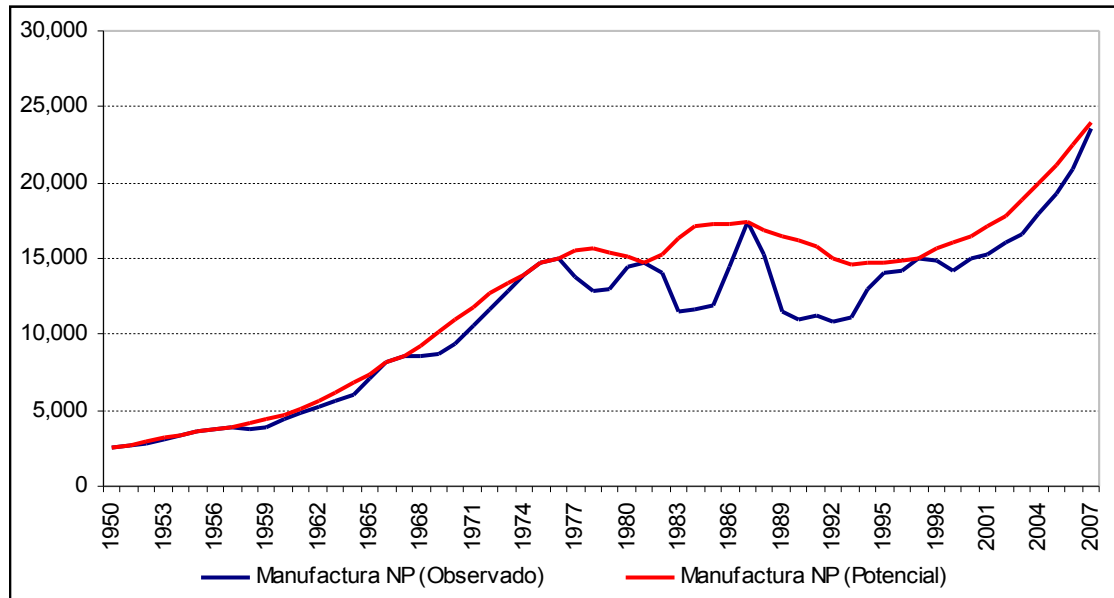
Para el cálculo del PBI potencial de la economía peruana durante el periodo 1950-2007 se emplearon las series del PBI real anuales por sectores del Banco Central.

Para el trabajo con datos anuales, se considera una media móvil media móvil a 9 trimestres (centrada en cada observación) para las series de cada sector secundario. Asimismo, para completar los segmentos final e inicial de las series que comprenden 4 observaciones, se utilizó el filtro de Hodrick-Prescott.

Manufactura no primaria

A continuación se muestra la serie de la Manufactura no primaria en miles de Nuevos soles de 1994. Los picos fueron encontrados en los años 1950, 1957, 1967, 1976, 1981, 1987 y 1997.

**Gráfico 28: PBI Potencial Manufactura no primaria
(Millones de nuevos soles de 1994)**

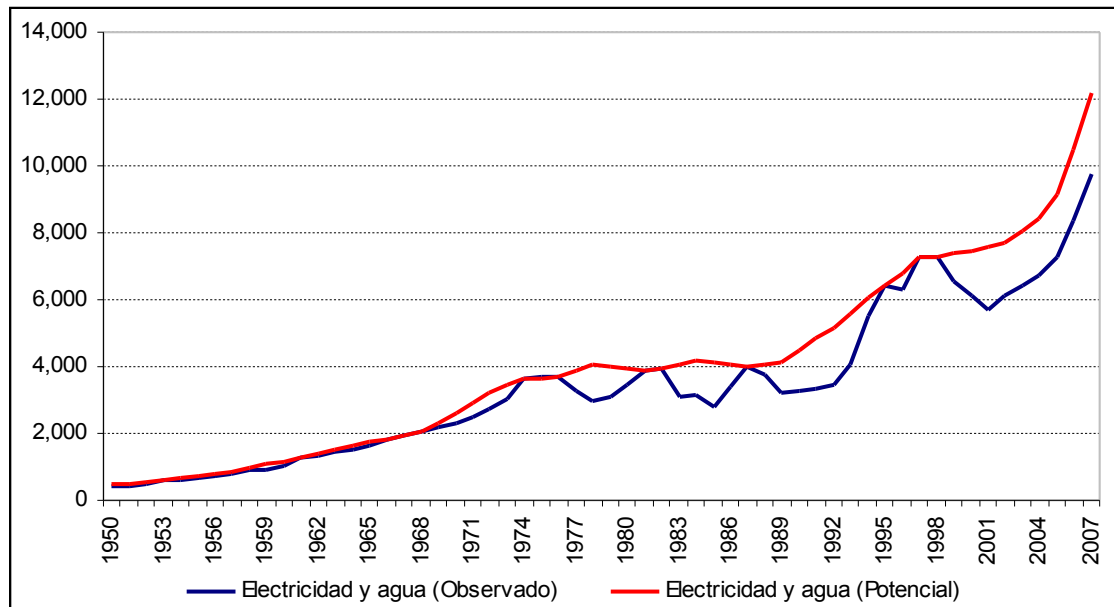


Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Electricidad y agua

Los picos del PBI de Electricidad y agua se encontraron en los años 1953, 1961, 1968, 1976, 1982, 1987, 1995 y 1998.

**Gráfico 29: PBI Potencial Electricidad y agua
(Millones de nuevos soles de 1994)**

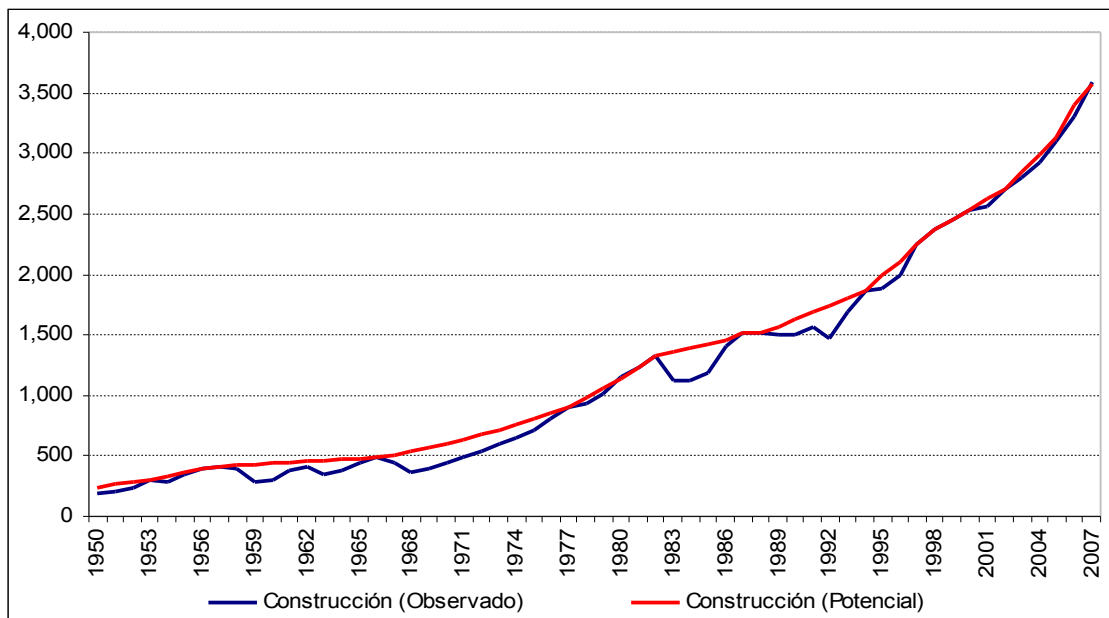


Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Construcción

Los picos del PBI de este sector Construcción se dieron en los años 1953, 1957, 1966, 1977, 1982, 1988, 1994 y 2002.

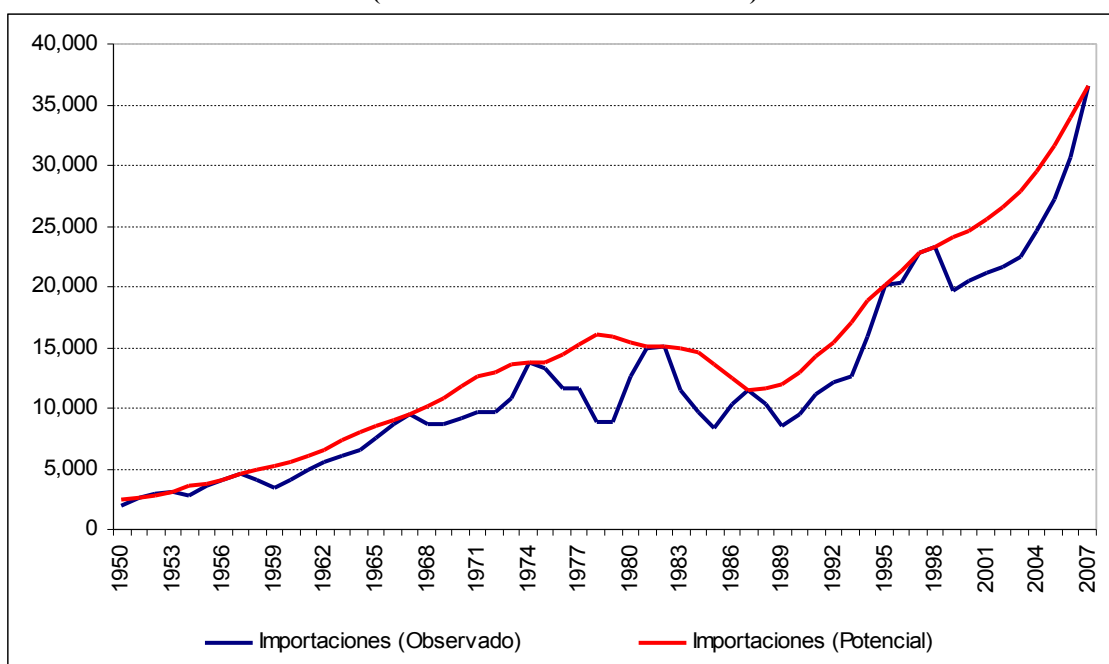
Gráfico 30: PBI Potencial Construcción
(Miles de nuevos soles de 1994)



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Importaciones

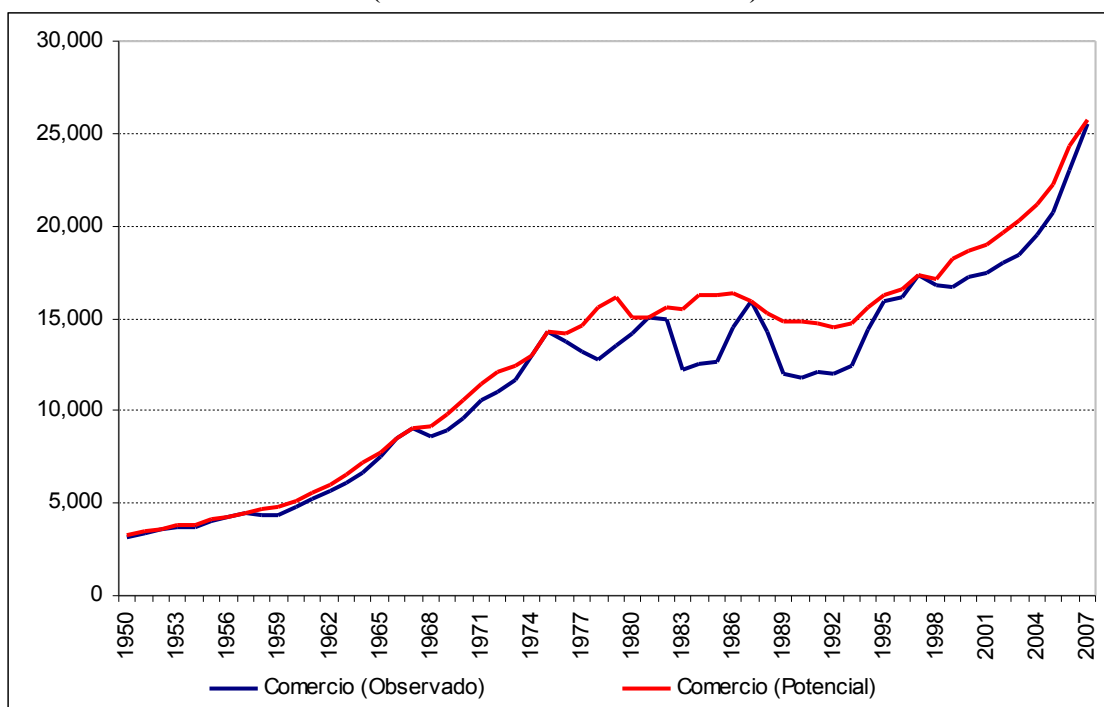
Gráfico 31: Importaciones Potenciales
(Millones de nuevos soles de 1994)



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Comercio

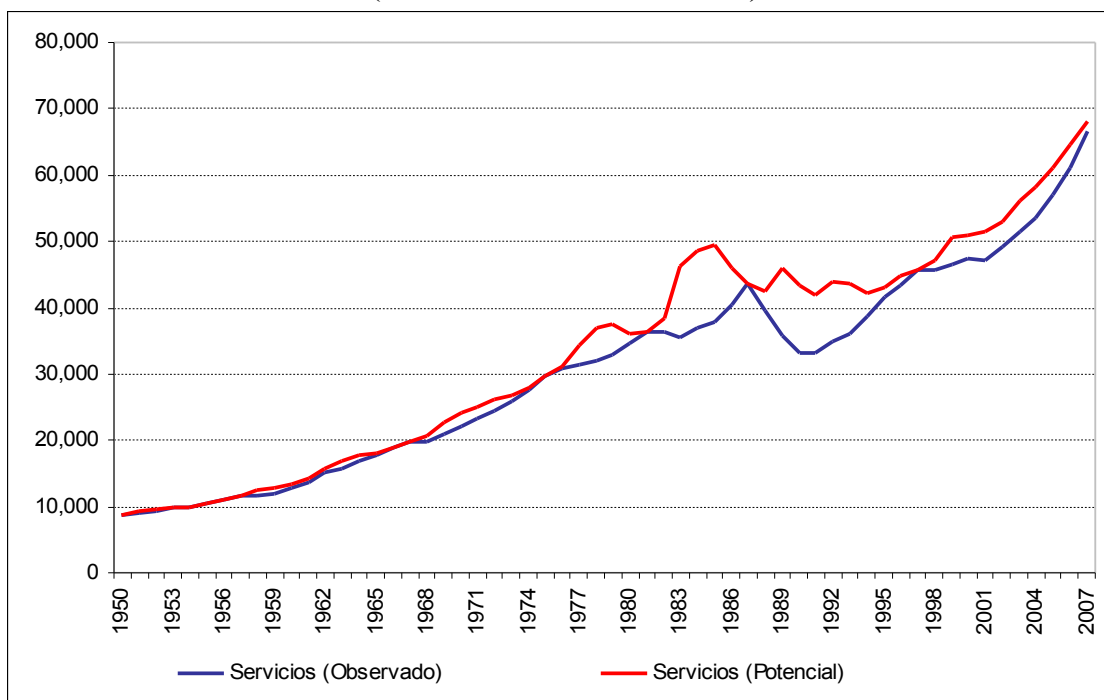
**Gráfico 32: PBI Potencial Comercio
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Servicios

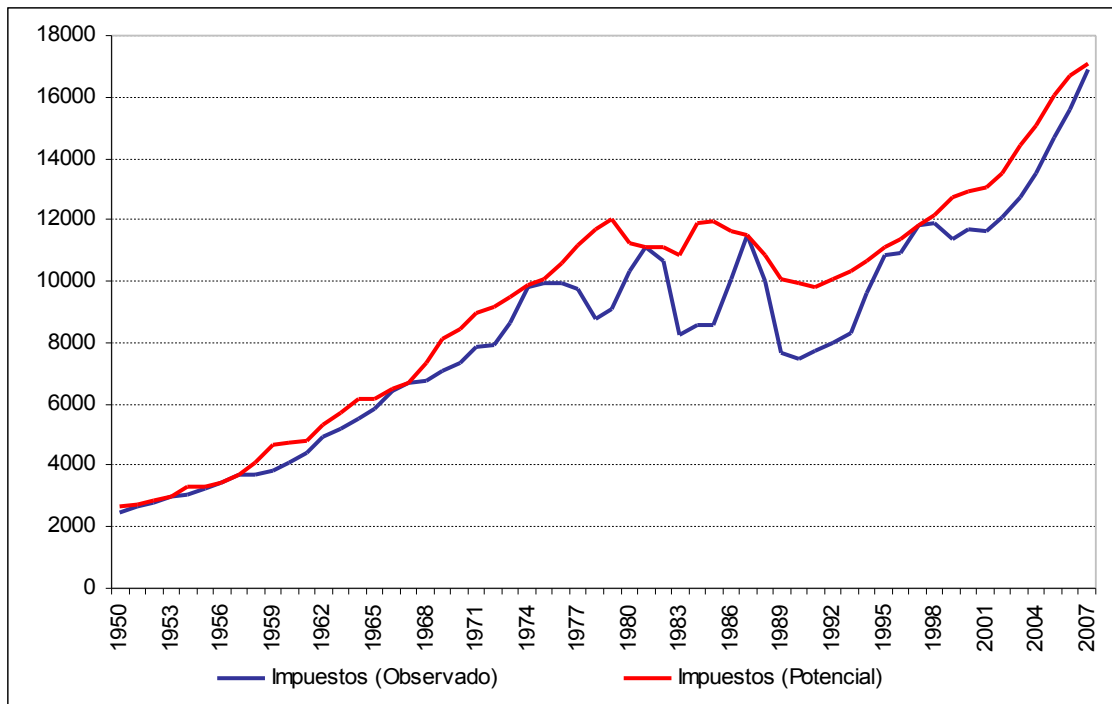
**Gráfico 33: PBI Potencial Servicios
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

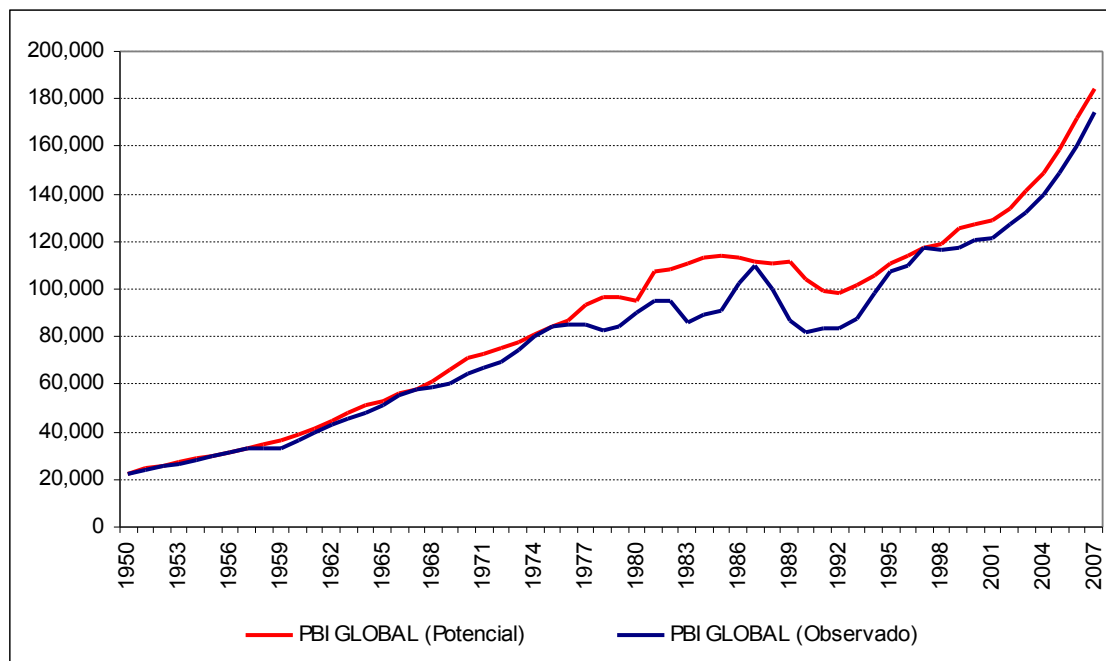
Impuestos y derechos de importación

**Gráfico 34: Impuestos y derechos de importación
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

**Gráfico 35: PBI Potencial Global
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

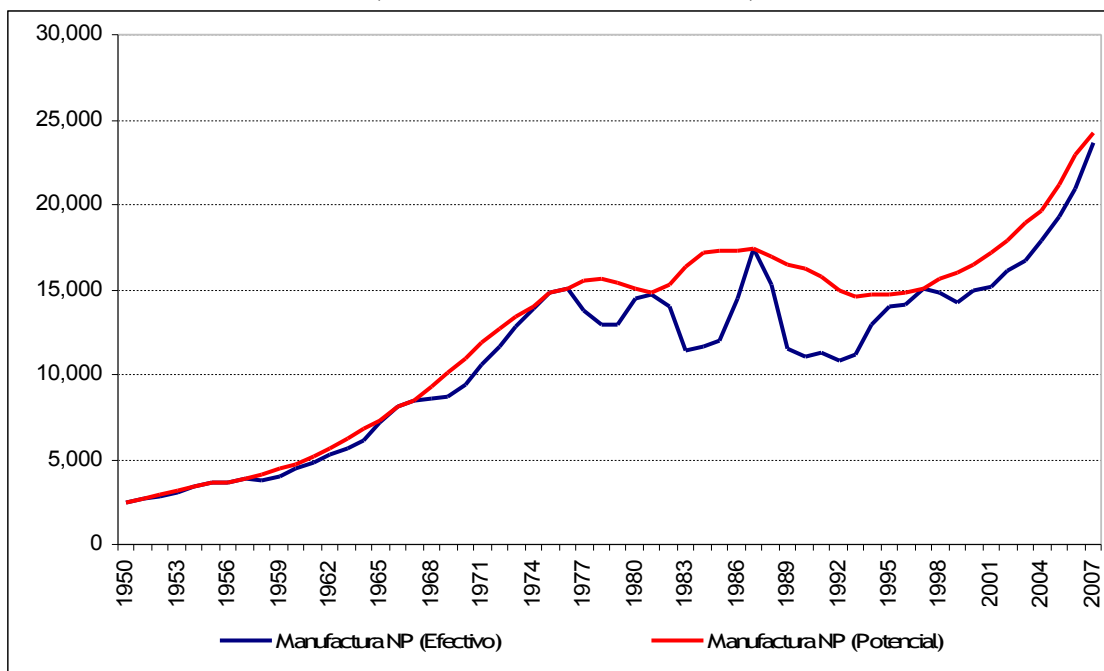
Utilización de la mediana ponderada en la Manufactura No primaria

Como en los cálculos anteriores, se emplearon las series del PBI real anuales por sectores del Banco Central de Reserva desde 1950 hasta el segundo año 2007. En esta sección se tomó la mediana ponderada de las tasas de crecimiento de las subactividades de la manufactura no primaria para completar los últimos datos de la serie de la misma.

Los mismos cálculos del PBI potencial de los otros sectores secundarios permanecen constantes. Sin embargo, los resultados para el PBI potencial de los sectores terciarios varían por las variaciones en las tasas potenciales de la Manufactura no Primaria.

Manufactura no primaria

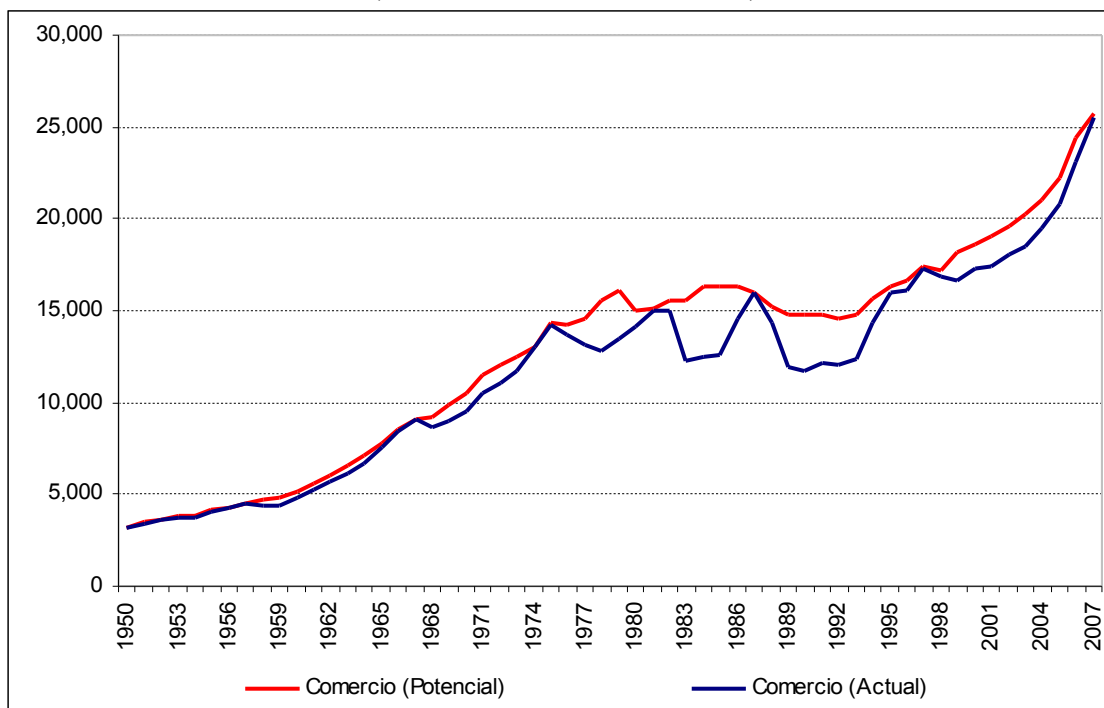
Gráfico 36: PBI Potencial Manufactura no primaria
(Millones de nuevos soles de 1994)



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Comercio

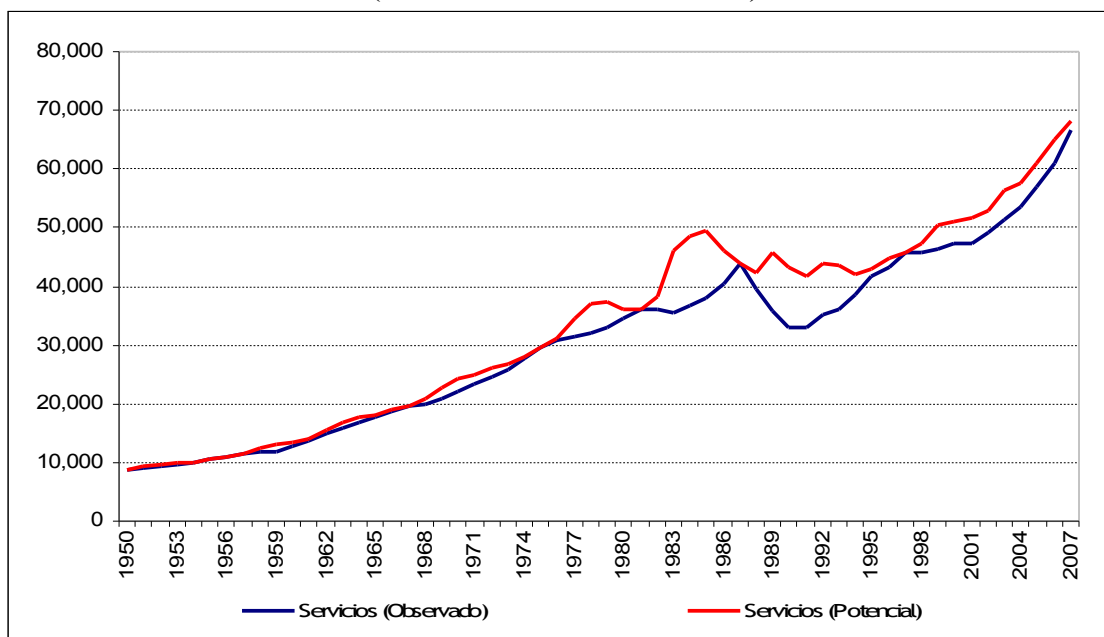
Gráfico 37: PBI Potencial Comercio
(Millones de nuevos soles de 1994)



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Servicios

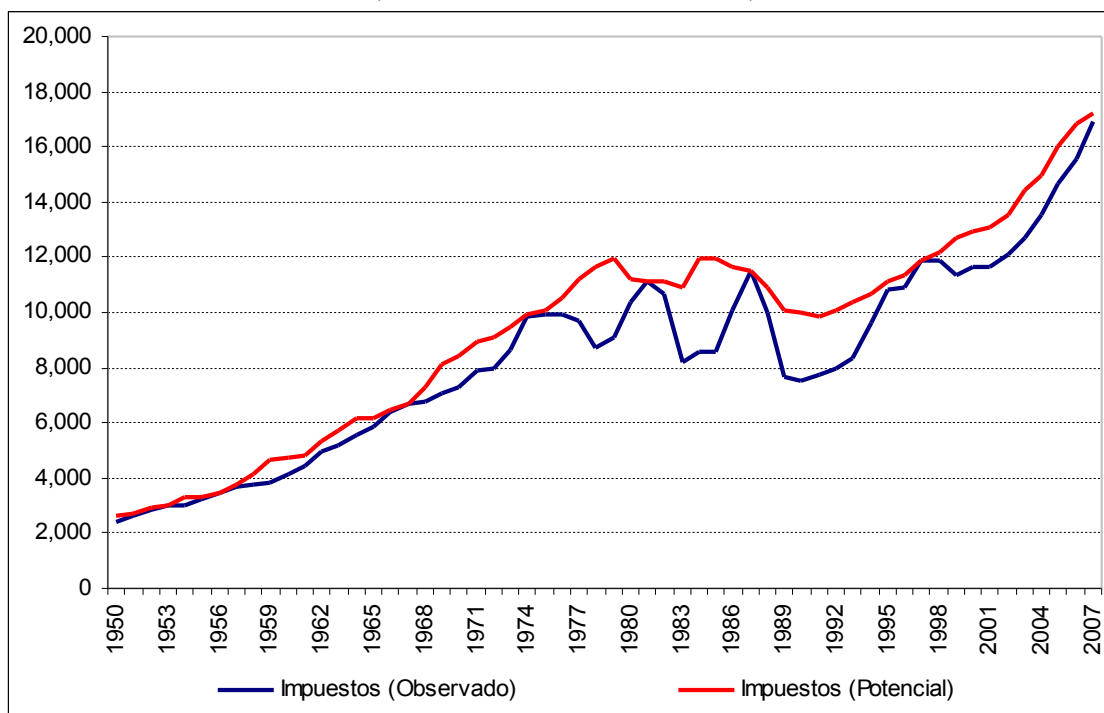
**Gráfico 38: PBI Potencial Servicios
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Impuestos y derechos de importación

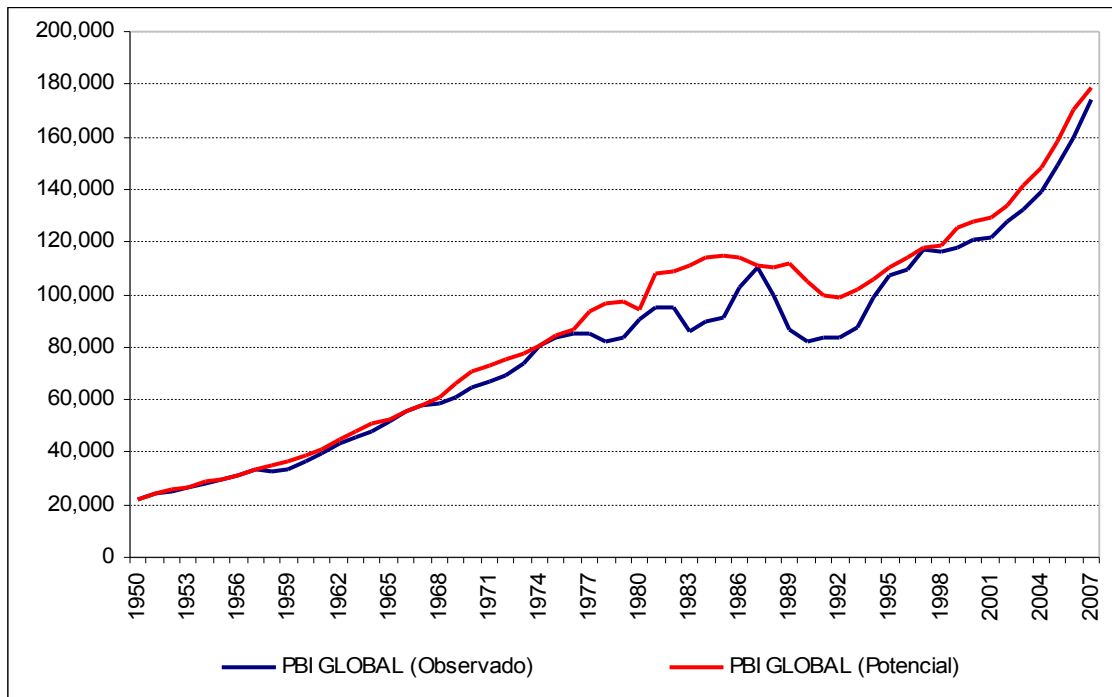
**Gráfico 39: Impuestos y derechos de importación
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores

PBI Global

**Gráfico 40: PBI Global
(Millones de nuevos soles de 1994)**



Fuente: BCRP, cálculos de los autores.

4. Resultados y comparación

En esta sección se realiza un resumen y comparación de los resultados obtenidos de los 13 estimados del PBI potencial para el caso peruano: Método de Picos (MP), la metodología de Marfán en su forma funcional original (MN) y las formas funcionales cuadrática (M2), cúbica (M3) y segmentada (MS), la metodología de Marfán en diferencias absolutas con las formas funciones original (MAN), cuadrática (MA2) cúbica (MA3) y segmentado (MAS); los filtros de Hodrick-Prescott (HP) y Baxter y King (ByK), y el método sectorial utilizando los filtros Hodrick-Prescott (ScHP) y mediana (ScMed) para los segmentos finales.

4.1 Crecimiento del producto potencial

En el período 1950 – 2007, el producto nacional experimentó un crecimiento promedio anual de 3.6%. De la misma manera, las tasas promedio estimadas de las metodologías muestran un crecimiento muy similar siendo los métodos MA2 y ScHP los que muestran mayores tasas con 4.1% y 3.7%, respectivamente. Mientras que el método MAN muestra el crecimiento más medido de 2.1% respecto al promedio de todos los métodos. Esos resultados se pueden apreciar en el Cuadro 16.

El MA2 arroja una mayor tasa explicada en cierta medida debido a que producto inicial, resultado de la solución del programa de optimización lineal, es menor al producto observado de 1950.

Para analizar los resultados por períodos se consideran tres períodos: 1950 -1973, 1974 -1989, 1990- 2007.

Para el periodo 1950 -1973, las distintas estimaciones del producto potencial arrojan tasas de crecimiento considerables, en promedio de 5.2% muy cercano al 5.6% de promedio de crecimiento del producto observado durante el periodo.

En la mayoría de métodos los años 1950 y 1973 están seleccionados como picos, en los cuales la tasa de utilización de la economía llega al 100%, lo que causa la similitud en las tasas de crecimiento del producto potencial con la tasa de crecimiento observada. Este es el caso del método de Marfán, el método de picos, y el método sectorial. En el caso del Método de Marfán en su forma funcional original el algoritmo de solución selecciona endógenamente los picos.

Los métodos que muestran resultados distintos al promedio de todos los estimados corresponden a tres de los métodos de Marfán en su forma funcional alternativa: MAN, MA2 y MA3, con 4.5%, 6.5% y 4.6%, respectivamente.

El crecimiento del producto potencial en este periodo respondió a un contexto de apertura comercial y mayor presencia de inversión extranjera directa (IED). En este periodo se utilizó adecuadamente la capacidad productiva de la economía, y se logró que esta creciera sostenidamente en este periodo. No obstante, la implementación de un modelo económico de mayor intervención estatal y una estrategia de sustitución de importaciones a partir de 1968, generó posteriormente una etapa de crecimiento marcadamente más pausado y de alta volatilidad¹².

Para el periodo 1974 -1989, las estimaciones del producto potencial arrojan tasas de crecimiento considerablemente menores, en promedio de 2.1%, superior al 0.6% del producto observado durante el periodo.

¹² Para un mayor detalle de las políticas económicas implementadas durante esta época y otros indicadores macroeconómico revisar: Thorp (1985), Seminario y Bullón (1992) y Parodi (2000).

Los métodos MP, MN, MS, MAN y MA2 muestran las mayores tasas de crecimiento con 2.6%, 3.4%, 2.4%, 3% y 2.4% respectivamente. Mientras que los métodos MAS, HP, y ByK muestran las tasas más conservadoras de 1.3%, 1.3% y 1%.

Este periodo se caracteriza por una gran inestabilidad en el crecimiento, marcado por políticas macroeconómicas de corte populista, shocks externos (como restricción de liquidez internacional) y shocks de oferta como el fenómeno de El Niño de 1983 que afectó de manera considerable la capacidad productiva de la economía.

Para el periodo 1990 -2007, se observa una recuperación de la actividad económica peruana con tasas de crecimiento promedio de 4.4%. No obstante, el promedio de las estimaciones se encuentra en 2.5%, lo que se debe en parte a las características de algunos de los métodos de estimación.

Las metodologías que muestran mayores tasas de crecimiento son HP, ByK, ScHP y ScMed con tasas de 3.4%, 3.4%, 3.3% y 3.3% respectivamente. El resto de metodologías arroja resultados de alrededor del 2%, siendo los cálculos del MN y el MA2 los más bajos con 1.5% y 0.7% respectivamente.

En el caso de estos últimos, las bajas tasas se deben estrictamente al algoritmo de solución que consiste en estimar tasas ICOR que varían con el tiempo. Los resultados en todas las metodologías de Marfán arrojan que la tasa ICOR ha decrecido en los últimos 50 años y bajo ciertas formas funcionales, esta ha comenzado a crecer nuevamente. Esto significa que el crecimiento de la inversión (único insumo en estos métodos) debería ser lo suficientemente grande como para contrarrestar el efecto negativo de la pérdida de productividad del capital en la economía. Consecuentemente, es posible hallar tasas de crecimiento bajas o incluso negativas del producto potencial conforme pasa el tiempo, como es el caso de los métodos M2 y MAN que muestran tasas de crecimiento de -1% y -4.4% para el 2007.

Por contraste, otras metodologías como ScHP, ScMed, MA3, MP y HP muestran tasas de crecimiento entre 4.5% y 7.9% par el año 2007.

El periodo 1991-2007, se ha dado en un contexto de un ajuste estructural en la economía y apertura comercial con predominancia del sector privado y el crecimiento importante de la inversión extranjera principalmente en el sector minero y petrolero. Asimismo, se observa una importante reducción de la volatilidad en las tasas de crecimiento.

La contribución sectorial al crecimiento potencial

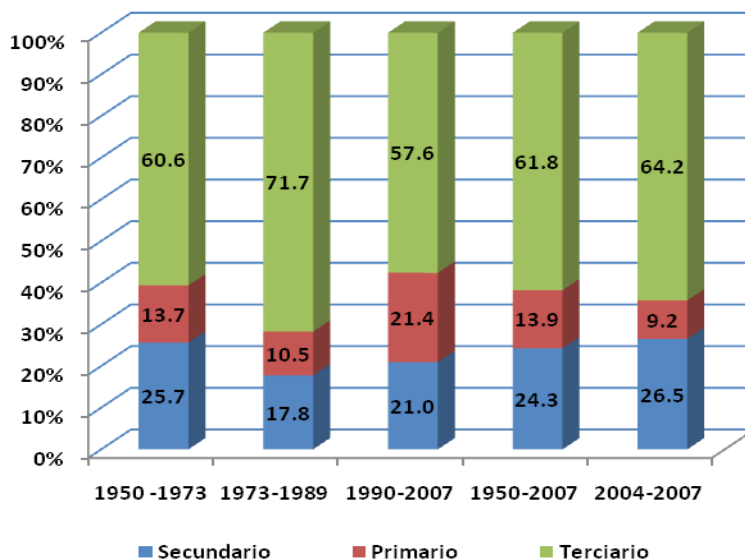
Una ventaja del método sectorial consiste en la posibilidad de observar cómo se desenvuelve la producción potencial de los principales sectores productivos.

Como se observa en el Cuadro 17, durante el periodo 1950-2007 los sectores de mayor crecimiento potencial fueron la pesca, manufactura no primaria y agua y electricidad con tasas promedio anual de 9.73%, 6.5% y 7.73%. Sin embargo, este comportamiento no ha sido uniforme a través del tiempo. Por ejemplo, tomando los tres subperíodos de análisis se observa que la pesca se ha venido desacelerando. Mientras que en le caso de la electricidad y agua ha sufrido una notable recuperación para el periodo 1990-2007, después de crecer sólo 0.6% promedio durante el periodo 1974-1989.

Por otra parte se observa que en ciertos períodos la construcción se comporta en forma inversa a lo que ocurre en el resto de sectores. Por ejemplo, en el periodo 1974-1989 cuando todos los sectores muestran una tasa de crecimiento menor, la construcción crece sobre su promedio.

Tomando en cuenta la participación de los sectores productivos y agrupándolos en primario (agropecuaria, pesca, minería y petróleo), secundario (manufactura no primaria, construcción y electricidad y agua) y terciario (comercio y servicios), se observa que en período 1990-2007 ha aumentado la contribución del sector secundario y primario al crecimiento potencial. Incluso el sector primario aportó al crecimiento más que el sector secundario. No obstante, en los últimos 4 años, el sector secundario ha sido el que ha contribuido en mayor proporción mientras que la contribución del sector primario cae. Ver Gráfico 41.

Gráfico 41: Contribución sectorial al crecimiento potencial



Cálculos de los autores.

Cuadro 16: Crecimiento del producto potencial por método de estimación

Período	PBI	Método de Picos	Marfán Original				Marfán Alternativo				HP	B&K	Método Sectorial (HP)	Método Sectorial (Med)	Promedio
			Normal	Cuadrático	Cúbico	Segmentado	Normal	Cuadrático	Cúbico	Segmentado					
1950 -1973	5.3	5.1	5.3	5.5	5.0	5.2	4.5	6.5	4.6	5.3	5.3	5.2	5.4	5.4	5.3
1974-1990	0.6	2.6	3.4	2.2	2.2	2.4	3.0	2.4	2.1	1.3	1.3	1.0	1.7	1.7	2.0
1991-2007	4.4	2.6	1.5	2.6	2.6	2.5	0.7	2.7	3.3	3.0	3.4	3.4	3.3	3.3	2.8
1950-2007	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.6	2.9	4.1	3.5	3.4	3.5	3.3	3.7	3.7	3.5
2007	8.6	6.2	2.2	-1.0	1.3	3.5	-4.4	4.9	7.9	3.9	4.3	-	7.0	7.1	

Cálculos de los autores.

Cuadro 17: Tasas de crecimiento potencial por sector productivo

Período	Agropecuaria	Pesca	Minería e hidrocarburos	Manufactura Primaria	Manufactura no primaria	Electricidad y agua	Construcción	Comercio	Servicios	Imp. a los prod. y der. de imp.
1950 -1973	3.23	10.14	5.68	5.37	7.24	8.70	4.63	5.79	4.79	5.40
1973-1989	1.48	7.59	1.71	1.70	1.80	0.66	5.32	1.23	3.55	2.46
1990-2007	3.65	3.03	5.32	2.90	1.74	5.93	4.48	3.15	2.10	2.76
1950-2007	2.49	9.73	4.71	5.70	6.50	7.73	4.21	5.51	4.71	5.06
2007	2.28	8.15	5.29	5.20	6.30	7.46	4.06	5.50	5.08	5.16

Cálculos de los autores.

Cuadro 18: Contribución sectorial al crecimiento del producto potencial

Período	Primario	Secundario	Servicios e Impuestos	Total
1950 -1973	0.74	1.38	3.27	5.39
1973-1990	0.21	0.38	1.66	2.26
1991-2007	0.63	0.61	1.58	2.81
1950-2007	0.52	0.90	2.30	3.71
2004-2007	0.65	1.88	4.55	7.09

Cálculos de los autores.

Cuadro 19: Matriz de correlaciones entre tasas de crecimiento del producto potencial

	PBI	Método de Picos	Marfán Original				Marfán Alternativo				HP	B&K	Método Sectorial (HP)	Método Sectorial (Med)
			Normal	Cuadrático	Cúbico	Segmentado	Normal	Cuadrático	Cúbico	Segmentado				
PBI	100.0	29.2	8.1	13.6	18.9	20.8	0.6	17.8	23.4	30.5	48.4	78.0	37.5	39.3
Método de Picos		100.0	62.1	58.9	70.3	65.8	49.0	63.2	72.7	57.8	69.3	45.3	58.4	58.2
Marfán Original	Normal		100.0	80.3	70.9	87.2	93.2	81.3	59.8	67.6	52.3	29.1	41.4	40.9
	Cuadrático			100.0	60.0	74.1	74.6	96.8	49.7	68.7	59.2	32.4	40.1	39.7
	Cúbico				100.0	79.2	69.0	53.9	92.1	70.8	74.5	50.0	57.3	56.8
	Segmentado					100.0	78.1	75.2	72.4	93.7	74.4	48.6	49.2	48.7
Marfán Alternativo	Normal						100.0	67.4	45.4	57.3	42.3	32.1	32.1	31.5
	Cuadrático							100.0	51.1	69.7	60.7	33.2	42.5	42.2
	Cúbico								100.0	67.7	73.9	49.8	60.7	60.3
	Segmentado									100.0	82.5	56.9	47.9	47.5
HP										100.0	73.8	65.2	65.1	
B&K											100.0	56.7	58.0	
Método Sectorial (HP)												100.0	99.9	
Método Sectorial (Med)													100.0	

Cálculos de los autores.

4.2 Correlaciones de tasas de crecimiento

En el cuadro 19, se muestra una matriz de 14 elementos a correlacionar, lo que da un total de 105 correlaciones a analizar. De manera general, todas las correlaciones son positivas, siendo 56 de ellas superiores al 50% lo que muestra un comportamiento similar en las tasas de crecimiento.

Los métodos que muestran mayores correlaciones en sus tasas de crecimiento son los relacionados al método de Marfán: MN y el MAN muestran correlación de 93.6; M2 y MA2, 96.8; M3 y MA3, 92.1; y, MS y MAS, 93,7.

Luego, el método de HP muestra correlaciones elevadas con respecto a los métodos M3, MS y MAS de 74.5, 74.4 y 82.5 respectivamente. Asimismo, los métodos sectoriales se encuentran muy bien correlaciones con los métodos de MA3, MAS y los filtros (HP y ByK).

Con relación a las correlaciones del PBI observado con el PBI potencial estimado por las distintas metodologías se observa que las metodologías de Marfán presentan menores correlaciones, mientras que los filtros de HP y ByK muestran altas correlaciones. La baja correlación con los métodos de Marfán responderían a que estas metodologías no corresponden a filtros de la serie del producto.

4.3 Los ciclos económicos

Solo las metodologías de Marfán en su forma funcional alternativa (MAN, MA2, MA3, MAS) y los filtros (HP y ByK) son las que estiman la brecha de producción. Esto no ocurre con el resto de metodologías que estiman la capacidad máxima de producción y con las cuales sólo se obtienen brechas positivas.

En el cuadro 20, se muestran las correlaciones entre las brechas de producción estimadas y, en general, todas las metodologías presentan coeficientes de correlación mayores a 50%.

Los resultados de HP y ByK muestran la más alta correlación, mientras que los métodos de MA3 y MAS muestran elevadas correlaciones respecto a HP de 80.1 y 88.2 respectivamente. Mientras que ByK y MAS muestran una correlación de 83.1.

De otro lado, el método MAN muestra las más bajas correlaciones con respecto al resto debido a que los resultados estimados del producto potencial y la brecha por MAN son muy distintos a otros estimados.

Cuadro 20: Matriz de correlaciones entre brechas del producto

	MAN	MA2	MA3	MAS	HP	B&K
MAN	100.0	50.5	64.0	56.9	50.0	52.5
MA2		100.0	51.0	61.7	55.7	65.3
MA3			100.0	62.9	80.1	77.7
MAS				100.0	88.2	83.1
HP					100.0	93.3
B&K						100.0

Cálculos de los autores.

El valor de las correlaciones se puede corroborar en el Gráfico 41, en donde se observa que las brechas de producción se desenvuelven de manera similar. Asimismo, se aprecia la discordancia de MAN respecto al resto de estimaciones. Ello tiene que ver con la construcción del algoritmo de programación lineal y la estimación de la tasa ICOR ya señalados

anteriormente. En ese sentido, esta alternativa de aplicación no resultaría recomendable para el caso peruano dado que sus resultados discrepan mucho del resto de estimaciones.

También, como se observa en el Cuadro 21, las metodologías MA2, MA3, MAS, HP y ByK muestran que los años en que se producen los picos y valles coinciden en la mayoría de casos.

De la misma manera, se dedujo que la duración de los ciclos económicos abarca períodos desde los 4 años hasta los 10 años dependiendo del método. En promedio los métodos MA2, MA3, MAS y HP identifican 5 ciclos de 8.4 años aproximadamente cada uno, mientras que ByK identifica hasta 6 ciclos con 7 años de duración promedio.

Cuadro 21: Picos y valles según método

	MAN	MA2	MA3	MAS	HP	ByK
Pico	1951	-	1955	1951	1951	1957
Valle	1959	1959	1959	1959	1959	1959
Pico	1974	1966	1966	1966	1966	1962
Valle	1978	1968	1968	1968	1969	1964
Pico	1980	1974	1974	1975	1974	1966
Valle	1983	1978	1978	1978	1978	1968
Pico	1987	1980	1980	1981	1981	1975
Valle	1990	1983	1983	1983	1983	1978
Pico	1997	1987	1987	1987	1987	1981
Valle	1999	1990	1990	1992	1991	1984
Pico	-	1997	1997	1997	1997	1987
Valle	-	2000	2001	2001	2001	1989
Pico	-	-	-	-	-	1995
Valle	-	-	-	-	-	2001
N° Ciclos	4	5	5	5	5	6
Promedio de duración en años	10.0	8.2	8.4	8.4	8.4	7.0

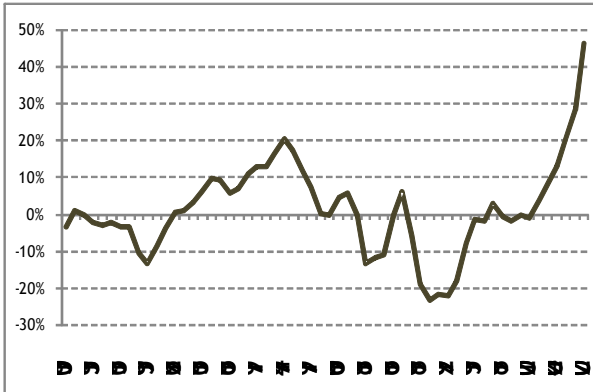
Cálculos de los autores.

No obstante, la coincidencia de picos y valles, la volatilidad del ciclo económico resulta mayor en las metodologías de Marfán respecto a los métodos HP y ByK.

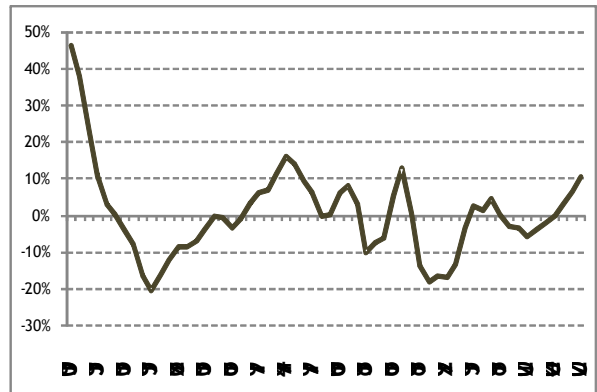
Por último, cabe resaltar que el método MAN identifica el inicio de un nuevo ciclo expansivo a partir del 2002, MA2 a partir del 2004, y MA3 a partir del 2005, y HP a partir del 2004. Esto tiene sentido en la medida que se han observado tasas de crecimiento importantes a partir del año 2003 en la economía peruana.

Gráfico 42: Brechas del producto por tipo de estimación

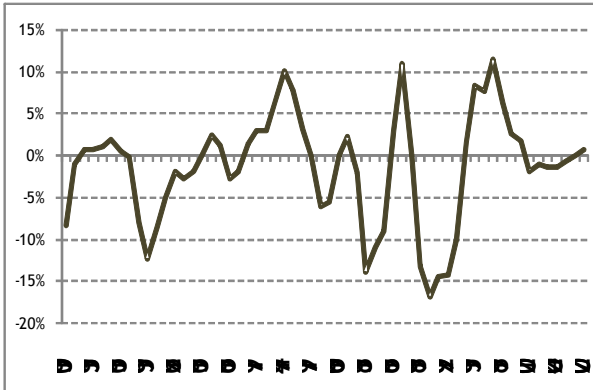
Marfán Original



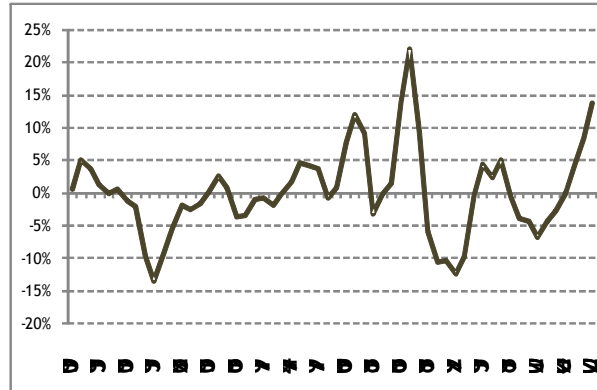
Marfán Cuadrático



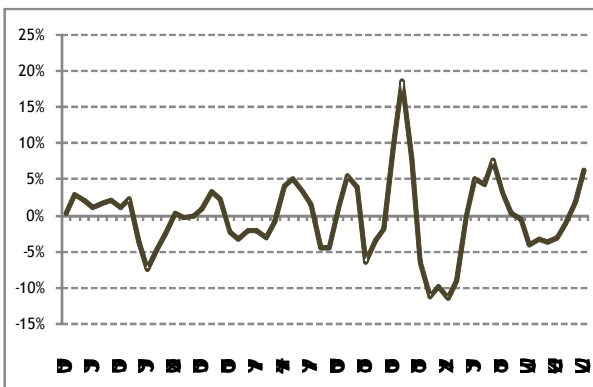
Marfán Cúbico



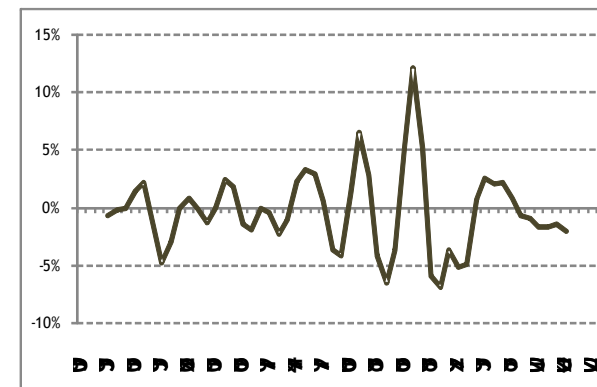
Marfán Segmentado



Hodrick-Prescott



Baxter y King



Cálculos de los autores.

4.4 Las tasas de utilización de la capacidad productiva

Dentro del grupo de las metodologías que estiman la capacidad máxima de producción, se han estimado las correlaciones entre las tasas de utilización de la capacidad instalada. Dentro del grupo se ubican los métodos de Marfán en su forma funcional original (MN, M2, M3 y MS), el método de picos referenciales (MP) y el método sectorial en sus dos variantes utilizando Hodrick-Prescott (ScHP) y mediana (ScMed).

Las correlaciones entre las tasas de utilización resultan ser bastante altas. Como se muestran en el Cuadro 22, casi todas son mayores al 50%, lo que muestra evidencias sobre un comportamiento similar entre los métodos tal como se puede observar en el gráfico 42.

Los métodos sectoriales muestran elevada correlación con MA3 de 89.32 y 89.04 respectivamente. Asimismo, MAN correlaciona muy bien con MA3 y MAS. De otro lado, las tasas de correlación más bajas las muestran MA2 y con MA3 y los métodos sectoriales (ScHP y ScMed).

Cuadro 22: Matriz de correlaciones entre tasas de utilización

	MP	MAN	MA2	MA3	MAS	Sc HP	Sc Med
MP	100.00	84.98	51.00	84.83	86.82	76.24	76.16
MAN		100.00	44.46	77.19	93.25	67.81	67.98
MA2			100.00	46.96	51.27	26.17	25.67
MA3				100.00	75.24	89.32	89.04
MAS					100.00	61.66	61.57
Sc HP						100.00	99.99
Sc Med							100.00

Cálculos de los autores.

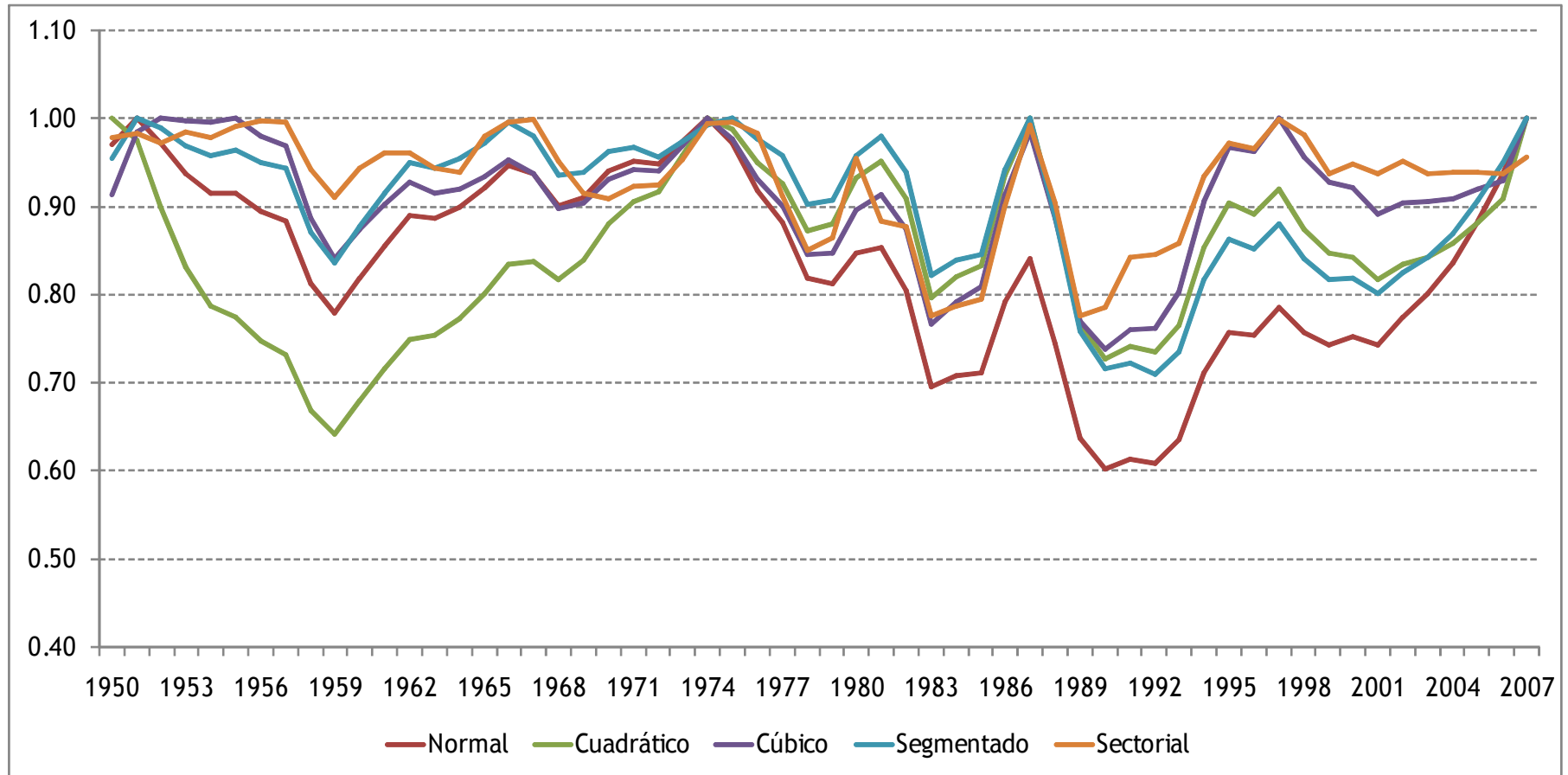
De otro lado, en el Cuadro 23 también se pueden observar los años picos y valles de acuerdo a cada estimación. Los resultados de picos y valles coinciden con los picos y valles registrados para los métodos que miden la brecha de producción, en la sección anterior.

Cuadro 23: Picos y valles según método.

	MN	M2	M3	MS	SecHP
Pico	1951	1950	1950	1951	1951
Valle	1959	1959	1959	1959	1954
Pico	1966	1966	1962	1966	1957
Valle	1968	1968	1963	1968	1959
Pico	1974	1975	1966	1975	1962
Valle	1979	1978	1968	1978	1964
Pico	1981	1981	1975	1981	1967
Valle	1983	1983	1978	1983	1970
Pico	1987	1987	1981	1987	1974
Valle	1990	1990	1983	1990	1978
Pico	1997	1997	1987	1997	1980
Valle	2001	2001	1990	2001	1983
Pico	2007	2007	1997	2007	1987
Valle	-	-	2001	-	1990
Pico	-	-	2007	-	1999

Cálculos de los autores.

Gráfico 43: Tasas de utilización de la capacidad productiva según método



Cálculos de los autores.

5. Bibliografía

- Arango, L. E., Arias, F. y Flórez, L. A. (2007). Cronología de los ciclos de crecimiento recientes en Colombia. Borradores de Economía del Banco de la República No. 464.
- Baxter, M. y King, R. (1995). Measuring Business Cycles: Approximate Band-Pass Filters for the Economic Time Series. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 81, No. 4, pp. 573-593.
- Benk, S., Jakab, Z. y Vadas, G. (2005). Potential Output Estimations for Hungary: A Survey of Different Approaches. Magyar Nemzeti Bank, Occasional Papers No. 43.
- Berg, S. A. (1984). Estimation of Production Capacities in a Putty-Clay Production Model: Norwegian Manufacturing Industries, 1962-81. *The Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 86, No. 3, pp. 379-384.
- Brunet, O. (2000). Calculation of Composite Leading Indicators: A Comparison of Two Different Methods. 25th CIRET Conference, Paris October 2000.
- Cabredo y Valdivia (1999). Estimación del PBI potencial: Perú 1950-1997. *Estudios Económicos*, Banco Central de Reserva del Perú.
- Chagny, O. y Döpke, J. (2001). Measures of the Output Gap in the Euro-Zone: An Empirical Assessment of Selected Methods. Kiel Working Paper No. 1053.
- Chagny, O. y Lemoine, M. (2004). An estimation of the euro area potential output with a semi-structural multivariate Hodrick-Prescott filter. Document de travail OFCE No. 2004-14.
- Coremberg, A. A. (2004). Capital Stock in Argentina 1990-2003: Sources, methods and series. Dirección Nacional de Cuentas Nacionales (Argentina).
- Dean, G. y Irwin, J. O. (1964). The Stock of Fixed Capital in the United Kingdom in 1961. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 127, No. 3., pp. 327-358.
- Ericsson, N. R., Hendry, D. F. y Prestwich, K. M. (1998). Friedman and Schwartz (1982) revisited: Assessing annual and phase-average models of money demand in the United Kingdom. *Empirical Economics*, Vol. 23, No. 3.
- Erumban, A. A. (2006). Lifetimes of Machinery and Equipment. Evidence from Dutch Manufacturing. Groningen Growth and Development Centre, Research Memorandum GD-87.
- Escaith, H. (2006). Can Latin America Fly? Revising its engines of growth. *Estudios Económicos y Prospectivos CEPAL* No. 45.
- Feenstra, R. C., Heston, A., Timmer, M. P. y Deng, H. (2007). Estimating Real Production and Expenditures Across Nations: A Proposal for Improving the Penn World Tables. Groningen Growth and Development Centre, Research Memorandum GD-95.
- Gallardo, M. y Pedersen, M. (2006). Indicadores Líderes Compuestos - Resumen de metodologías de referencia para construir un indicador regional en América Latina. *Estudios Estadísticos y Prospectivos CEPAL* No. 49.
- Goldsmith, R. (1962) "The national Wealth of the United States in the Post war Period". National Bureau of Economic Research.
- Gray, A. y Thomson, P. (1997). Design of Moving-Average Trend Filters using Fidelity, Smoothness and Minimum Revisions Criteria. Bureau of the Census Statistical Research Report Series No. RR96/01.
- Groote, P., Albers, R. y De Jong, H. (1996). A Standardised Time Series of the Stock of Fixed Capital in The Netherlands, 1900-1995. Groningen Growth and Development Centre, Research Memorandum GD-25.
- Guay, A. y St-Amant, P. (1997). Do the Hodrick-Prescott and Baxter-King Filters Provide a Good Approximation of Business Cycles? Center for Research on Economic Fluctuations and Employment (CREFE) Working Paper No. 53.
- Hassad, M. y Gatfaoui, J. (2007). Analyse des cycles réels et du crédit en Tunisie, au Maroc et dans la zone euro, convergence ou divergente (Versión preliminar).

- <http://www.gate.cnrs.fr/uNECA07/communications%20pdf/Hassad-Gatfaoui-Rabat-07.pdf>
- Hodrick, R. y Prescott, E. (1981). Post-War U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation. Northwestern University Center for Mathematical Studies in Economics and Management Science Discussion Paper No. 451.
 - Kamps, C. (2004). New Estimates of Government Net Capital Stocks for 22 OECD Countries 1960-2001. IMF Working Paper WP/04/67.
 - Maddison, A. (1987). Growth and Slowdown in Advanced Capitalist Economies: Techniques of Quantitative Assessment. *Journal of Economic Literature*, Vol. 25, No. 2, pp. 649-698.
 - Marfán M. y Artiagoitia, P. (1989). Estimación del PGB potencial: Chile 1960-1988. Colección de Estudios Cieplan, Diciembre 1989.
 - Maurer, M., Uribe, M. C. y Birchenall, J. A. (1996). Un sistema de indicadores líderes para Colombia. *Archivos de Macroeconomía*, Documento No. 49.
 - Menezes, Z., McLaren C.H., von Sanden, N., Zhang, X. and Black M. (2006) Timely detection of turning points: Should I use the seasonally adjusted or trend estimates? Presentado en Proceedings of the conference on Seasonality, Seasonal Adjustment and their implications for Short-Term Analysis and Forecasting. Mayo 2006, Luxemburgo. http://www.uow.edu.au/~craigmc/abs_tp_2006.pdf
 - Miller, S. (2003). Métodos alternativos para la estimación del PBI potencial: Una Aplicación para el caso de Perú. *Estudios Económicos BCRP* No. 10.
 - Nilsson, R. y Brunet, O. (2006). Composite Leading Indicators for Major OECD Non-Member Economies: Brazil, China, India, Indonesia, Russian Federation, South Africa. *OECD Statistics Working Papers* No. 2006/1.
 - Ochoa, E. y Lladó, J. (2003). Modelos de indicadores líderes de actividad económica para el Perú. *Estudios Económicos BCRP*, No. 10.
 - OECD. (1992). Methods Used by OECD Countries to Measure Stocks of Fixed Capital. *OECD, National Accounts: Sources and Methods* No. 2.
 - Okun, Arthur M. (1962). Potential GNP: Its Measurement and Significance. Cowles Foundation, Yale University.
 - Phillips, A.W. The Relation between Unemployment and the Rate of Change of Money Wage Rates in the United Kingdom, 1861-1957. *Economica*, New Series, Vol. 25, No. 100. (Nov., 1958), pp. 283-299.
 - Romer, Paul (2001). *Advanced Macroeconomics*. University of California, Berkeley.
 - Samuelson, P. A. y Solow, R. M. (1960). Analytical Aspects of Anti-Inflation Policy. *American Economic Review*, mayo, pp. 177-194.
 - Seminario, B. y Beltrán, A. (1998). Crecimiento económico en el Perú: 1896-1995, Nuevas evidencias estadísticas. Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, Documento de Trabajo No. 32.
 - Smits, J. P., Horlings, E. y van Zanden, J. L. (2000). Dutch GNP and its components, 1800-1913. Groningen Growth and Development Centre, Monograph Series No. 5.
 - Souza, M. y Feu, A. Capital Stock in Latin America: 1950-2000. *Economy and Energy* No. 50.
 - Stiglitz, Joseph (1997). Reflections on the Natural Rate Hypothesis. *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 11, No. 1. (Winter, 1997), pp. 3-10.
 - Stock, J. y Watson M. (1989). New Indexes of Coincident and Leading Economic Indicators. *NBER Macroeconomics Annual*, Vol. 4. MIT Press.
 - Timmer, M. P. y de Vries, G. J. (2007). A Cross-country Database For Sectoral Employment And Productivity In Asia and Latin America, 1950-2005. Groningen Growth and Development Centre, Research Memorandum GD-98.
 - Verbiest, P. y van de Ven, P. (1997). Measurement of Capital Stock and Consumption of Fixed Capital in the Netherlands. *Statistics Netherlands STD/NA(97)12*.

- Zarnowitz, V. y Ozyildirim, A. (2001). Time Series Decomposition and Measurement of Business Cycles, Trends and Growth Cycles. The Conference Board Economics Program Working Paper Series #01 - 03.

Anexo 1: El Stock de Capital en el Perú: 1950-2007

Consideraciones preliminares

En esta sección se construyen estimados del stock de capital del Perú para el período comprendido entre los años de 1950 a 2007, desagregados por tipo de bien –maquinaria y equipo y nuevas construcciones – y distintos índices agregados. Aunque esta serie es indispensable para comprender las posibilidades de crecimiento de una economía, dado el rol crucial que juega en cualquier modelo de crecimiento, el Perú no cuenta con series oficiales que permitan estudiar las trayectorias temporales de esta variable, sus determinantes más importantes, y su rol como factor explicativo no sólo de la tasa de crecimiento de largo plazo de la economía peruana sino también del ritmo de crecimiento de la productividad.

El método de inventario propuesto fue creado por el economista estadounidense Raymond W. Goldsmith en 1951, para un estudio del National Bureau of Economic Research sobre el crecimiento y composición de la riqueza de los Estados Unidos. Los principales resultados de Goldsmith aparecieron en “The National Wealth of the United States in the Postwar Period”, en 1962¹³. Goldsmith, define el método de inventario perpetuo en la forma indicada a continuación:

«Los estimados para los activos tangibles y reproducibles siguen el método del inventario perpetuo, por el cual el stock de una categoría determinada de activos se deriva como la acumulación de los gastos pasados en esa categoría a precios corrientes o constantes depreciados según una regla que liga estos gastos al período de vida media del activo en cuestión.»¹⁴

Quizás, la mayor ventaja del método creado por Goldsmith sea su simplicidad y transparencia; por ello, a pesar del tiempo transcurrido, continúa en uso. En efecto, su aplicación sólo requiere especificar tres factores: (i) estimados del período de vida de los distintos bienes de capital, (ii) la función de depreciación y (iii) series de inversión bruta para las distintas categorías de activos¹⁵.

La Vida Útil de los Activos

Estimados para la vida útil de los distintos bienes de capital pueden obtenerse de distintas instituciones internacionales. Por ejemplo, uno hecho por la OECD¹⁶ en 1993 considera apropiadas los siguientes valores: 19 años para la maquinaria y equipo y 48 años para las construcciones.

Angus Maddison¹⁷ utiliza vidas útiles un tanto más cortas: 14 años para la maquinaria y equipo, 39 años para la construcción no residencial y 72 años para la residencial. Estas vidas son muy cercanas a las utilizadas por las instituciones estadísticas de los Estados Unidos.

Para el Perú encontramos apropiados los siguientes valores: 19 años para la maquinaria y equipo y 54 años para la construcción.

¹³ El libro se encuentra disponible, sin costo alguno, gracias a la política del National Bureau of Economic Research de exonerar de todo pago a los países del Tercer Mundo, en la siguiente dirección electrónica: <http://www.nber.org/books/gold62-1>.

¹⁴ La cita en inglés es la siguiente: «*The estimates for reproducible assets follow the “perpetual inventory method”, by which the stock of a given category of assets is derived as the accumulation by past expenditures on such category in current of constant prices depreciated in accordance with the average length of life of the asset*», p.3, op.cit.

¹⁵ Ver, Marcos Souza, Capital Stock in Latin America: 1950-2000. Este trabajo se encuentra disponible en la siguiente dirección electrónica http://ecen.com/eee50/eee50e/capital_stock_al.htm

¹⁶ Ver, Organization for Economic Cooperation and Development, Methods Used by OECD Countries to Measure Stock of Fixed Capital –OECD. Paris: 1993.

¹⁷ Ver, Angus Maddison, Standardized Estimates of Fixed Capital Stock, en Explaining the Economic performance of Nations, Essays in Time and Space, Aldershot, 1995.

La Depreciación

Los métodos disponibles para depreciar el valor de un activo incluyen al modelo lineal, al geométrico, el rectangular y el hiperbólico.

Si denotamos por T al período de depreciación del activo, I a su valor inicial, y D a la depreciación total, podemos escribir las siguientes fórmulas para computar la depreciación anual según los distintos métodos:

Modelo Lineal: $D(x) = I/T$

Modelo Geométrico: $D(x) = I(1 - (1/T))^x$

Modelo Hiperbólico: $D(x) = I((T - (x - 1))/T)$

Modelo Rectangular: $D(x) = 0$, si x es menor que T
 $D(x) = I$, si x es igual a T

El método lineal de depreciación implica postular una carga constante por concepto de depreciación y un valor residual de cero al terminar su tiempo de servicio. Con el modelo geométrico la tasa de depreciación es constante pero se obtiene un valor residual positivo al término de la vida útil. En el modelo hiperbólico, la tasa de depreciación aumenta conforme el activo se acerca a su retiro. Finalmente, en el modelo rectangular, no existe depreciación cuando el activo está en servicio, pero al final de la vida hay una única carga igual en monto a la cantidad comprada.

Si asumimos que hay un lapso m sin depreciación y consideramos apropiados los modelos más simples podrían escribirse como se indica a continuación:

Modelo Rectangular: $Kr(t) - Kr(t - 1) = I(t - 1) - I(t - v)$

Modelo Lineal: $K(t) = Kr(t - 1) - D(t)$

$D(t) = \sum d \times I(x)$, donde $x = t - m$ y $x = t - m - v$

$d = (1/(v - m))$

Así, con el modelo rectangular de depreciación podemos estimar el stock de capital sumando la inversión bruta para un lapso igual a la vida útil estimada del activo en cuestión; para hacer lo mismo, con el modelo lineal de depreciación, tendríamos que deducir a este stock, la depreciación acumulada correspondiente.

Para poder estimar la depreciación en ambos modelos, en el modelo lineal se requiere especificar la longitud del lapso en el que no se aplica la depreciación. Para hacerlo podríamos asumir que éste es un porcentaje fijo –diez por ciento– de la vida útil del equipo; con ello, el lapso sería de 2 años para la maquinaria y el equipo y de 5 años para la construcción., si usamos los valores que corresponden al Perú.

Las Series de Inversión Bruta

Para poder calcular el tamaño del stock de capital con el método de inventario perpetuo parecen ser indispensables series de inversión bruta que cubran un período extenso. Así, si 1950 fuera la fecha de inicio, con las vidas útiles apropiadas para el Perú, sería indispensable contar con una serie que comenzara en 1931 para la maquinaria y el equipo, y, en 1896 para la construcción.

Para obtener estas series podemos usar tres componentes: (i) la serie de inversión bruta fija, a precios de 1994, que publicó el Banco Central del Perú en el 2007.¹⁸ (ii) las series de inversión publicadas por Arlette Beltrán y Bruno Seminario, a precios de 1979, que cubren el período 1896-1995¹⁹ (iii) Los estimados del INEI para la inversión del período 1991-2007²⁰.

Para obtener las series finales de inversión bruta fija, maquinaria y equipo y construcción, se optó por extrapolar las series oficiales. Para ello se utilizó como base la serie de inversión bruta fija publicada por el Banco Central cuyo rango de observaciones abarca el período 1950- 2007. Las observaciones faltantes entre 1896 y 1950 fueron extrapoladas a partir de las tasas de crecimiento de la serie de inversión bruta fija publicada por Beltrán y Seminario. Seguidamente, se pasó a obtener la descomposición de la inversión en maquinaria y equipo, y construcción. Para ello, se realizó la imputación de las participaciones estimadas por Beltrán y Seminario para el período 1896-1990; mientras que para el lapso 1991 y 2007, las estimadas por el INEI.

Para la construcción, los estimados hechos con el procedimiento de extrapolación y los hechos con las series no oficiales no difieren significativamente. En efecto, en la década de los cincuenta, donde el peso de la extrapolación es más importante, la diferencia calculada es menor al dos por ciento, con un modelo rectangular para la depreciación. Sin embargo, para la maquinaria y el equipo, se obtienen importantes diferencias estimadas en promedio, en la década de los 1950, a casi 10 por ciento. En general, el procedimiento de extrapolación produce estimados más altos que aquel que usa las series no oficiales; probablemente, la discrepancia puede ser explicada por el efecto negativo sobre esta variable de la Gran Depresión y de la Segunda Guerra Mundial.

Este punto no ha pasado desapercibido para Goldsmith; pues indica lo siguiente: “La discrepancia entre los stocks calculados por la fórmula y los computados con los datos anuales de inversión es probablemente pequeña siempre que sean regulares las fluctuaciones de la inversión respecto a su tendencia. Estas, en efecto, son bastante modestas, cuando el desvío con respecto a la tendencia iguala a un quinto del valor tendencial, y el lapso de duración de las mismas, se encuentra entre tres y cinco años. Sin embargo, cuando ocurren fluctuaciones violentas e intensas, puede ser probable que se presenten importantes discrepancias. Por esta razón, no es aconsejable en los años de la guerra²¹.

Este parece ser el caso, para los estimados que corresponden a la maquinaria y equipo, ya que el período de extrapolación tendría que comenzar en 1931 y finalizar en 1949. Lapso que comprende la depresión de los treinta y la segunda guerra mundial. No ocurre lo mismo para la construcción, porque para el cálculo de esta variable se considera un lapso más extenso.

¹⁸ Esta serie se encuentra disponible en la siguiente dirección electrónica: http://www.bcrp.gob.pe/bcr/dmdocuments/Estadistica/Cuadros/Anuales/ACuadro_03.xls

¹⁹ Disponible en internet en la siguiente dirección electrónica: <http://lbseminario.googlepages.com/verfin.zip>

²⁰ Disponible en <http://www.inei.gob.pe/biblioinei.asp>

²¹ Esta es una traducción libre del original en inglés. Para más detalles, consultar Goldsmith, op.cit, capítulo III, The Algebra of National Wealth Estimation.

Resultados del stock de capital

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos mediante la aplicación de los métodos antes mencionados. En primer lugar, en el Cuadro 1.1 se aprecian los cálculos a partir de la depreciación rectangular, lo que permite estimar el stock de capital bruto fijo.

**Cuadro 1.1: Stock de Capital Bruto Fijo (Depreciación rectangular)
(Millones de nuevos soles de 1994)**

Año	PBI	Stock de Capital Bruto Fijo				
		Construcción	Maq. y Eq.	Existencias	Capital Fijo Total	Capital Total
1950	21,928.82	43,212.08	14,947.57	2,524.02	58,159.65	60,683.68
1951	23,987.08	44,973.09	16,571.62	2,602.90	61,544.71	64,147.61
1952	25,230.66	47,302.60	18,369.05	2,673.30	65,671.64	68,344.94
1953	26,469.57	50,055.49	19,716.11	2,745.33	69,771.60	72,516.93
1954	28,086.04	53,321.34	20,518.51	2,886.37	73,839.84	76,726.21
1955	29,719.45	56,164.55	21,411.53	3,023.85	77,576.08	80,599.93
1956	31,006.31	59,627.31	23,030.86	3,036.24	82,658.16	85,694.40
1957	33,097.43	63,479.39	24,970.88	3,205.76	88,450.27	91,656.04
1958	32,855.13	67,574.52	26,623.76	3,281.77	94,198.28	97,480.05
1959	33,369.17	71,316.36	28,025.98	3,595.62	99,342.34	102,937.96
1960	36,354.62	73,894.33	29,591.90	4,445.78	103,486.23	107,932.01
1961	39,412.83	76,638.06	32,039.65	4,633.06	108,677.71	113,310.76
1962	43,053.81	80,118.87	34,961.38	4,659.93	115,080.25	119,740.18
1963	45,386.64	83,923.88	37,879.12	4,839.72	121,803.00	126,642.73
1964	48,198.41	87,195.14	40,354.59	5,348.64	127,549.73	132,898.38
1965	51,406.42	90,682.49	42,895.78	5,515.15	133,578.26	139,093.41
1966	55,589.76	94,882.64	46,339.82	6,154.21	141,222.46	147,376.67
1967	58,045.59	99,545.81	49,710.57	7,098.27	149,256.37	156,354.64
1968	58,271.16	103,646.87	52,460.04	7,232.76	156,106.91	163,339.67
1969	60,527.92	107,069.04	54,992.40	7,520.34	162,061.45	169,581.79
1970	64,274.79	110,691.40	57,399.20	7,581.95	168,090.60	175,672.55
1971	67,177.15	114,746.82	60,230.09	7,840.20	174,976.92	182,817.12
1972	69,479.38	119,289.29	62,979.53	7,114.47	182,268.82	189,383.29
1973	73,980.22	124,424.10	69,010.15	7,211.02	193,434.25	200,645.27
1974	80,480.64	130,512.59	77,378.61	8,318.57	207,891.20	216,209.77
1975	84,023.99	138,025.06	85,404.63	8,389.31	223,429.69	231,819.00
1976	85,003.83	145,667.39	90,758.22	8,571.82	236,425.61	244,997.43
1977	85,528.54	152,973.28	95,430.72	8,096.79	248,404.00	256,500.78
1978	82,295.96	159,987.45	99,325.10	7,904.58	259,312.55	267,217.13
1979	83,920.26	166,581.90	103,481.85	8,618.34	270,063.75	278,682.09
1980	90,353.84	174,059.17	109,842.02	10,461.25	283,901.19	294,362.44
1981	95,290.78	183,122.43	117,689.06	13,161.86	300,811.49	313,973.35
1982	94,978.69	193,849.41	124,479.32	15,013.43	318,328.73	333,342.16
1983	86,110.74	204,525.34	127,289.01	15,065.41	331,814.35	346,879.77
1984	89,381.56	212,599.41	128,536.17	14,784.46	341,135.59	355,920.05
1985	91,249.55	221,639.58	128,376.38	14,551.78	350,015.96	364,567.74
1986	102,300.53	229,492.04	129,069.21	15,284.48	358,561.26	373,845.74
1987	110,222.40	239,678.52	131,219.69	17,032.09	370,898.21	387,930.30
1988	99,839.22	251,606.92	131,453.33	19,077.97	383,060.26	402,138.23
1989	86,431.40	262,555.75	130,229.52	19,573.04	392,785.26	412,358.31
1990	82,032.21	272,164.07	128,468.18	19,835.23	400,632.25	420,467.49
1991	83,759.69	281,815.98	129,898.50	20,479.73	411,714.48	432,194.21
1992	83,400.56	288,519.11	128,577.30	21,177.80	417,096.42	438,274.22
1993	87,374.59	295,316.82	125,129.48	22,037.70	420,446.30	442,484.00
1994	98,577.44	303,300.73	123,539.68	23,067.85	426,840.41	449,908.26
1995	107,063.89	314,405.49	126,699.08	23,973.36	441,104.57	465,077.93
1996	109,759.99	327,525.10	130,668.59	24,330.42	458,193.69	482,524.12

1997	117,293.99	340,211.62	137,371.34	24,636.04	477,582.96	502,219.00
1998	116,522.25	354,845.24	143,107.31	24,691.55	497,952.55	522,644.10
1999	117,587.42	369,358.00	144,454.13	24,064.16	513,812.13	537,876.29
2000	121,056.94	382,013.91	143,441.47	24,019.24	525,455.38	549,474.62
2001	121,317.09	393,775.25	142,297.02	24,252.03	536,072.28	560,324.31
2002	127,407.43	404,513.53	144,271.30	25,248.96	548,784.83	574,033.79
2003	132,544.85	416,327.51	147,869.09	26,040.85	564,196.60	590,237.44
2004	139,319.60	428,657.68	153,357.32	26,310.12	582,015.00	608,325.12
2005	148,716.47	441,428.46	159,933.69	25,711.92	601,362.16	627,074.07
2006	159,954.76	454,893.02	168,482.73	26,562.82	623,375.75	649,938.58
2007	174,328.21	470,331.79	183,348.37	28,558.77	653,680.16	682,238.93

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Seguidamente, se aplica la depreciación lineal a las series de stock de capital bruto en construcción y maquinaria y equipo mostradas en el Cuadro 1.1 para obtener los stocks de capital neto en construcción y maquinaria y equipo. La suma de la serie de capital fijo total más las existencias dan como resultado el stock de capital neto total de la economía. Los resultados se exponen en el Cuadro 1.2.

**Cuadro 1.2: Stock de Capital Neto Fijo (Depreciación Lineal)
(Millones de nuevos soles de 1994)**

Año	PBI	Stock de Capital Neto Fijo				
		Construcción (1)	Maq. y Eq. (2)	Existencias (3)	Capital Fijo Total (1)+(2)	Capital Total (1)+(2)+(3)
1950	21,928.82	29,664.41	9,449.19	2,524.02	39,113.60	41,637.62
1951	23,987.08	30,889.34	10,464.83	2,602.90	41,354.17	43,957.07
1952	25,230.66	32,670.16	11,657.33	2,673.30	44,327.49	47,000.79
1953	26,469.57	34,870.58	12,681.07	2,745.33	47,551.65	50,296.98
1954	28,086.04	37,568.65	13,159.27	2,886.37	50,727.92	53,614.29
1955	29,719.45	39,833.69	13,668.20	3,023.85	53,501.89	56,525.74
1956	31,006.31	42,733.23	14,960.70	3,036.24	57,693.93	60,730.17
1957	33,097.43	46,032.54	16,547.70	3,205.76	62,580.24	65,786.01
1958	32,855.13	49,568.21	17,573.60	3,281.77	67,141.81	70,423.58
1959	33,369.17	52,722.68	18,247.85	3,595.62	70,970.53	74,566.15
1960	36,354.62	54,673.05	19,000.17	4,445.78	73,673.21	78,118.99
1961	39,412.83	56,781.61	20,312.87	4,633.06	77,094.48	81,727.54
1962	43,053.81	59,607.74	22,180.73	4,659.93	81,788.47	86,448.40
1963	45,386.64	62,682.85	24,078.71	4,839.72	86,761.56	91,601.28
1964	48,198.41	65,124.33	25,500.37	5,348.64	90,624.70	95,973.34
1965	51,406.42	67,703.75	27,495.88	5,515.15	95,199.63	100,714.78
1966	55,589.76	70,963.24	29,962.46	6,154.21	100,925.70	107,079.92
1967	58,045.59	74,645.01	32,006.50	7,098.27	106,651.51	113,749.78
1968	58,271.16	77,711.74	33,220.42	7,232.76	110,932.16	118,164.93
1969	60,527.92	79,951.24	34,264.47	7,520.34	114,215.72	121,736.05
1970	64,274.79	82,380.65	35,575.82	7,581.95	117,956.48	125,538.43
1971	67,177.15	85,315.88	37,444.90	7,840.20	122,760.78	130,600.99
1972	69,479.38	88,656.93	39,001.43	7,114.47	127,658.36	134,772.83
1973	73,980.22	92,464.56	43,174.27	7,211.02	135,638.84	142,849.85
1974	80,480.64	97,235.74	49,606.48	8,318.57	146,842.22	155,160.79
1975	84,023.99	103,323.45	56,220.34	8,389.31	159,543.79	167,933.10
1976	85,003.83	109,513.18	60,078.12	8,571.82	169,591.30	178,163.12
1977	85,528.54	115,326.61	62,318.82	8,096.79	177,645.42	185,742.21
1978	82,295.96	120,847.08	63,197.33	7,904.58	184,044.41	191,948.99
1979	83,920.26	125,951.74	64,233.52	8,618.34	190,185.26	198,803.60
1980	90,353.84	131,827.04	67,948.42	10,461.25	199,775.46	210,236.70
1981	95,290.78	139,301.14	73,632.71	13,161.86	212,933.85	226,095.71
1982	94,978.69	148,363.67	78,087.84	15,013.43	226,451.50	241,464.93
1983	86,110.74	157,267.04	77,770.10	15,065.41	235,037.14	250,102.55
1984	89,381.56	163,555.08	76,213.74	14,784.46	239,768.82	254,553.29
1985	91,249.55	169,952.35	73,758.81	14,551.78	243,711.17	258,262.94

1986	102,300.53	174,783.98	71,858.88	15,284.48	246,642.86	261,927.34
1987	110,222.40	181,592.52	70,757.61	17,032.09	252,350.13	269,382.22
1988	99,839.22	189,984.35	67,677.85	19,077.97	257,662.19	276,740.17
1989	86,431.40	197,343.90	63,423.00	19,573.04	260,766.90	280,339.94
1990	82,032.21	203,398.85	59,341.14	19,835.23	262,739.99	282,575.22
1991	83,759.69	209,462.35	58,372.11	20,479.73	267,834.45	288,314.18
1992	83,400.56	212,568.41	57,726.22	21,177.80	270,294.63	291,472.44
1993	87,374.59	215,545.04	57,621.20	22,037.70	273,166.24	295,203.94
1994	98,577.44	219,539.67	60,105.68	23,067.85	279,645.35	302,713.21
1995	107,063.89	226,247.76	65,101.03	23,973.36	291,348.80	315,322.16
1996	109,759.99	234,911.38	69,657.77	24,330.42	304,569.15	328,899.58
1997	117,293.99	242,974.13	75,628.80	24,636.04	318,602.93	343,238.98
1998	116,522.25	252,955.31	80,801.74	24,691.55	333,757.05	358,448.60
1999	117,587.42	262,925.39	84,244.09	24,064.16	347,169.48	371,233.64
2000	121,056.94	271,133.52	87,420.53	24,019.24	358,554.05	382,573.29
2001	121,317.09	278,115.85	89,556.22	24,252.03	367,672.07	391,924.10
2002	127,407.43	283,914.91	90,262.61	25,248.96	374,177.53	399,426.49
2003	132,544.85	290,532.71	91,494.58	26,040.85	382,027.30	408,068.14
2004	139,319.60	297,373.26	93,592.89	26,310.12	390,966.15	417,276.27
2005	148,716.47	304,610.95	97,163.45	25,711.92	401,774.41	427,486.32
2006	159,954.76	312,883.18	103,309.01	26,562.82	416,192.19	442,755.01
2007	174,328.21	323,361.54	113,419.57	28,558.77	436,781.11	465,339.88

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Luego, a partir de las series de stocks brutos obtenidos mediante depreciación rectangular, se calculan las series de inversión neta fija en construcción y maquinaria y equipo. Los datos son iguales a la diferencia entre los stocks del periodo t y el periodo $t+1$. Los resultados se muestran en el cuadro 1.3.

**Cuadro 1.3: Inversión Neta Fija usando Stocks Brutos (Depreciación Rectangular)
(Millones de nuevos soles de 1994)**

Año	Construcción	Maq. y Eq.	Existencias	Inversión Neta Total
1950	1,697.30	974.99	5.26	2,672.29
1951	1,761.01	1,624.05	78.88	3,385.06
1952	2,329.51	1,797.42	70.40	4,126.93
1953	2,752.89	1,347.06	72.03	4,099.95
1954	3,265.85	802.40	141.03	4,068.25
1955	2,843.21	893.03	137.48	3,736.24
1956	3,462.76	1,619.33	12.39	5,082.08
1957	3,852.08	1,940.03	169.52	5,792.11
1958	4,095.13	1,652.88	76.01	5,748.01
1959	3,741.84	1,402.22	313.85	5,144.06
1960	2,577.97	1,565.92	850.16	4,143.89
1961	2,743.73	2,447.75	187.27	5,191.48
1962	3,480.80	2,921.74	26.87	6,402.54
1963	3,805.01	2,917.74	179.80	6,722.75
1964	3,271.26	2,475.47	508.92	5,746.73
1965	3,487.35	2,541.19	166.51	6,028.53
1966	4,200.15	3,444.04	639.06	7,644.19
1967	4,663.17	3,370.75	944.05	8,033.92
1968	4,101.06	2,749.47	134.50	6,850.54
1969	3,422.17	2,532.36	287.57	5,954.54
1970	3,622.36	2,406.80	61.61	6,029.16
1971	4,055.42	2,830.89	258.25	6,886.31
1972	4,542.46	2,749.44	-725.74	7,291.90
1973	5,134.81	6,030.62	96.55	11,165.43
1974	6,088.49	8,368.45	1,107.55	14,456.95
1975	7,512.47	8,026.02	70.75	15,538.49

1976	7,642.33	5,353.60	182.51	12,995.92
1977	7,305.89	4,672.50	-475.03	11,978.39
1978	7,014.17	3,894.39	-192.21	10,908.56
1979	6,594.45	4,156.74	713.77	10,751.19
1980	7,477.28	6,360.17	1,842.90	13,837.45
1981	9,063.25	7,847.04	2,700.62	16,910.29
1982	10,726.98	6,790.26	1,851.57	17,517.24
1983	10,675.93	2,809.69	51.98	13,485.62
1984	8,074.07	1,247.16	-280.95	9,321.24
1985	9,040.17	-159.79	-232.68	8,880.37
1986	7,852.46	692.83	732.71	8,545.29
1987	10,186.48	2,150.47	1,747.60	12,336.95
1988	11,928.40	233.64	2,045.88	12,162.05
1989	10,948.82	-1,223.81	495.07	9,725.01
1990	9,608.33	-1,761.34	262.19	7,846.99
1991	9,651.91	1,430.32	644.49	11,082.23
1992	6,703.13	-1,321.19	698.08	5,381.93
1993	6,797.71	-3,447.83	859.90	3,349.88
1994	7,983.91	-1,589.80	1,030.15	6,394.11
1995	11,104.75	3,159.40	905.51	14,264.16
1996	13,119.62	3,969.51	357.06	17,089.13
1997	12,686.52	6,702.75	305.62	19,389.27
1998	14,633.62	5,735.97	55.51	20,369.59
1999	14,512.76	1,346.81	-627.39	15,859.58
2000	12,655.92	-1,012.66	-44.93	11,643.26
2001	11,761.34	-1,144.45	232.80	10,616.89
2002	10,738.27	1,974.28	996.93	12,712.55
2003	11,813.98	3,597.79	791.88	15,411.77
2004	12,330.18	5,488.23	269.27	17,818.40
2005	12,770.78	6,576.38	-598.20	19,347.16
2006	13,464.56	8,549.04	850.91	22,013.60
2007	15,438.77	14,865.64	1,995.95	30,304.41

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

El mismo procedimiento se aplica a las series de stocks netos calculadas mediante depreciación lineal y con lo que se obtuvo las series de inversión neta fija en construcción y maquinaria y equipo. Los datos son iguales a la diferencia entre los stocks netos del periodo t y el periodo $t+1$. Ver los resultados en el cuadro 1.4.

**Cuadro 1.4: Inversión Neta Fija usando Stocks Netos (Depreciación Lineal)
(Millones de nuevos soles de 1994)**

Año	Construcción	Maquinaria	Existencias	Inversión Neta Total
1950	1,002.73	556.57	5.26	1,559.30
1951	1,224.93	1,015.64	78.88	2,240.57
1952	1,780.82	1,192.50	70.40	2,973.32
1953	2,200.42	1,023.74	72.03	3,224.16
1954	2,698.07	478.20	141.03	3,176.27
1955	2,265.04	508.93	137.48	2,773.97
1956	2,899.54	1,292.50	12.39	4,192.04
1957	3,299.32	1,587.00	169.52	4,886.31
1958	3,535.67	1,025.90	76.01	4,561.56
1959	3,154.47	674.26	313.85	3,828.73
1960	1,950.37	752.31	850.16	2,702.68
1961	2,108.57	1,312.70	187.27	3,421.27
1962	2,826.13	1,867.86	26.87	4,693.99
1963	3,075.11	1,897.98	179.80	4,973.09
1964	2,441.48	1,421.65	508.92	3,863.13
1965	2,579.42	1,995.51	166.51	4,574.94
1966	3,259.49	2,466.58	639.06	5,726.07
1967	3,681.77	2,044.03	944.05	5,725.81

1968	3,066.73	1,213.93	134.50	4,280.65
1969	2,239.50	1,044.05	287.57	3,283.55
1970	2,429.41	1,311.35	61.61	3,740.76
1971	2,935.23	1,869.08	258.25	4,804.31
1972	3,341.05	1,556.53	-725.74	4,897.58
1973	3,807.63	4,172.84	96.55	7,980.47
1974	4,771.18	6,432.21	1,107.55	11,203.39
1975	6,087.71	6,613.86	70.75	12,701.57
1976	6,189.73	3,857.79	182.51	10,047.51
1977	5,813.43	2,240.70	-475.03	8,054.12
1978	5,520.48	878.51	-192.21	6,398.99
1979	5,104.66	1,036.19	713.77	6,140.85
1980	5,875.29	3,714.91	1,842.90	9,590.20
1981	7,474.10	5,684.29	2,700.62	13,158.39
1982	9,062.52	4,455.13	1,851.57	13,517.65
1983	8,903.37	-317.74	51.98	8,585.63
1984	6,288.04	-1,556.36	-280.95	4,731.69
1985	6,397.27	-2,454.93	-232.68	3,942.34
1986	4,831.63	-1,899.94	732.71	2,931.69
1987	6,808.54	-1,101.27	1,747.60	5,707.27
1988	8,391.83	-3,079.76	2,045.88	5,312.06
1989	7,359.55	-4,254.85	495.07	3,104.70
1990	6,054.95	-4,081.86	262.19	1,973.09
1991	6,063.50	-969.03	644.49	5,094.46
1992	3,106.06	-645.88	698.08	2,460.18
1993	2,976.63	-105.03	859.90	2,871.61
1994	3,994.63	2,484.48	1,030.15	6,479.12
1995	6,708.09	4,995.35	905.51	11,703.44
1996	8,663.62	4,556.74	357.06	13,220.36
1997	8,062.75	5,971.03	305.62	14,033.78
1998	9,981.17	5,172.94	55.51	15,154.11
1999	9,970.08	3,442.35	-627.39	13,412.43
2000	8,208.13	3,176.44	-44.93	11,384.57
2001	6,982.33	2,135.69	232.80	9,118.02
2002	5,799.06	706.39	996.93	6,505.46
2003	6,617.80	1,231.97	791.88	7,849.77
2004	6,840.55	2,098.30	269.27	8,938.85
2005	7,237.69	3,570.57	-598.20	10,808.26
2006	8,272.23	6,145.56	850.91	14,417.78
2007	10,478.36	10,110.56	1,995.95	20,588.92

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Por último, al PBI se le resta la inversión en renovación de activos para obtener el Producto Interno neto. La inversión en renovación o reposición de capital resulta de la diferencia entre la inversión bruta fija oficial y la inversión neta estimada a partir de las series de Stock de capital depreciadas mediante los métodos rectangular y lineal mostradas en los Cuadros 1.1 y 1.2. Entonces, se consiguen dos series de Producto Interno Neto como se precisa en el Cuadro 1.5.

**Cuadro 1.524: Producto Interno Neto
(Millones de nuevos soles de 1994)**

Año	PBI (1)	Inversión en Renovación (Dep. Rectangular) (2)	Inversión en Renovación (Dep. Lineal) (3)	Producto Interno Neto (Dep. Rectangular) (1) – (2)	Producto Interno Neto (Dep. Lineal) (1) – (3)
1950	21,928.82	570.76	1,683.76	21,358.06	20,245.06
1951	23,987.08	956.25	2,100.74	23,030.83	21,886.34
1952	25,230.66	901.07	2,054.68	24,329.59	23,175.98

1953	26,469.57	1,358.25	2,234.04	25,111.32	24,235.53
1954	28,086.04	521.54	1,413.51	27,564.50	26,672.52
1955	29,719.45	1,621.50	2,583.77	28,097.96	27,135.69
1956	31,006.31	1,532.86	2,422.90	29,473.45	28,583.41
1957	33,097.43	1,443.99	2,349.78	31,653.45	30,747.65
1958	32,855.13	703.38	1,889.82	32,151.75	30,965.30
1959	33,369.17	-61.60	1,253.73	33,430.77	32,115.43
1960	36,354.62	1,324.81	2,766.02	35,029.81	33,588.60
1961	39,412.83	1,717.82	3,488.03	37,695.01	35,924.80
1962	43,053.81	1,482.38	3,190.92	41,571.43	39,862.88
1963	45,386.64	765.60	2,515.27	44,621.04	42,871.37
1964	48,198.41	1,634.51	3,518.11	46,563.90	44,680.31
1965	51,406.42	2,785.48	4,239.07	48,620.94	47,167.35
1966	55,589.76	2,245.23	4,163.35	53,344.53	51,426.41
1967	58,045.59	1,067.26	3,375.37	56,978.33	54,670.22
1968	58,271.16	885.78	3,455.67	57,385.38	54,815.49
1969	60,527.92	2,053.58	4,724.56	58,474.34	55,803.36
1970	64,274.79	2,938.96	5,227.36	61,335.82	59,047.43
1971	67,177.15	3,234.26	5,316.27	63,942.89	61,860.88
1972	69,479.38	3,210.63	5,604.95	66,268.75	63,874.42
1973	73,980.22	3,198.02	6,382.98	70,782.20	67,597.24
1974	80,480.64	3,732.05	6,985.61	76,748.58	73,495.03
1975	84,023.99	3,305.44	6,142.36	80,718.55	77,881.63
1976	85,003.83	3,221.65	6,170.05	81,782.19	78,833.78
1977	85,528.54	2,898.72	6,822.98	82,629.82	78,705.55
1978	82,295.96	2,645.92	7,155.49	79,650.04	75,140.47
1979	83,920.26	4,131.38	8,741.73	79,788.88	75,178.54
1980	90,353.84	5,650.14	9,897.38	84,703.71	80,456.46
1981	95,290.78	6,452.03	10,203.93	88,838.75	85,086.85
1982	94,978.69	4,925.96	8,925.55	90,052.73	86,053.14
1983	86,110.74	2,176.39	7,076.38	83,934.34	79,034.35
1984	89,381.56	5,732.37	10,321.91	83,649.20	79,059.65
1985	91,249.55	3,964.82	8,902.85	87,284.74	82,346.70
1986	102,300.53	7,090.85	12,704.45	95,209.68	89,596.08
1987	110,222.40	5,963.38	12,593.06	104,259.02	97,629.34
1988	99,839.22	3,440.45	10,290.44	96,398.76	89,548.78
1989	86,431.40	3,681.33	10,301.64	82,750.06	76,129.76
1990	82,032.21	5,875.72	11,749.62	76,156.49	70,282.59
1991	83,759.69	2,846.09	8,833.86	80,913.60	74,925.83
1992	83,400.56	8,678.10	11,599.85	74,722.46	71,800.71
1993	87,374.59	12,277.17	12,755.45	75,097.41	74,619.14
1994	98,577.44	14,506.85	14,421.84	84,070.60	84,155.60
1995	107,063.89	11,203.67	13,764.38	95,860.22	93,299.51
1996	109,759.99	7,647.62	11,516.39	102,112.37	98,243.60
1997	117,293.99	9,129.27	14,484.76	108,164.71	102,809.23
1998	116,522.25	7,740.25	12,955.73	108,782.00	103,566.52
1999	117,587.42	9,112.46	11,559.61	108,474.95	106,027.81
2000	121,056.94	12,098.34	12,357.03	108,958.60	108,699.91
2001	121,317.09	11,167.76	12,666.63	110,149.33	108,650.46
2002	127,407.43	8,960.24	15,167.33	118,447.19	112,240.10
2003	132,544.85	7,540.69	15,102.68	125,004.16	117,442.17
2004	139,319.60	6,904.29	15,783.84	132,415.31	123,535.75
2005	148716.472	8352.44	16891.34	140364.03	131825.14
2006	159954.757	10921.05	18516.87	149033.71	141437.89

2007	174328.21	10092.44	19807.93	164235.76	154520.27
------	-----------	----------	----------	-----------	-----------

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Por último, en los Cuadros 1.6 y 1.7 se muestran las series existencias e inversión bruta fija utilizadas para los cálculos.

**Cuadro 1.625: Existencias
(Millones de nuevos soles de 1994)**

Año	PBI	Variación de existencias	Existencias totales acumuladas
1949	20,329.01	2,518.76	2,518.76
1950	21,928.82	5.26	2,524.02
1951	23,987.08	78.88	2,602.90
1952	25,230.66	70.40	2,673.30
1953	26,469.57	72.03	2,745.33
1954	28,086.04	141.03	2,886.37
1955	29,719.45	137.48	3,023.85
1956	31,006.31	12.39	3,036.24
1957	33,097.43	169.52	3,205.76
1958	32,855.13	76.01	3,281.77
1959	33,369.17	313.85	3,595.62
1960	36,354.62	850.16	4,445.78
1961	39,412.83	187.27	4,633.06
1962	43,053.81	26.87	4,659.93
1963	45,386.64	179.80	4,839.72
1964	48,198.41	508.92	5,348.64
1965	51,406.42	166.51	5,515.15
1966	55,589.76	639.06	6,154.21
1967	58,045.59	944.05	7,098.27
1968	58,271.16	134.50	7,232.76
1969	60,527.92	287.57	7,520.34
1970	64,274.79	61.61	7,581.95
1971	67,177.15	258.25	7,840.20
1972	69,479.38	-725.74	7,114.47
1973	73,980.22	96.55	7,211.02
1974	80,480.64	1,107.55	8,318.57
1975	84,023.99	70.75	8,389.31
1976	85,003.83	182.51	8,571.82
1977	85,528.54	-475.03	8,096.79
1978	82,295.96	-192.21	7,904.58
1979	83,920.26	713.77	8,618.34
1980	90,353.84	1,842.90	10,461.25
1981	95,290.78	2,700.62	13,161.86
1982	94,978.69	1,851.57	15,013.43
1983	86,110.74	51.98	15,065.41
1984	89,381.56	-280.95	14,784.46
1985	91,249.55	-232.68	14,551.78
1986	102,300.53	732.71	15,284.48
1987	110,222.40	1,747.60	17,032.09
1988	99,839.22	2,045.88	19,077.97
1989	86,431.40	495.07	19,573.04
1990	82,032.21	262.19	19,835.23
1991	83,759.69	644.49	20,479.73
1992	83,400.56	698.08	21,177.80
1993	87,374.59	859.90	22,037.70
1994	98,577.44	1,030.15	23,067.85
1995	107,063.89	905.51	23,973.36
1996	109,759.99	357.06	24,330.42
1997	117,293.99	305.62	24,636.04

1998	116,522.25	55.51	24,691.55
1999	117,587.42	-627.39	24,064.16
2000	121,056.94	-44.93	24,019.24
2001	121,317.09	232.80	24,252.03
2002	127,407.43	996.93	25,248.96
2003	132,544.85	791.88	26,040.85
2004	139,319.60	269.27	26,310.12
2005	148,716.47	-598.20	25,711.92
2006	159,954.76	850.91	26,562.82
2007	174,328.21	1,995.95	28,558.77

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

**Cuadro 1.726: Inversión Bruta Fija
(Millones de nuevos soles de 1994)**

Año	PBI	Formación Bruta de Capital Fijo		Inversión Bruta Fija Total	Variación de Existencias	Inversión Bruta Interna
		Construcción	Maq. y Eq.			
1950	21,928.82	1,946.16	1,296.89	3,243.05	5.26	3,248.31
1951	23,987.08	2,533.50	1,807.81	4,341.31	78.88	4,420.19
1952	25,230.66	2,981.68	2,046.32	5,028.00	70.40	5,098.40
1953	26,469.57	3,509.68	1,948.52	5,458.21	72.03	5,530.24
1954	28,086.04	3,106.49	1,483.30	4,589.79	141.03	4,730.82
1955	29,719.45	3,769.95	1,587.78	5,357.73	137.48	5,495.22
1956	31,006.31	4,202.96	2,411.98	6,614.94	12.39	6,627.33
1957	33,097.43	4,483.99	2,752.10	7,236.10	169.52	7,405.62
1958	32,855.13	4,156.28	2,295.11	6,451.39	76.01	6,527.39
1959	33,369.17	3,016.17	2,066.29	5,082.46	313.85	5,396.31
1960	36,354.62	3,228.98	2,239.72	5,468.70	850.16	6,318.86
1961	39,412.83	4,013.97	2,895.33	6,909.30	187.27	7,096.57
1962	43,053.81	4,339.38	3,545.54	7,884.92	26.87	7,911.79
1963	45,386.64	3,788.40	3,699.96	7,488.36	179.80	7,668.15
1964	48,198.41	4,002.20	3,379.04	7,381.24	508.92	7,890.16
1965	51,406.42	4,733.98	4,080.03	8,814.01	166.51	8,980.52
1966	55,589.76	5,212.10	4,677.32	9,889.42	639.06	10,528.48
1967	58,045.59	4,668.85	4,432.32	9,101.17	944.05	10,045.23
1968	58,271.16	3,921.63	3,814.69	7,736.32	134.50	7,870.82
1969	60,527.92	4,178.86	3,829.25	8,008.12	287.57	8,295.69
1970	64,274.79	4,753.52	4,214.61	8,968.12	61.61	9,029.73
1971	67,177.15	5,243.36	4,877.21	10,120.58	258.25	10,378.83
1972	69,479.38	5,804.57	4,697.96	10,502.53	-725.74	9,776.80
1973	73,980.22	6,849.53	7,513.92	14,363.45	96.55	14,460.01
1974	80,480.64	8,232.76	9,956.23	18,189.00	1,107.55	19,296.55
1975	84,023.99	8,405.93	10,438.00	18,843.93	70.75	18,914.67
1976	85,003.83	8,111.87	8,105.70	16,217.57	182.51	16,400.08
1977	85,528.54	7,909.50	6,967.60	14,877.11	-475.03	14,402.07
1978	82,295.96	7,593.80	5,960.68	13,554.48	-192.21	13,362.26
1979	83,920.26	8,486.11	6,396.46	14,882.57	713.77	15,596.34
1980	90,353.84	10,232.09	9,255.50	19,487.58	1,842.90	21,330.49
1981	95,290.78	11,969.74	11,392.58	23,362.32	2,700.62	26,062.94
1982	94,978.69	11,952.98	10,490.22	22,443.20	1,851.57	24,294.77
1983	86,110.74	9,473.28	6,188.73	15,662.02	51.98	15,714.00
1984	89,381.56	9,726.41	5,327.19	15,053.60	-280.95	14,772.65
1985	91,249.55	8,327.67	4,517.52	12,845.19	-232.68	12,612.51
1986	102,300.53	10,510.99	5,125.16	15,636.14	732.71	16,368.85
1987	110,222.40	12,335.17	5,965.17	18,300.33	1,747.60	20,047.94
1988	99,839.22	11,539.61	4,062.90	15,602.50	2,045.88	17,648.39
1989	86,431.40	10,415.55	2,990.79	13,406.34	495.07	13,901.41
1990	82,032.21	10,606.83	3,115.88	13,722.71	262.19	13,984.90
1991	83,759.69	7,800.04	6,128.28	13,928.32	644.49	14,572.81

1992	83,400.56	7,867.30	6,192.72	14,060.03	698.08	14,758.11
1993	87,374.59	9,118.65	6,508.41	15,627.06	859.90	16,486.96
1994	98,577.44	12,052.77	8,848.19	20,900.96	1,030.15	21,931.11
1995	107,063.89	14,202.72	11,265.10	25,467.82	905.51	26,373.33
1996	109,759.99	13,799.64	10,937.11	24,736.75	357.06	25,093.81
1997	117,293.99	15,855.11	12,663.43	28,518.54	305.62	28,824.16
1998	116,522.25	15,977.41	12,132.44	28,109.85	55.51	28,165.36
1999	117,587.42	14,369.73	10,602.31	24,972.04	-627.39	24,344.65
2000	121,056.94	13,361.68	10,379.92	23,741.60	-44.93	23,696.68
2001	121,317.09	12,438.88	9,345.77	21,784.65	232.80	22,017.44
2002	127,407.43	13,509.78	8,163.01	21,672.79	996.93	22,669.72
2003	132,544.85	14,027.48	8,924.98	22,952.46	791.88	23,744.34
2004	139,319.60	14,716.94	10,005.75	24,722.69	269.27	24,991.97
2005	148,716.47	15,998.06	11,701.53	27,699.60	-598.20	27,101.39
2006	159,954.76	18,420.45	14,514.20	32,934.65	850.91	33,785.55
2007	174,328.21	21,468.29	18,928.54	40,396.85	1,995.95	42,392.80

Fuente: BCRP

Anexo 2: El filtro de mediana

Un filtro de mediana es una técnica de filtrado no lineal muy utilizado en el campo de la electrónica para el suavizamiento de señales, la supresión de ruidos en imágenes, y la preservación de bordes. La idea general consiste examinar una muestra inicial y discernir si es representativa de la señal.

Esta técnica también posee una aplicación en el campo de las series de tiempo o caso univariado. El método se realiza utilizando una ventana móvil que consta de un número impar de elementos. Los valores en la ventana se ordenan en orden numérico y el valor medio o mediana de la muestra es seleccionada como producto. La muestra más antigua se descarta, una nueva se construye, y el cálculo se repite. Entonces, el filtro de la mediana es especialmente útil para reducir el ruido y los valores extremos en las series.

En el siguiente ejemplo se aplicará el filtro de mediana a la serie Y con una ventana móvil de 3 elementos, repitiendo los valores de los extremos:

$$Y = [2,10,5,4]$$

Encontramos los valores de la mediana:

$$Y_1 = \text{Mediana}[2,2,10] = 2$$

$$Y_2 = \text{Mediana}[2,10,5] = \text{Mediana}[2,5,10] = 5$$

$$Y_3 = \text{Mediana}[10,5,4] = \text{Mediana}[4,5,10] = 5$$

$$Y_4 = \text{Mediana}[5,4,4] = \text{Mediana}[4,4,5] = 4$$

Entonces, $\hat{Y} = [2,5,5,4]$ donde \hat{Y} es la serie filtrada de la serie Y .

El problema más común de este tipo de filtros es cómo procesar los extremos de la serie. Conforme el filtrado se acerca a los extremos, un filtro de mediana no podrá conservar elementos que se presenten en número impar dentro de una ventana. Las soluciones más comunes comprenden:

- No procesar los extremos, como en el ejemplo mostrado.
- Hacer que el proceso de filtro de una ventana menor en los extremos.
- La comparación de la muestra filtrada a la muestra original para determinar si es que muestra un valor anómalo antes de que lo sustituya con un filtrado.

Anexo 3: Estimaciones del PBI potencial

PBI Potencial por el filtro de Hodrick-Prescott (Millones de nuevos soles de 1994)

Año	PBI Efectivo	PBI Potencial HP(7)	PBI Potencial HP(100)	PBI Potencial HP(1000)
1950	21,928.82	22,198.78	21,841.55	19,376.37
1951	23,987.08	23,714.49	23,272.51	21,367.76
1952	25,230.66	25,191.63	24,704.34	23,361.71
1953	26,469.57	26,630.58	26,145.06	25,363.39
1954	28,086.04	28,037.29	27,607.95	27,379.82
1955	29,719.45	29,394.71	29,109.54	29,419.17
1956	31,006.31	30,692.76	30,671.14	31,490.29
1957	33,097.43	31,967.74	32,320.16	33,602.32
1958	32,855.13	33,300.76	34,087.34	35,763.94
1959	33,369.17	34,934.30	36,011.23	37,983.32
1960	36,354.62	37,047.18	38,118.04	40,265.70
1961	39,412.83	39,594.64	40,407.54	42,611.73
1962	43,053.81	42,432.97	42,861.90	45,018.14
1963	45,386.64	45,392.49	45,453.33	47,478.46
1964	48,198.41	48,392.22	48,155.94	49,984.26
1965	51,406.42	51,350.33	50,943.20	52,525.02
1966	55,589.76	54,157.31	53,788.99	55,088.42
1967	58,045.59	56,711.67	56,671.84	57,661.03
1968	58,271.16	59,116.54	59,588.25	60,229.93
1969	60,527.92	61,665.62	62,548.50	62,782.58
1970	64,274.79	64,531.85	65,549.67	65,304.47
1971	67,177.15	67,725.63	68,568.65	67,778.84
1972	69,479.38	71,220.64	71,569.57	70,187.92
1973	73,980.22	74,912.21	74,502.66	72,513.30
1974	80,480.64	78,446.89	77,297.23	74,735.90
1975	84,023.99	81,338.14	79,877.38	76,838.08
1976	85,003.83	83,389.91	82,199.05	78,807.97
1977	85,528.54	84,789.87	84,259.61	80,640.86
1978	82,295.96	85,956.23	86,084.52	82,338.24
1979	83,920.26	87,412.74	87,711.90	83,906.51
1980	90,353.84	89,160.24	89,142.01	85,352.01
1981	95,290.78	90,700.66	90,337.17	86,681.09
1982	94,978.69	91,706.43	91,271.84	87,905.10
1983	86,110.74	92,505.73	91,969.99	89,044.03
1984	89,381.56	93,894.17	92,492.68	90,124.90
1985	91,249.55	95,753.84	92,842.37	91,171.83
1986	102,300.53	97,322.13	92,990.40	92,208.18
1987	110,222.40	97,192.98	92,892.21	93,257.39
1988	99,839.22	94,671.52	92,596.31	94,353.01
1989	86,431.40	90,924.23	92,324.52	95,545.52
1990	82,032.21	87,855.85	92,371.10	96,890.91
1991	83,759.69	86,729.25	92,971.38	98,436.06
1992	83,400.56	87,975.40	94,257.28	100,212.98
1993	87,374.59	91,601.00	96,268.61	102,239.00
1994	98,577.44	96,959.23	98,936.64	104,514.66
1995	107,063.89	102,799.49	102,103.67	107,025.60
1996	109,759.99	108,102.35	105,608.41	109,751.55

1997	117,293.99	112,457.58	109,339.18	112,672.28
1998	116,522.25	115,691.76	113,225.82	115,767.55
1999	117,587.42	118,322.40	117,277.72	119,021.75
2000	121,056.94	120,985.61	121,537.21	122,420.03
2001	121,317.09	124,212.55	126,049.75	125,946.11
2002	127,407.43	128,544.54	130,855.97	129,582.32
2003	132,544.85	134,109.28	135,949.19	133,306.39
2004	139,319.60	140,872.00	141,288.24	137,093.86
2005	148,716.47	148,574.46	146,797.91	140,919.52
2006	159,954.76	156,736.66	152,383.29	144,760.37
2007	174,328.21	170,426.90	163,887.00	154,328.40

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

PBI Potencial por el filtro de Baxter y King (Millones de nuevos soles de 1994)

Año	PBI Efectivo	PBI Baxter-King (L=3 H=8)
1950	21,929.07	
1951	23,986.57	
1952	25,231.13	
1953	26,470.06	26,641.26
1954	28,085.80	28,140.77
1955	29,719.14	29,724.23
1956	31,006.46	30,563.35
1957	33,097.20	32,393.38
1958	32,855.49	33,375.92
1959	33,368.51	35,004.37
1960	36,355.04	37,442.43
1961	39,413.38	39,441.43
1962	43,053.62	42,693.69
1963	45,387.11	45,409.37
1964	48,198.16	48,805.43
1965	51,405.60	51,425.66
1966	55,589.75	54,261.39
1967	58,045.72	56,975.68
1968	58,270.78	59,069.07
1969	60,528.17	61,678.89
1970	64,275.05	64,281.75
1971	67,177.27	67,455.43
1972	69,479.24	71,070.45
1973	73,979.64	74,728.26
1974	80,481.17	78,658.84
1975	84,024.30	81,281.57
1976	85,003.62	82,610.49
1977	85,529.48	85,007.29
1978	82,296.13	85,371.56
1979	83,920.46	87,475.85
1980	90,353.72	89,182.10
1981	95,291.19	89,479.58
1982	94,979.41	92,351.36
1983	86,110.96	89,767.17
1984	89,382.35	95,541.87
1985	91,249.55	94,675.82
1986	102,300.89	97,120.31

1987	110,221.74	98,326.70
1988	99,839.33	94,974.85
1989	86,431.40	91,822.54
1990	82,032.21	88,031.84
1991	83,759.69	86,916.31
1992	83,400.56	87,836.32
1993	87,374.59	91,757.78
1994	98,577.44	97,911.96
1995	107,063.89	104,433.55
1996	109,759.99	107,567.18
1997	117,293.99	114,713.82
1998	116,522.25	115,581.20
1999	117,587.42	118,382.69
2000	121,056.94	122,133.55
2001	121,317.09	123,382.47
2002	127,407.43	129,449.20
2003	132,544.85	134,397.72
2004	139,319.60	142,137.37
2005	148,716.47	
2006	159,954.76	
2007	174,328.21	

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

**PBI Potencial (Minimización de Marfán)
(Millones de nuevos soles de 1994)**

Año	PBI Efectivo	PBI Potencial (Productividad Lineal)	PBI Potencial (Productividad Cuadrática)	PBI Potencial (Productividad Cúbica)	PBI Potencial (Productividad Segmentada)
1950	21,929.07	22,601.85	21929.07	24,012.37	22,977.69
1951	23,986.57	23,986.57	24597.97	24,353.76	23,986.57
1952	25,231.13	25,959.16	28073.75	25,231.13	25,506.42
1953	26,470.06	28,245.55	31867.59	26,550.92	27,323.52
1954	28,085.80	30,677.81	35693.30	28,223.73	29,305.24
1955	29,719.14	32,491.86	38384.17	29,719.14	30,813.43
1956	31,006.46	34,659.39	41447.52	31,632.15	32,658.84
1957	33,097.20	37,439.91	45231.38	34,177.07	35,071.91
1958	32,855.49	40,439.88	49125.06	37,079.62	37,727.92
1959	33,368.51	42,856.68	52000.02	39,667.12	39,934.41
1960	36,355.04	44,392.69	53511.95	41,603.60	41,417.40
1961	39,413.38	46,057.92	55088.38	43,686.08	43,051.89
1962	43,053.62	48,419.29	57460.38	46,420.08	45,348.85
1963	45,387.11	51,186.89	60205.13	49,563.70	48,064.69
1964	48,198.16	53,601.53	62350.84	52,402.27	50,519.04
1965	51,405.60	55,832.38	64139.81	55,058.94	52,859.72
1966	55,589.75	58,695.77	66565.79	58,299.31	55,841.40
1967	58,045.72	61,969.07	69327.42	61,907.99	59,273.57
1968	58,270.78	64,665.92	71278.06	64,901.40	62,235.10
1969	60,528.17	66,519.15	72171.36	66,984.41	64,456.24
1970	64,275.05	68,398.45	73025.23	68,999.39	66,754.55
1971	67,177.27	70,644.14	74208.59	71,277.05	69,464.09
1972	69,479.24	73,328.68	75780.20	73,881.23	72,668.55
1973	73,979.64	76,046.78	77304.60	76,397.78	75,979.38
1974	80,481.17	80,481.17	80481.17	80,481.17	81,092.41
1975	84,024.30	86,515.01	85104.22	85,978.54	84,024.30
1976	85,003.62	92,545.51	89549.13	91,277.97	87,061.46
1977	85,529.48	97,021.84	92363.49	94,864.22	89,306.61
1978	82,296.13	100,622.23	94278.74	97,420.07	91,130.17
1979	83,920.46	103,398.33	95400.65	99,020.00	92,547.52
1980	90,353.72	106,598.19	96906.82	100,860.83	94,291.54
1981	95,291.19	111,667.16	100077.33	104,264.14	97,247.51
1982	94,979.41	118,165.72	104471.48	108,765.28	101,186.02
1983	86,110.96	123,892.59	108158.71	112,348.05	104,775.47
1984	89,382.35	126,333.39	109042.43	112,846.98	106,426.31
1985	91,249.55	128,327.60	109638.55	112,877.39	107,869.99
1986	102,300.89	129,216.86	109421.32	111,921.07	108,675.46
1987	110,221.74	131,161.77	110221.74	111,859.44	110,221.74
1988	99,839.33	134,042.25	111934.47	112,579.58	112,455.76
1989	86,431.40	135,598.96	112706.84	112,244.02	113,898.36
1990	82,032.21	136,109.82	112795.77	111,158.73	114,706.12
1991	83,759.69	136,639.06	113090.13	110,234.88	116,060.73
1992	83,400.56	137,138.46	113561.07	109,470.81	117,444.74
1993	87,374.59	137,577.62	114194.65	108,882.65	118,834.67
1994	98,577.44	138,508.73	115457.80	108,938.47	120,672.00
1995	107,063.89	141,303.56	118511.68	110,733.11	124,086.10
1996	109,759.99	145,572.56	123086.95	114,020.08	128,820.00
1997	117,293.99	149,254.71	127502.93	117,293.98	133,210.61
1998	116,522.25	154,022.15	133214.40	121,939.02	138,655.06
1999	117,587.42	158,287.07	138913.29	126,831.17	143,837.64

2000	121,056.94	161,103.50	143778.81	131,305.01	147,925.21
2001	121,317.09	163,223.11	148458.29	136,018.61	151,532.00
2002	127,407.43	164,433.43	152747.94	140,852.87	154,446.50
2003	132,544.85	165,413.98	157264.01	146,433.46	157,253.71
2004	139,319.60	166,638.46	162478.55	153,271.67	160,384.48
2005	148,716.47	168,244.32	168577.07	161,636.02	163,981.66
2006	159,954.76	170,587.91	175994.02	172,060.83	168,404.85
2007	174,328.21	174,328.21	174328.20	174,328.21	174,328.21

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

**PBI Potencial (Minimización de Marfán alternativa)
(Millones de nuevos soles de 1994)**

Año	PBI Efectivo	PBI Potencial (Productividad Lineal)	PBI Potencial (Productividad Cuadrática)	PBI Potencial (Productividad Cúbica)	PBI Potencial (Productividad Segmentada)
1950	21,929.07	22,639.59	14,964.15	23,913.48	21,800.21
1951	23,986.57	23,692.51	17,342.68	24,235.02	22,804.87
1952	25,231.13	25,231.11	20,418.91	25,051.42	24,309.22
1953	26,470.06	27,026.39	23,776.90	26,265.73	26,104.08
1954	28,085.80	28,938.25	27,172.26	27,790.44	28,059.65
1955	29,719.14	30,334.97	29,600.81	29,126.08	29,551.36
1956	31,006.46	32,019.88	32,358.20	30,837.36	31,372.73
1957	33,097.20	34,205.29	35,747.09	33,121.04	33,749.31
1958	32,855.49	36,565.17	39,242.40	35,718.14	36,363.30
1959	33,368.51	38,439.46	41,866.35	38,006.80	38,536.97
1960	36,355.04	39,586.07	43,315.31	39,683.75	40,002.16
1961	39,413.38	40,834.92	44,825.40	41,487.12	41,615.29
1962	43,053.62	42,648.70	47,034.43	43,878.58	43,876.47
1963	45,387.11	44,787.92	49,576.99	46,633.30	46,547.31
1964	48,198.16	46,632.25	51,604.43	49,099.56	48,961.89
1965	51,405.60	48,320.43	53,326.24	51,391.92	51,264.92
1966	55,589.75	50,515.75	55,613.61	54,204.75	54,195.01
1967	58,045.72	53,034.85	58,204.35	57,340.48	57,565.73
1968	58,270.78	55,077.65	60,088.67	59,911.47	60,475.52
1969	60,528.17	56,430.57	61,044.50	61,656.29	62,660.37
1970	64,275.05	57,798.13	61,967.28	63,335.83	64,920.49
1971	67,177.27	59,453.76	63,183.58	65,246.74	67,582.83
1972	69,479.24	61,453.67	64,746.71	67,444.91	70,729.31
1973	73,979.64	63,470.66	66,270.25	69,559.46	73,979.64
1974	80,481.17	66,849.96	69,268.60	73,064.90	78,993.63
1975	84,024.30	71,489.39	73,564.60	77,818.67	80,215.47
1976	85,003.62	76,103.79	77,709.62	82,384.25	81,521.86
1977	85,529.48	79,460.04	80,399.54	85,420.31	82,334.02
1978	82,296.13	82,103.36	82,282.30	87,539.26	82,890.29
1979	83,920.46	84,078.72	83,447.76	88,811.97	83,200.21
1980	90,353.72	86,375.09	84,950.89	90,299.49	83,735.79
1981	95,291.19	90,127.52	87,943.81	93,167.28	85,067.30
1982	94,979.41	94,979.37	92,031.27	97,002.92	87,046.49
1983	86,110.96	99,196.84	95,471.27	100,032.30	88,814.68
1984	89,382.35	100,818.85	96,366.92	100,357.83	89,346.88
1985	91,249.55	102,077.65	96,983.51	100,285.70	89,758.85
1986	102,300.89	102,463.81	96,844.20	99,364.39	89,772.39
1987	110,221.74	103,658.49	97,600.27	99,247.98	90,276.11
1988	99,839.33	105,561.43	99,154.29	99,839.33	91,235.45

1989	86,431.40	106,424.84	99,832.27	99,529.74	91,696.67
1990	82,032.21	106,470.72	99,865.78	98,590.29	91,760.39
1991	83,759.69	106,520.96	100,055.41	97,822.70	93,426.07
1992	83,400.56	106,538.20	100,373.79	97,228.11	95,109.43
1993	87,374.59	106,499.11	100,807.05	96,823.30	96,788.71
1994	98,577.44	106,822.38	101,771.75	97,023.76	98,878.18
1995	107,063.89	108,540.02	104,300.07	98,803.06	102,437.19
1996	109,759.99	111,342.95	108,139.13	101,956.55	107,224.99
1997	117,293.99	113,671.95	111,784.26	105,159.30	111,682.15
1998	116,522.25	116,779.95	116,522.15	109,649.64	117,119.12
1999	117,587.42	119,474.35	121,186.95	114,434.57	122,302.23
2000	121,056.94	121,056.95	125,057.08	118,917.01	126,450.35
2001	121,317.09	122,094.37	128,707.26	123,684.27	130,139.72
2002	127,407.43	122,435.86	131,962.89	128,625.47	133,172.18
2003	132,544.85	122,586.22	135,364.53	134,306.02	136,096.56
2004	139,319.60	122,891.61	139,319.60	141,195.59	139,317.07
2005	148,716.47	123,447.93	143,982.23	149,547.28	142,967.87
2006	159,954.76	124,506.71	149,716.90	159,863.23	147,386.38
2007	174,328.21	119,175.30	157,204.82	173,052.55	153,205.01

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

**Método de los picos con fechas referenciales
(Millones de nuevos soles de 1994)**

Año	PBI Efectivo	PBI Potencial
1950	21,929.07	
1951	23,986.57	
1952	25,231.13	25,231.13
1953	26,470.06	26,717.61
1954	28,085.80	28,348.08
1955	29,719.14	29,572.11
1956	31,006.46	31,088.91
1957	33,097.20	33,097.20
1958	32,855.49	35,225.90
1959	33,368.51	36,980.80
1960	36,355.04	38,132.59
1961	39,413.38	39,413.38
1962	43,053.62	42,357.75
1963	45,387.11	45,783.41
1964	48,198.16	48,897.88
1965	51,405.60	51,873.56
1966	55,589.75	55,589.75
1967	58,045.72	58,446.97
1968	58,270.78	60,894.25
1969	60,528.17	62,694.22
1970	64,275.05	64,565.91
1971	67,177.27	66,803.09
1972	69,479.24	69,479.24
1973	73,979.64	71,161.06
1974	80,481.17	74,057.64
1975	84,024.30	78,127.10
1976	85,003.62	82,308.02
1977	85,529.48	85,529.48
1978	82,296.13	86,928.48
1979	83,920.46	87,978.04
1980	90,353.72	89,317.12
1981	95,291.19	91,717.64
1982	94,979.41	94,979.41
1983	86,110.96	100,312.42
1984	89,382.35	103,183.30
1985	91,249.55	105,773.46
1986	102,300.89	107,540.45
1987	110,221.74	110,221.74
1988	99,839.33	111,112.43
1989	86,431.40	111,443.32
1990	82,032.21	111,328.37
1991	83,759.69	111,279.32
1992	83,400.56	111,272.47
1993	87,374.59	111,292.03
1994	98,577.44	111,623.32
1995	107,063.89	112,997.13
1996	109,759.99	115,246.51
1997	117,293.99	117,293.99
1998	116,522.25	118,789.55
1999	117,587.42	120,184.28

2000	121,056.94	121,056.94
2001	121,317.09	128,595.47
2002	127,407.43	135,074.70
2003	132,544.85	141,342.17
2004	139,319.60	148,022.39
2005	148,716.47	155,323.37
2006	159,954.76	163,766.54
2007	174,328.21	174,328.21

Fuente: BCRP, cálculos de los autores

Anexo 4: El PBI potencial por el método sectorial

PBI Potencial (Millones de nuevos soles de 1994)

Año	PBI Efectivo	PBI Potencial
1950	21,929.07	22,413.82
1951	23,986.57	24,414.16
1952	25,231.13	25,951.82
1953	26,470.06	26,894.36
1954	28,085.80	28,716.32
1955	29,719.14	29,973.15
1956	31,006.46	31,105.87
1957	33,097.20	33,225.72
1958	32,855.49	34,856.99
1959	33,368.51	36,656.84
1960	36,355.04	38,562.79
1961	39,413.38	41,049.30
1962	43,053.62	44,837.15
1963	45,387.11	48,079.15
1964	48,198.16	51,305.25
1965	51,405.60	52,501.61
1966	55,589.75	55,822.65
1967	58,045.72	58,157.73
1968	58,270.78	61,214.08
1969	60,528.17	66,192.32
1970	64,275.05	70,740.86
1971	67,177.27	72,756.26
1972	69,479.24	75,159.14
1973	73,979.64	77,673.39
1974	80,481.17	80,920.83
1975	84,024.30	84,334.24
1976	85,003.62	86,446.41
1977	85,529.48	93,776.42
1978	82,296.13	96,858.12
1979	83,920.46	97,033.84
1980	90,353.72	94,641.74
1981	95,291.19	107,824.39
1982	94,979.41	108,257.24
1983	86,110.96	111,011.65
1984	89,382.35	113,570.69
1985	91,249.55	114,767.19
1986	102,300.89	113,609.71
1987	110,221.74	111,116.55
1988	99,839.33	110,459.02

1989	86,431.40	111,369.17
1990	82,032.21	104,482.10
1991	83,759.69	99,414.93
1992	83,400.56	98,672.27
1993	87,374.59	101,882.71
1994	98,577.44	105,544.26
1995	107,063.89	110,230.40
1996	109,759.99	113,664.13
1997	117,293.99	117,519.03
1998	116,522.25	118,809.41
1999	117,587.42	125,372.61
2000	121,056.94	127,620.28
2001	121,317.09	129,342.09
2002	127,407.43	133,920.13
2003	132,544.85	141,407.89
2004	139,319.60	148,525.65
2005	148,716.47	158,437.96
2006	159,954.76	170,667.75
2007	174,328.21	182,340.04

Fuente: BCRP, cálculos de los autores