



LAKLEMS

CRECIMIENTO ECONÓMICO Y
PRODUCTIVIDAD EN AMÉRICA LATINA

Documento Metodológico:

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LOS SERVICIOS DE CAPITAL Y LABORAL

(En revisión - versión diciembre 2018)

Documento en proceso de revisión.

*Para cualquier comentario, sugerencia o
corrección, se agradece reportar a
André Hofman (andre.hofman@usach.cl)*



*La elaboración de este documento fue financiado por el Banco Interamericano de
Desarrollo, en el contexto del proyecto "RG-T2867 : LA-KLEMS: Crecimiento Económico y
Productividad en América Latina".*

Índice

Resumen	3
1. Introducción	4
2. Marco conceptual de la metodología de estimación de los servicios de capital.....	8
2.1 Conversión a unidades de eficiencia productiva	9
2.1.1Vidas medias.....	10
2.1.2Funcion de retiro	11
2.1.3Perfil edad-eficiencia	13
2.1.4Servicios de capital	16
2.2 Agregación de los activos	17
2.1.1Costo de uso	17
2.1.2Indice de volumen	26
3. Marco conceptual de la metodología de estimación de los servicios laborales	27
4. Resultados.....	23
4.1 Análisis de sensibilidad	<i>(en construcción)</i>
4.2 Análisis Comparativo	<i>(en construcción)</i>
5. Conclusiones	<i>(en construcción)</i>
Bibliografía	33

Resumen

En este documento se presenta la metodología integrada propuesta por LA KLEMS para estimar acervos y servicios de capital y laboral. Asimismo, se presenta el efecto que tienen algunas alternativas metodológicas en la estimación de estos para el periodo 1990-2015, para los siguientes países del proyecto LA KLEMS: Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y México.

La estimación de servicios de capital se realiza en dos etapas. En la primera se estima el acervo de capital para cada tipo de activo considerado: equipos computacionales, equipos de comunicación, software, equipo de transporte, otra maquinaria y equipo, construcción no residencial y construcción residencial. Para ello se utilizan distintas formas funcionales para modelar el retiro de activos y su pérdida de eficiencia y distintas medidas de su acervo inicial. En la segunda, suponiendo que los servicios son proporcionales al acervo de capital disponible; se calcula la variación del índice agregado de volumen de servicios de capital, utilizando como ponderador el respectivo costo de uso. Dado que no existe consenso en la medición de la tasa de retorno del costo de uso, resulta de interés también comparar distintas opciones y así evaluar las consecuencias que tiene la elección de una determinada alternativa.

Adicionalmente, para testear la posible importancia en el capital humano de la enseñanza terciaria incompleta versus la secundaria completa utilizaremos una mayor desagregación en los niveles educativos, con el consiguiente aumento de los tipos de trabajo.

Finalmente, se realiza una estimación de la productividad multifactorial con las distintas series de servicios de capital y laboral que se construyen para esta investigación y se comparan los resultados.

1 Introducción

El modelo canónico de análisis empírico del crecimiento es el modelo propuesto por Solow (1957). El modelo parte de una función de producción estándar¹:

$$Y = F(A, K, L) \quad (1)$$

donde el producto (Y), se obtiene de la combinación de los niveles disponibles de tecnología (A), capital (K) y trabajo (L).

Transformando la ecuación (1) en logaritmos y diferenciando con respecto del tiempo, el crecimiento del producto se puede expresar como²:

$$\dot{Y}/Y = \left(\frac{F_A A}{Y}\right)(\dot{A}/A) + \left(\frac{F_K K}{Y}\right)(\dot{K}/K) + \left(\frac{F_L L}{Y}\right)(\dot{L}/L) \quad (2)$$

es decir, el crecimiento del producto se puede descomponer como la suma del cambio en la tecnología y los factores productivos, cada uno ponderado por su producto marginal.

Suponiendo la existencia de mercados de factores completos y eficientes, y rendimientos constantes a escala, la remuneración de los factores productivos es igual a su productividad marginal. Por lo que la ecuación (2) se puede reescribir como:

$$\dot{Y}/Y = g + \alpha(\dot{K}/K) + (1-\alpha)(\dot{L}/L) \quad (3)$$

donde α es la participación de los ingresos del capital en el PIB y $g \equiv (F_A A/Y)(\dot{A}/A)$. En este contexto, la variable g es conocida como productividad multifactorial y es un indicador de la eficiencia con la cual la economía combina trabajo y capital para generar valor agregado OCDE (2001b)³.

¹Para una discusión detallada del modelo de Solow ver [Cap. 1]Barro Sala i Martin (2004)

² F_X indica la derivada parcial de la función de producción con respecto del argumento $X = \{A, K, L\}$.

³Cuando el insumo de capital se estima a partir de información desagregada por industria, utilizando costos de uso como ponderadores e índices de precios ajustados por calidad, la productividad mide el efecto de cambios tecnológicos no incorporados en el capital.

En principio, todos los elementos de la ecuación (3), con excepción de g , son observables; por lo que ésta se suele estimar reordenándola de la siguiente manera:

$$g = \dot{Y}/Y - \alpha(\dot{K}/K) - (1 - \alpha)(\dot{L}/L) \quad (4)$$

La ecuación (4) es la ecuación clave en el análisis de la productividad⁴. Autores como Prescott (1998) y EasterlyLevine (2002) entre otros, señalan que las variaciones de la productividad explican la mayor parte de las diferencias del ingreso entre distintos países. Sin embargo, como fue señalado en su momento por Abramowitz (1957), Kendrick (1956) y el mismo Solow (1957); el hecho que el aporte de la productividad se estime como residuo, implica que cualquier sesgo introducido por errores u omisiones en la estimación de la función de producción, contaminará la estimación de la productividad multifactorial.

Obviamente existen varias fuentes de error en la medición de las variables de la ecuación (4). Sin embargo, todas son relativamente menores al problema que presenta la definición y medición de acervos de capital y sus servicios de Jorgenson y Griliches (1967) y Jorgenson, Gollop y Fraumeni (1987). En términos generales, la certeza con la cual se puede estimar el aporte del capital está limitada por la disponibilidad de datos⁵.

De manera similar a como los trabajadores son repositorios del acervo de capital humano y prestan servicios medidos en horas--trabajadas, los bienes de capital representan un acervo que provee un flujo de servicios⁶, que son insumos en el proceso productivo. La diferencia es que mientras los trabajadores reciben una remuneración a cambio de los servicios prestados; en general, los bienes de capital son propiedad de la empresa que los utiliza, por lo que no existe un registro de la remuneración por los servicios prestados por los bienes de capital.

En consecuencia, la medición del aporte del insumo capital en el proceso

⁴Ver Hulten (2001) y Jorgenson (2005) para reseñas recientes. Adicionalmente, un marco analítico que incluye otro tipo de factores se puede encontrar en Koszereketal (2007) y Corradoetal (2004).

⁵Ver Griliches (1994) para una discusión detallada.

⁶El ejemplo clásico es el de una bodega que provee un flujo de servicios medido en volumen de almacenaje.

productivo plantea la correcta estimación de los flujos de servicios derivados de los distintos tipos de bienes de capital, así como de los ponderadores utilizados en su agregación.

La estimación de los flujos de servicios de capital parte de la medición de los acervos de capital disponibles en el tiempo. Para ello, es conveniente distinguir entre dos tipos de acervos: El acervo de capital bruto, que representa el valor en un momento determinado del tiempo, de todos los activos productivos disponibles valorizados como si fueran nuevos, sin tomar en cuenta su edad o condición. Y el acervo de capital neto, o de riqueza, el cual descuenta el valor acumulado del consumo de capital fijo del acervo de capital bruto.

Existen diversas alternativas para estimar el acervo de capital bruto, las cuales se pueden clasificar en métodos paramétricos y no paramétricos. Entre los métodos paramétricos se destaca el método de valuación hedónica, en el cual se utilizan métodos de regresión para estimar tanto el acervo de capital como los precios a utilizar⁷.

El enfoque no paramétrico más utilizado es el conocido como método de inventario permanente, en el cual el acervo de capital bruto se estima a partir de la acumulación histórica de la formación de capital, deduciendo el valor de los activos que han alcanzado el máximo de su vida productiva.

Alternativamente, el acervo de capital puede ser medido directamente a través de encuestas y la utilización de registros administrativos. Sin embargo, dado los costos involucrados, este método se suele utilizar sólo para algunos años de referencia.

El objetivo de este documento es presentar la metodología integrada de inventario permanente propuesta por la OCDE, OCDE (2001^a), OCDE (2001b), ilustrando el efecto que tienen distintos supuestos en la estimación de los índices de volumen de servicios de capital y la productividad de los siguientes cinco países de LA KLEMS: Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y México.

⁷Ver Jorgenson (1999) para una reseña reciente de los métodos utilizados y Cuentas Nacionales 2004 para una aplicación reciente al caso de Argentina.

La estimación de servicios de capital se realiza en dos etapas. En la primera se estima el acervo de capital para cada tipo de activo considerado: equipos computacionales, equipos de comunicación, software, equipo de transporte, otra maquinaria y equipo, construcción no residencial y construcción residencial. Para ello se utilizan distintas formas funcionales para modelar el retiro de activos y su pérdida de eficiencia y distintas medidas de su acervo inicial. En la segunda, suponiendo que los servicios son proporcionales al acervo de capital disponible; se calcula la variación del índice agregado de volumen de servicios de capital, utilizando como ponderador el respectivo costo de uso. Dado que no existe consenso en la medición de la tasa de retorno del costo de uso, resulta de interés también comparar distintas opciones y así evaluar las consecuencias que tiene la elección de una determinada alternativa.

Adicionalmente, para testear la posible importancia en el capital humano de la enseñanza terciaria incompleta versus la secundaria completa utilizaremos una mayor desagregación en los niveles educativos, con el consiguiente aumento de los tipos de trabajo.

A causa de la escasez de información oficial, es común que, en la estimación de series de capital de países en desarrollo, se recurra a la utilización de valores de vidas medias y tasas de obsolescencia que han sido estimados para países industrializados. Por ello, los resultados encontrados enfatizan la necesidad de realizar estudios empíricos en la región que permitan tener más certeza sobre las vidas útiles de distintos tipos de activo, así como de las tasas de obsolescencia a las cuales se enfrentan.

El documento está ordenado de la siguiente manera: la sección 2 y 3 presentan el marco conceptual de las metodologías de estimación de los servicios de capital y empleo, respectivamente. En la sección 4 se presentan los resultados, destacando el efecto de los supuestos alternativos sobre las estimaciones e indicando algunas de las limitaciones de la metodología y su implementación. La sección 5 concluye con algunas recomendaciones.

2 Marco Conceptual de la Metodología de Estimación de los Servicios de Capital

Como se mencionó, el papel que juega el capital en la producción es similar al del trabajo en el sentido que el acervo de capital, al igual que los trabajadores, es utilizado, pero no consumido. Por lo tanto, los insumos relevantes son los flujos de servicios de ambos factores; en el caso del trabajo es el número de horas trabajadas, mientras que en el caso del capital es el número de horas--máquina u horas de utilización de una construcción.

No obstante, lo anterior, y reflejo de la dificultad de la estimación de los servicios de capital, diversos estudios sobre productividad multifactorial utilizan acervos de capital en vez de sus servicios. La diferencia empírica entre ambos conceptos se refiere a la ponderación utilizada en la agregación de distintos tipos de activo. Mientras que los acervos se agregan utilizando su valor de mercado como ponderador, los servicios se agregan utilizando el costo de uso. En la sección 3 se comparan las estimaciones de productividad obtenidas bajo distintos métodos, con el fin de ilustrar el impacto que tiene la correcta ponderación del capital en el proceso productivo.

El uso de acervos de capital, en vez de los servicios derivados de los mismos, es problemática por las siguientes razones OCDE (2001a):

1. Todos los demás elementos de la función de producción (4) son flujos, con lo cual existe una inconsistencia en la dimensión de las variables utilizadas. El cambio en el acervo de capital en (4) es un flujo de primer orden, mientras que el resto de la función de producción considera flujos de segundo orden, por lo que el problema de inconsistencia persiste.

2. La metodología utilizada generalmente para estimar acervos, no reconoce el hecho que los activos productivos de mayor antigüedad no son tan eficientes como los adquiridos recientemente.

3. Finalmente, en el cálculo del acervo de capital agregado cada activo se pondera por su valor de mercado. Esto implica que dos activos con el mismo valor de mercado tienen el mismo aporte en la producción. Sin embargo, esto no reconoce el hecho que, para dos activos con el mismo valor de mercado, pero con vidas de servicio de diferente duración, los flujos y por lo tanto, su aportación a la producción sean distintos. Así, el activo con una vida más corta tendrá una contribución mayor que aquel con una vida más larga⁸.

Desde el punto de vista empírico, para resolver los problemas anteriores, el índice de volumen de servicios de capital se estima a partir de las series de formación bruta de capital fijo en dos etapas:

1. Conversión de acervos de activos similares a unidades de eficiencia productiva. Durante esta etapa se construye el acervo de capital productivo, lo cual implica definir la longitud de la edad media de servicios de cada tipo de activo, así como las formas funcionales del retiro y la pérdida de eficiencia.

2. Agregación de unidades de eficiencia productiva en un índice de volumen de servicios de capital. Durante esta etapa es necesario definir el costo de uso del capital, lo que implica definir la tasa de retorno y la depreciación, lo cual a su vez hace necesario definir cómo evoluciona el precio de los activos según su edad.

2.1 Conversión a Unidades de Eficiencia Productiva

El acervo de capital productivo del bien j , con vida máxima T_j , se define como:

$$K_{t,j}^p = \sum_{\tau=0}^{T_j} I_{j,t-\tau} R_{j,\tau} E_{j,\tau} \quad (5)$$

donde $I_{j,t-\tau}$ es la inversión de edad τ expresada a precios constantes, $R_{j,\tau}$ es la función de retiro, la cual determina la proporción de la inversión realizada hace τ periodos que

⁸Ver [Anexo A] Oulton Srinivasan (2003) para una derivación formal.

sobrevive actualmente y $E_{j,\tau}$ representa el perfil edad--eficiencia, el cual caracteriza la pérdida de eficiencia productiva de los activos según envejecen.

Es importante destacar que mientras que el acervo de capital bruto, definido como $\sum_{\tau=0}^{T_j} I_{j,t-\tau} R_{j,\tau}$ valora los activos como si fueran nuevos; la normalización impuesta por el uso del perfil edad--eficiencia, $E_{j,\tau}$, permite referirse al capital productivo en términos de unidades de eficiencia productiva, que es una medida de volumen.

Para estimar los acervos de capital productivo de cada tipo de bien según (5); es necesario definir la duración de la vida media de servicio de cada tipo de bien⁹, así como las funciones de retiro y eficiencia que serán utilizadas.

2.1.1 Vidas Medias

Como se discute en OCDE (2001a), OCDE (2001b), la correcta medición de series de capital depende de la elección de la vida media de los distintos bienes de capital. Esto se debe a que la vida media afecta tanto la estimación del acervo de capital como la estimación de su costo de uso. Aunque el efecto es de signo contrario, tal como se discute en la sección 4, generalmente la tasa de crecimiento del índice de volumen de servicios de capital depende positivamente de la longitud de las vidas medias seleccionadas.

En países desarrollados, la estimación de las vidas medias de distintos tipos de bienes de capital se realiza explotando información proveniente de varias fuentes, como por ejemplo registros fiscales, contables y administrativos, así como a través de la realización de encuestas. La información proveniente de registros se suele complementar con la opinión de expertos y los resultados se suelen comparar periódicamente con los estudios realizados en otros países. Debido al costo asociado, existen pocos estudios sistemáticos con respecto de la vida media de distintos tipos de activos para países en

⁹La vida media se refiere a la esperanza de vida de un activo, mientras que la vida máxima se refiere a la edad en la que se retira el activo más longevo de la cohorte.

desarrollo¹⁰, por lo que se suele adoptar las vidas medias estimadas para los Estados Unidos. Cabe señalar, sin embargo, que algunos trabajos como el de Erumban (2008) indican que este supuesto es cuestionable.

Generalmente se supone que la vida de servicio de los activos se mantiene constante. Sin embargo, existen dos razones para suponer que este supuesto no es siempre válido. En primer lugar, el ciclo de producto se está volviendo cada vez más corto debido a cambios en las preferencias de los consumidores, así como a mejoras continuas en las líneas de producto. No obstante, lo anterior, el desarrollo de sistemas de producción flexible permite producir nuevos productos sin descartar los activos de capital existentes. Por lo tanto, la reducción de los ciclos de producto no implica necesariamente vidas de servicio más cortas para los bienes de capital.

La segunda razón es que, en la actualidad varios tipos de bienes de capital se enfrentan a tasas de obsolescencia más altas que en el pasado. Dado que esta clase de bienes corresponde en su mayoría a bienes de tecnologías de información y comunicaciones, los cuales han incrementado su proporción en el acervo de capital productivo, es probable que la vida de servicio promedio de los acervos de capital esté acortándose.

Considerando el objetivo del estudio y la restricción impuesta por la disponibilidad de datos, en este documento se supone una vida de servicio constante. Sin embargo, una extensión interesante de este documento sería profundizar en el análisis de vidas de servicio de activos productivos en América Latina.

¹⁰En América Latina, una excepción es el estudio realizado por la DNCN2004 para el caso de Argentina, el cual está basado en el trabajo de Coremberg2002.

2.1.2 Función de Retiro

Existen diversas funciones de retiro que han sido consideradas en aplicaciones empíricas. Sin embargo, según el manual de la OCDE (2001^a) lo más realista es utilizar algún tipo de función de retiro en forma de campana, en donde se supone que los retiros comienzan gradualmente algún tiempo después de la fecha de instalación, para acelerarse hasta la edad promedio de servicio, a partir de la cual el ritmo de retiro se reduce gradualmente.

En este estudio se utiliza una función de retiro perteneciente a la familia de curvas de Winfrey, nombradas en honor a Robert Winfrey, quien durante la década de 1930 recopiló información con respecto a las fechas de instalación y retiro de 176 tipos de activos industriales en los Estados Unidos (Winfrey, 1935¹¹).

La función de retiro se expresa como la probabilidad de supervivencia de un activo en función de su edad τ , y tiene la siguiente forma funcional:

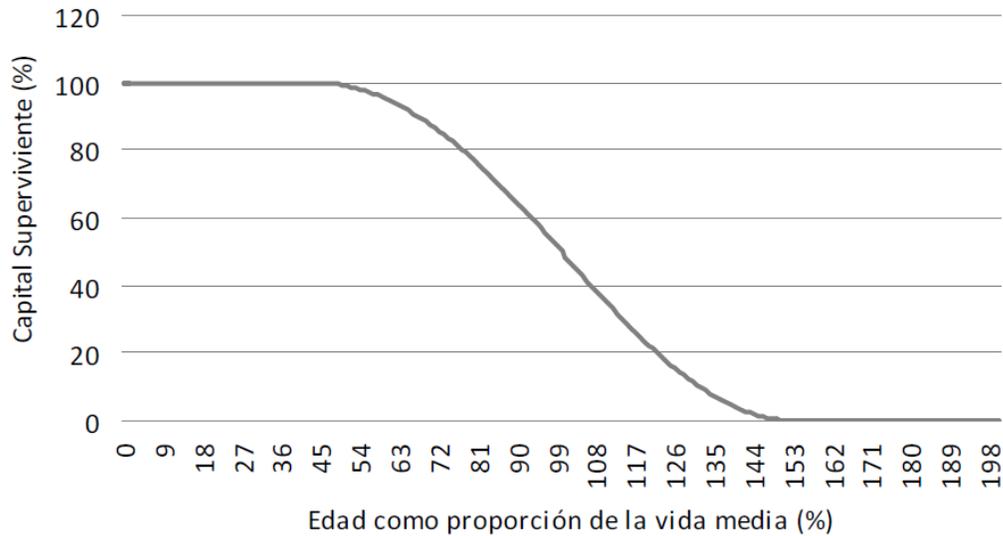
$$R_{j,\tau} = \begin{cases} 1, & \text{cuando } (\tau/\bar{T}_j) < T_{j,-} \\ \left(1 - \frac{(\tau - T_{j,-})^2}{(T_{j,+} - T_{j,-})^2}\right)^m, & \text{cuando } (\tau/\bar{T}_j) \in [T_{j,-}, T_{j,+}] \\ 0, & \text{cuando } (\tau/\bar{T}_j) > T_{j,+} \end{cases} \quad (6)$$

donde \bar{T}_j representa la vida media del activo, $T_{j,-}$ y $T_{j,+}$ representan respectivamente las edades del inicio y fin del retiro de los activos, ambas expresadas como proporción de la vida media, mientras que m es un parámetro que se calibra de manera que el 50% del acervo haya sido retirado cuando se alcanza la vida media del activo.

La figura 1 muestra la curva de Winfrey simétrica para cierto tipo de activo, cuando se supone que el retiro comienza a partir del 45% de la vida promedio y el último activo se retira cuando se alcanza el 155% de la vida promedio de la cohorte.

¹¹El estudio fue actualizado posteriormente por Winfrey1967 y por RussoCowles1980.

Figure 1: Función de Retiro Winfrey



2.1.3 Perfil Edad--Eficiencia

El perfil de edad--eficiencia, $E_{j,\tau}$, mide la pérdida de eficiencia productiva conforme los bienes de capital envejecen. Existen dos razones por las cuales los bienes de capital pierden eficiencia productiva ¹²:

1. *Deterioro de los Insumos.* Este concepto se refiere a que activos de mayor antigüedad requieren de mayores insumos materiales, como por ejemplo refacciones, para mantenerlos en funcionamiento.

2. *Deterioro del Producto.* Este concepto se refiere a reducciones en la producción debido a una proporción mayor de artículos defectuosos, o menos tiempo de operación debido al tiempo dedicado a reparaciones.

Existen diversas funciones que permiten definir el perfil edad--eficiencia, aunque en la práctica se suelen utilizar los siguientes tres tipos de funciones:

En este caso, se supone que los activos pierden una cantidad de eficiencia creciente conforme envejecen. La forma funcional de este tipo de pérdida de eficiencia

¹²Si se considera que existe un periodo de aprendizaje en la operación de bienes de capital, el perfil edad--eficiencia no tiene por qué ser monótonicamente decreciente.

es la siguiente:

$$E_{j,\tau} = \frac{T_j - \tau}{T_j - \beta_j \tau} \quad (7)$$

donde T_j es la vida máxima del activo, τ es su edad y $\beta_j \in [0,1]$ es un parámetro que define la rapidez con la que el activo pierde eficiencia productiva¹³.

Este perfil es utilizado por la Oficina de Estadísticas de Trabajo (BLS) de los Estados Unidos, la Oficina de Estadísticas de Australia (ABS) y la OCDE entre otros¹⁴.

El perfil edad--eficiencia lineal representa un caso particular del perfil hiperbólico cuando $\beta_j = 0$. Este perfil implica que los activos pierden una cantidad de eficiencia constante en cada periodo.

Este perfil es utilizado por la oficina de estadísticas del Reino Unido entre otros.

A diferencia del perfil lineal, el perfil geométrico implica que los activos pierden una proporción de eficiencia constante en cada periodo; en niveles esto significa que la pérdida de eficiencia es mayor al principio de la vida útil y disminuye conforme los activos envejecen. La forma funcional que se suele utilizar para este tipo de perfil es:

$$E_{j,\tau} = \left(1 - \frac{R_j}{T_j}\right)^\tau \quad (8)$$

donde R_j es el parámetro que define la velocidad de pérdida de eficiencia¹⁵ y $\overline{T_j}$ es la vida promedio de servicio del activo.

Este perfil es utilizado por la oficina de análisis económico (BEA) de los Estados

¹³Cuando $\beta_j = 1$, el activo mantiene una eficiencia constante a lo largo de su vida útil; este caso corresponde al modelo *One--Hoss Shay*.

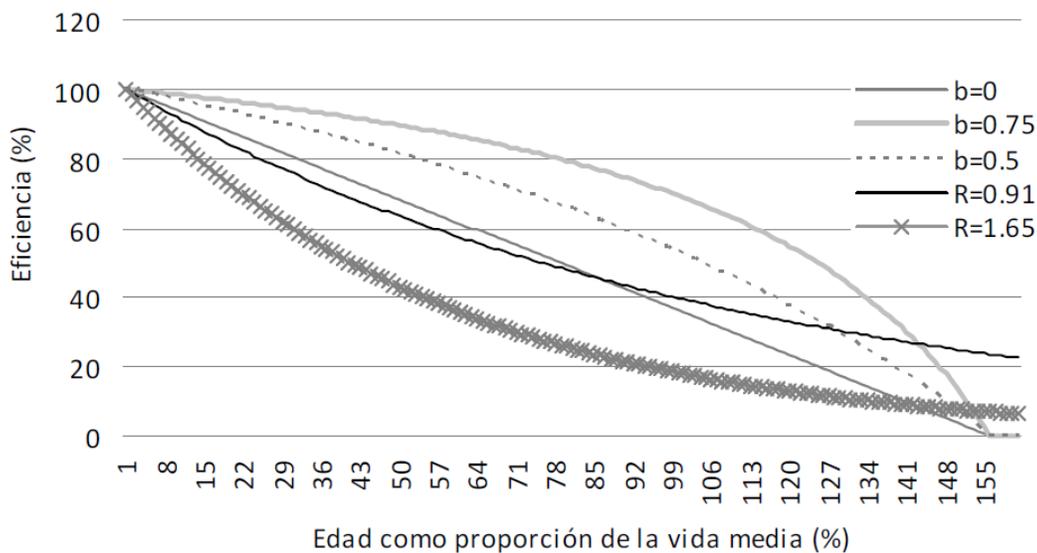
¹⁴La Oficina de Estadísticas de Trabajo (BLS) de los Estados Unidos, y la Oficina de Estadísticas de Australia (ABS) utilizan valores de 0,5 para Maquinaria y Equipo y 0,75 para Construcción.

¹⁵Generalmente se utilizan los valores estimados para los Estados Unidos por Hulten and Wykoff (1981a), Hulten and Wykoff (1981b), Hulten and Wykoff (1981c), que son 1,65 para Maquinaria y Equipo, y 0,91 para Construcción.

Unidos, así como por el proyecto EU--KLEMS¹⁶.

La figura 2 muestra los perfiles edad--eficiencia hiperbólico y geométrico bajo el supuesto que la vida máxima de un activo es igual a 155% de su vida media (Baitouretal, 2007 y Masetal, 2005). Como se puede observar, la pérdida de eficiencia del perfil hiperbólico es proporcional al valor del parámetro β ; mientras que en el caso del perfil geométrico es inversamente proporcional al parámetro R .

Figure 2: Perfiles Edad—Eficiencia



Cabe mencionar que el perfil geométrico se aproxima a cero asintóticamente; es decir, este perfil supone implícitamente una vida infinita para los activos. Esto claramente es poco realista para un tipo de activo en particular; sin embargo, estudios en mercados de segunda mano en los Estados Unidos, indican que este perfil refleja adecuadamente el efecto combinado de la pérdida de eficiencia y el retiro de activos BEA (2003), Fraumeni (1997), Hulten and Wykoff (1981a), Hulten and Wykoff (1981b) y Hulten and Wykoff (1981c).

¹⁶EU-KLEMS es un proyecto coordinado por la Universidad de Groningen en Holanda, cuyo objetivo es contar con estadísticas de productividad comparables, para los países de la Unión Europea. Las siglas provienen del uso de una función de producción tipo KLEMS, la cual contabiliza además del capital (K) y el trabajo (L), insumos de energía(E), materiales (M) y servicios (S).

Una vez que la función de retiro y el perfil edad--eficiencia han sido determinados, es posible estimar los acervos de capital productivo para cada tipo de activo. Cuando no se cuenta con series de formación bruta de capital fijo suficientemente largas, como suele ser el caso para los países latinoamericanos, es necesario contar con una estimación del acervo de capital inicial ¹⁷.

2.1.4 Servicios de Capital

Para obtener el flujo de servicios de capital, se supone que los servicios son proporcionales al acervo de capital productivo disponible para cada tipo de bien:

$$\lambda_{j,t} K_{j,t}^P \quad (9)$$

En principio, el factor de proporcionalidad $\lambda_{j,t}$, recoge el efecto de variaciones en la utilización de la capacidad instalada a lo largo del ciclo de negocios. Sin embargo, la utilización de capacidad es particularmente difícil de medir, por lo que en general se supone que el factor de proporcionalidad es igual a uno para todos los activos en todos los momentos del tiempo, i.e. $\lambda_{j,t} = 1 \quad \forall j, \forall t$ ¹⁸.

Este supuesto implica que el índice de volumen de servicios de capital mide el flujo potencial de servicios que podría ser provisto por el acervo de capital disponible y no el flujo de servicios que se produce en realidad. Más relevante aún, es que este supuesto implica que el efecto de cambios en la utilización de la capacidad instalada será recogido por la productividad.

Sin embargo, suponiendo que en el corto plazo los productores optimizan tomando la capacidad instalada como fija, mientras que en el largo plazo la capacidad instalada es una variable de decisión; el índice de volumen de servicios de capital reflejará las variaciones en la utilización de capacidad instalada, en la medida en que los

¹⁷Las alternativas metodológicas disponibles para estimar el acervo de capital inicial se describen en la sección 3.

¹⁸En Schreyeretal2003 se analiza un caso distinto.

ponderadores utilizados para agregar los servicios de diferentes tipos de bienes reflejen el precio sombra del capital¹⁹.

Una vez que se ha estimado el flujo de servicios de capital para cada tipo de activo, el siguiente paso es agregar los activos. En la siguiente subsección se detalla la metodología a utilizar en el ejercicio empírico cuyos resultados se presentan en la sección 3.

2.2 Agregación de los Activos

El supuesto de competencia perfecta en el mercado de factores, implica que una compañía maximizadora de beneficios utilizará bienes de capital, hasta el punto en el que la renta pagada sea igual al beneficio marginal del bien de capital.

Por ello, la agregación de servicios de capital de distintos tipos de activo se lleva a cabo utilizando como ponderador el costo de uso de capital. El problema, como se mencionó, es que el costo de uso no es observable, ya que en general los bienes de capital son utilizados por sus propios dueños.

Sin embargo, es posible obtener una expresión del costo de uso como función de los precios de mercado de bienes nuevos, los cuales deben ser observables para poder medir las series de formación bruta de capital fijo. Este procedimiento se discute a continuación.

2.2.1 Costo de Uso

En equilibrio, el precio de mercado de cualquier activo es igual al valor presente esperado de los flujos generados por el mismo.

¹⁹En particular, los cambios en la utilización de capital se reflejan en el índice de volumen de servicios de capital en la medida en que la variación del índice de precios utilizado en el costo de uso refleje presiones de demanda agregada. Ver BerndtFuss1986 para una discusión detallada.

En el caso de los bienes de capital los flujos son equivalentes a lo que su dueño recibiría por rentar el activo durante cierto periodo. Por ello el valor de mercado de un activo con vida máxima T_j , de edad τ en el momento t está dado por:

$$p_{j,t,\tau} = \sum_{s=0}^{T_j} \left[\frac{\mu_{j,t+s,\tau+s}}{\prod_{k=0}^s (1+i_{t+k})} \right] \quad (10)$$

donde i_t es la tasa nominal de retorno, la cual se supone es igual para todos los tipos de activos; y $\mu_{j,t,\tau}$ es el monto recibido por rentar el activo de edad τ durante el periodo t , o costo de uso, el cual bajo los supuestos realizados es igual al producto marginal del activo.

Restando $p_{j,t+1,\tau+1}/(1+i_t)$ de (10) y reordenando permite obtener la siguiente expresión:

$$\mu_{j,t,\tau} = p_{j,t,\tau} i_t + (p_{j,t,\tau} - p_{j,t+1,\tau+1})$$

en donde el costo de uso del capital se expresa en términos de los precios de mercado del activo.

El costo de uso tiene dos componentes: $p_{j,t,\tau} i_t$, que representa el costo de oportunidad de invertir en el activo j y el término $(p_{j,t,\tau} - p_{j,t+1,\tau+1})$, que representa el cambio del valor del activo de un periodo a otro, lo que según el Sistema de Cuentas Nacionales de 1993 corresponde a la depreciación (SCN93).

Sin embargo, es más preciso descomponer el cambio de valor del activo en el tiempo en dos componentes Jorgenson (1999):

$$(p_{j,t,\tau} - p_{j,t+1,\tau+1}) = (p_{j,t,\tau} - p_{j,t,\tau+1}) - (p_{j,t+1,\tau+1} - p_{j,t,\tau+1})$$

donde $(p_{j,t,\tau} - p_{j,t,\tau+1})$, es el cambio de valor producto de la pérdida de eficiencia del activo y corresponde al concepto de depreciación utilizado en OCDE (2001a), OCDE (2001b), mientras que $(p_{j,t+1,\tau+1} - p_{j,t,\tau+1})$ es la revalorización del activo en el tiempo; a

este término también se le conoce como ganancia, o pérdida, de capital²⁰.

Definiendo la tasa de depreciación como $d_{j,t,\tau} \equiv (1 - p_{j,t,\tau+1}/p_{j,t,\tau})$ y la tasa de ganancia de capital como $q_{j,t} \equiv (1 - p_{j,t+1,\tau+1}/p_{j,t,\tau+1})$; el costo de capital se puede escribir como:

$$\mu_{j,t,\tau} = p_{j,t,\tau}(i_t + d_{j,t,\tau} - q_{j,t} + d_{j,t,\tau}q_{j,t}) \quad (11)$$

En la práctica, para estimar los costos de capital del j --ésimo activo, se ignora el término $d_{j,t,\tau}q_{j,t}$, que recoge el efecto de supuestos específicos sobre el momento en que se realizan los flujos y se utiliza la siguiente aproximación al costo de uso de bienes de capital nuevos:

$$\mu_{j,t,0} \approx p_{j,t,0}(i_t + d_{j,t,0} - q_{j,t}) \quad (12)$$

En algunas aplicaciones, la ecuación (12) se ajusta por el efecto del tratamiento fiscal de los bienes de capital. Sin embargo, este ajuste requiere conocer los regímenes fiscales aplicables para cada tipo de activo en el periodo de estudio. En este documento, como en Masetal (2005), no se realiza ningún ajuste adicional debido a limitaciones en los datos disponibles.

A continuación, se describen brevemente algunos supuestos adicionales que se realizan para la estimación del costo de uso.

Tasa de retorno.

La teoría económica no precisa cual es la tasa de retorno i_t que debería ser utilizada para calcular el costo de uso del capital²¹. En la práctica, se utilizan dos enfoques alternativos para estimar la tasa de retorno:

²⁰Es importante notar que la depreciación se refiere a dos activos de distinta edad en el mismo momento en el tiempo, por lo que a veces es llamado depreciación de sección cruzada. Por su parte, la revalorización del activo se refiere a dos activos de la misma edad en distintos momentos en el tiempo, por lo que a veces es llamada depreciación intertemporal.

²¹Ver [Cap. 7]Mandler (1999) para una discusión detallada.

Este enfoque fue propuesto originalmente por Hall and Jorgenson (1967) y parte del excedente bruto de explotación:

$$p_t Y_t - w_t L_t \quad (13)$$

donde p_t es el nivel de precios de la producción agregada Y_t , w_t es el salario y L_t es el nivel de empleo.

Para estimar la tasa de retorno endógena a partir de (13), es necesario realizar un supuesto que permita repartir el ingreso de trabajadores independientes entre la remuneración del capital y trabajo. Posteriormente, es necesario realizar un supuesto adicional, acerca de cuáles son los factores a los que corresponde la remuneración incluida en el excedente bruto de explotación.

En la práctica, generalmente se supone que el excedente bruto de explotación representa la remuneración de los activos fijos, o bien de sus respectivos servicios:

$$p_t Y_t - w_t L_t = \sum_j \mu_{j,t,0} K_{j,t}^p = \sum_j p_{j,t,0} (i_t + d_{j,t,0} - q_{j,t}) K_{j,t}^p \quad (14)$$

donde la igualdad de la ecuación (14) se obtiene de la selección de la tasa de retorno i_t .

El enfoque supone implícitamente Schreyer (2006): que el mercado de productos finales es perfectamente competitivo, por lo que la remuneración de los factores agota el producto; que las cuentas nacionales reflejan la totalidad de activos disponibles en la economía; y que la tasa de retorno observada ex--post por los contables nacionales es igual a la tasa ex--ante a la que se enfrentan los agentes económicos, lo cual supone que los agentes no cometen errores en sus predicciones.

El otro enfoque utiliza una tasa de retorno obtenida a partir de las tasas de interés observables en el mercado. El problema es que la tasa relevante depende del perfil de financiamiento de cada empresa, por lo que se suele utilizar un promedio de las tasas activas y pasivas.

La utilización de una tasa de retorno exógena supone implícitamente (Harchaoui Tarkhani, 2002): que los agentes económicos tienen información completa, lo cual implica

que no existen problemas de agencia entre los dueños de los factores de producción y quienes los administran; y que existe un mercado completo y eficiente de activos de segunda mano, lo cual implica que las decisiones de inversión son reversibles, que los activos de capital son divisibles y que los distintos tipos de activos son sustitutos en el proceso productivo.

Una de las consecuencias de adoptar una tasa de retorno exógena, es que en general el valor total de los servicios de capital no será igual al excedente bruto de explotación obtenido a partir de las cuentas nacionales. Esta discrepancia se puede explicar como una diferencia entre los costos esperados y los realizados, como evidencia de que el proceso productivo no exhibe rendimientos constantes a escala o a mercados no competitivos.

Desde un punto de vista teórico, la utilización de la tasa de retorno endógena es preferible (Oulton, 2007 y Harperetal, 1989), lo cual explica por qué la mayoría de estudios empíricos adoptan este enfoque. Sin embargo, algunos autores como Diewert (1980), Diewert (2005) ó Schreyer (2006) cuestionan su utilización. En la práctica el enfoque adoptado suele verse determinado por la disponibilidad de datos.

Considerando que el objetivo de este documento es ilustrar la metodología de estimación de servicios de capital, privilegiando la claridad en la exposición y la replicabilidad de la metodología, se optó por utilizar una tasa de retorno exógena. Sin embargo, cabe destacar que Harperetal (1989), Diewert (2001) y Oulton (2007) entre otros, señalan que la elección de la tasa de retorno no es trivial y afecta la estimación de series de servicios de capital.

En particular, en la sección 4 se supone que la tasa de retorno nominal está dada por la fórmula de Fisher: $1+i_t = (1+r)(1+\pi_t)$; donde tal como en Masetal (2005) se supone que $r = 4\%$, lo cual es aproximadamente el promedio histórico de la tasa de interés libre de riesgo en la OCDE. Debido a las distorsiones introducidas por los periodos hiperinflacionarios en la región, en la sección 4, la inflación se aproxima utilizando el deflactor implícito de la serie de formación bruta de capital fijo correspondiente.

Depreciación.

Tal como se mencionó, el cambio del valor en el tiempo de un activo en términos nominales refleja tanto la depreciación como la revalorización del mismo. A continuación, se muestra cómo se utiliza el concepto de capital neto para obtener la tasa de depreciación por tipo de bien.

Capital Neto. Como se mencionó, el acervo de capital neto representa el valor de mercado del acervo de capital disponible, ajustado por el valor de los retiros de activos que han alcanzado el máximo de su vida útil, y se define como:

$$K_{j,t}^w = \sum_{\tau} I_{j,t-\tau} R_{j,\tau} z_{j,\tau} \quad (15)$$

donde $z_{j,\tau}$ es el perfil edad--precio que define en términos constantes el valor de las inversiones históricas supervivientes en el momento t .

Ya que la ecuación (15) está expresada en precios constantes, el cambio en el acervo de capital neto en el tiempo, ajustado por la formación bruta de capital, corresponde al cambio de valor asociado a la pérdida de eficiencia productiva; es decir a la depreciación expresada en nivel:

$$D_{j,t} \equiv I_{j,t-\tau} - (K_{j,t}^w - K_{j,t-1}^w)$$

Por lo que la tasa de depreciación se puede calcular como:

$$d_{j,t} = \frac{D_{j,t}}{K_{j,t-1}^w} \quad (16)$$

La estimación del perfil edad--precio se describe a continuación.

Perfil Edad--Precio. El perfil edad--precio define cómo evoluciona el precio de mercado de un activo según envejece y se define como:

$$z_{j,\tau} \equiv \frac{P_{j,t,\tau}}{P_{j,t,0}} \quad (17)$$

Bajo la hipótesis de mercados de factores completos y eficientes, para calcular el perfil edad--precio bastaría observar los precios de mercado de activos de distintas edades y utilizarlos para definir el perfil (17). Sin embargo, en la práctica sólo es posible observar los precios de activos nuevos y algunos precios de activos usados.

Para determinar el perfil edad--precio es posible utilizar la información de mercados de segunda mano (Hulten and Wykoff (1981a), Hulten and Wykoff (1981b), Hulten and Wykoff (1981c); sin embargo, fuera de los Estados Unidos se han realizado muy pocos estudios de este tipo debido a la poca liquidez de los mercados de bienes de capital usados.

Alternativamente, se puede definir el perfil edad--precio a partir del perfil edad--eficiencia descrito en el apartado 2.1.3. En este documento se adopta este enfoque, el cual se describe a continuación.

El supuesto de que los usuarios de capital son optimizadores, implica Hulten (1990) que la razón entre los costos de capital de versiones de distinta edad de un mismo bien es igual a su perfil edad--eficiencia²²:

$$\frac{\mu_{j,t,\tau}}{\mu_{j,t,0}} = E_{j,\tau} \quad (18)$$

La ecuación (18) establece el vínculo entre el perfil edad--eficiencia y el precio de los activos, ya que al ser sustituida en la ecuación (10) permite expresar el precio de un activo en función del perfil edad--eficiencia:

$$P_{j,t,\tau} = \sum_{s=0}^{T_j} \left[\frac{\mu_{j,t+s,0} E_{j,\tau+s}}{\prod_{k=0}^s (1+i_{t+k})} \right]$$

Suponiendo que el valor nominal de los costos de capital crece al mismo ritmo de la inflación, i.e. $\mu_{j,t+s,0} = \mu_{j,t,0} \prod_{k=1}^s (1+\pi_{t+s}) = (1+\pi_t)^{-1} \mu_{j,t,0} \prod_{k=0}^s (1+\pi_{t+s})$; permite reescribir el precio como:

²²Implícitamente se supone que los activos del mismo tipo, pero de distinta edad son sustitutos perfectos en el proceso productivo.

$$P_{j,t,\tau} = \sum_{s=0}^{T_j} \left[\frac{E_{j,\tau+s} \mu_{j,t,0} \prod_{k=1}^s (1 + \pi_{t+k})}{\prod_{k=0}^s (1 + i_{t+k})} \right] = \left(\frac{\mu_{j,t,0}}{1 + \pi_t} \right) \sum_{s=0}^{T_j} \left[E_{j,\tau+s} \prod_{k=0}^s \left(\frac{1 + \pi_{t+k}}{1 + i_{t+k}} \right) \right] \quad (19)$$

Ignorando los términos nominales de la ecuación (19)²³, e imponiendo una tasa de retorno real exógena constante, permite expresar la tasa nominal como $1 + i_t = (1 + r)(1 + \pi_t)$; con lo cual el precio del activo en términos constantes esta dado por la siguiente expresión:

$$Z_{j,\tau} = \sum_{s=0}^{T_j} \left[\frac{E_{j,\tau+s}}{(1 + r)^{s+1}} \right] \quad (20)$$

Es decir, en términos de volumen, el valor de un activo es igual a la suma descontada de los flujos de servicios futuros, los cuales están determinados por su perfil edad--eficiencia.

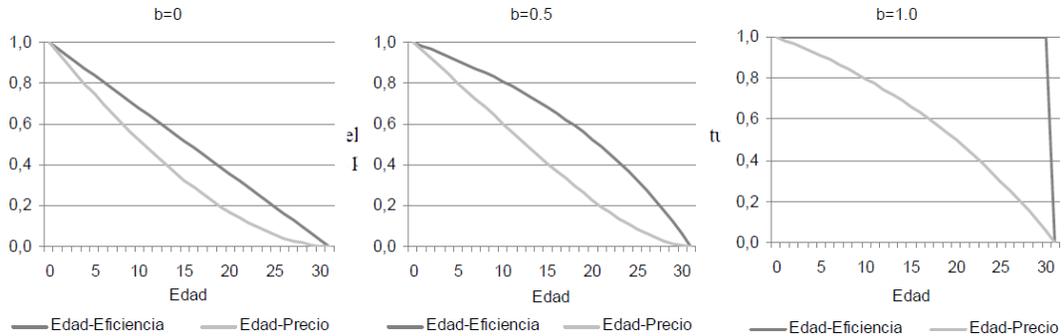
Utilizando la ecuación (20) el perfil edad--precio se puede expresar como:

$$z_{j,\tau} = \frac{P_{j,t,\tau}}{P_{j,t,0}} = \frac{Z_{j,\tau}}{Z_{j,0}} \quad (21)$$

En la figura 3 se muestran tres casos de perfiles edad--eficiencia y edad--precio de un activo con vida máxima de 30 años, utilizando una tasa de descuento real igual a 4% y una función hiperbólica, i.e. $E_{j,\tau} = (T_j - \tau)/(T_j - \beta_j \tau)$.

²³Los cuales se cancelan en la estimación del perfil edad--precio (ecuación (21)).

Figure 3: Perfiles edad--precio y edad—eficiencia



El panel (a) muestra el perfil edad--eficiencia y el correspondiente perfil edad--precio en el caso en que la eficiencia se pierde linealmente a lo largo de la vida del activo, $\beta = 0$. El panel (b) muestra el caso en el que la eficiencia se pierde hiperbólicamente, $\beta \in (0,1)$; y el panel (c) muestra el caso en el que la eficiencia se mantiene constante a lo largo de la vida del activo, $\beta = 1$.

Tal como ocurre en la figura 3, los perfiles edad--eficiencia y edad--precio suelen ser distintos. El único caso en que coinciden es cuando se supone que el perfil edad--eficiencia sea geométrico y que la vida útil de los activos sea infinita.

Esto significa que en general, las variaciones en el acervo de capital productivo y por lo tanto en los servicios de capital no coinciden con las variaciones en el acervo del capital neto ó de riqueza, por lo que su utilización en estudios de productividad sólo es apropiada cuando se utiliza un perfil edad--eficiencia geométrico.

2.2.2 Índice de Volumen de Servicios de Capital

Una vez estimados los costos de uso de capital para cada tipo de activo, se puede obtener las variaciones del índice de valor de los servicios de capital utilizando un índice de Tornqvist1936:

$$\Delta \zeta_{t,K^p} = \Pi_j \left(\frac{K_{j,t}^p}{K_{j,t-1}^p} \right)^{\bar{v}_j} \quad (22)$$

en donde los ponderadores se definen como:

$$\bar{v}_j = 0.5(v_{j,t} + v_{j,t-1}) \quad (23)$$

$$v_{j,t} = \frac{\mu_{j,t} K_{j,t}^p}{\sum_j \mu_{j,t} K_{j,t}^p}$$

Para comparar las variaciones en el índice de volumen de servicios de capital con las variaciones en el acervo de capital neto, estas también se calculan utilizando un índice de Törnqvist:

$$\Delta \zeta_{t,K^w} = \Pi_j \left(\frac{K_{j,t}^w}{K_{j,t-1}^w} \right)^{\bar{v}_j} \quad (24)$$

en donde los ponderadores son las proporciones nominales del capital neto:

$$\bar{v}_j = 0.5(v_{j,t} + v_{j,t-1}) \quad (25)$$

$$v_{j,t} = \frac{p_{j,t,0} K_{j,t}^w}{\sum_j p_{j,t,0} K_{j,t}^w}$$

3 Marco Conceptual de la Metodología de Estimación de los Servicios Laborales

El nivel educativo de un trabajador puede resultar un indicador impreciso del capital humano realmente incorporado al proceso educativo y del incremento contemporáneo de productividad que razonablemente cabe esperar.

La técnica utilizada por la contabilidad del crecimiento permite tener en cuenta estas cuestiones. Estos procedimientos permiten estimar la contribución que la variación en el uso de cada factor productivo tiene en el aumento de la producción. La gran ventaja del enfoque es que permite integrar de modo natural el impacto de cambios en la composición interna de cada uno de los factores, o si se prefiere de la calidad del factor, a lo largo del periodo considerado.

Siguiendo la aproximación de Jorgenson, Gollop y Fraumeni (1987), la parte del crecimiento de la producción, entre dos periodos t-1 y t que cabe atribuir al factor trabajo, corresponde a:

$$\frac{W_t + W_{t-1}}{2} \sum \frac{w_t + w_{t-1}}{2} (\ln H_{it} - \ln H_{it-1}) \quad (26)$$

Donde W_t es el peso de las rentas del trabajo en la renta total en el periodo t, w_t es el peso de las rentas de los trabajadores de tipo i en el periodo t. Esa contribución, como puede observarse, es una media ponderada de la tasa de crecimiento de cada tipo de trabajo, donde las ponderaciones corresponden al peso medio de las rentas laborales de cada tipo de trabajador en la renta total.

Esa contribución global del factor trabajo puede descomponerse en el efecto del aumento del número total de horas trabajadas y, por otra parte, en la contribución de los cambios en la calidad del trabajo debidos a variaciones en el tipo de trabajo utilizado. En definitiva, el factor trabajo produce más porque se trabaja más o porque se utilizan

trabajadores más cualificados y productivos.

La primera de esas contribuciones, asociada al puro aumento de la cantidad de trabajo utilizada se estima como:

$$\frac{W_t + W_{t-1}}{2} (\ln H_{it} - \ln H_{it-1}) \quad (27)$$

donde H_i es el número total de horas trabajadas en el periodo t . La contribución viene dada por la tasa de crecimiento de las horas trabajadas ponderadas por la participación de las rentas del trabajo en la renta total.

La contribución de los cambios en la calidad del trabajo utilizado, debido a variaciones en el tipo de trabajadores empleados, se obtiene como:

$$\frac{W_t + W_{t-1}}{2} \sum \frac{w_t + w_{t-1}}{2} \left(\frac{\ln H_{it}}{\ln H_t} - \frac{\ln H_{it-1}}{\ln H_{t-1}} \right) \quad (28)$$

A partir de esa expresión puede estimarse el crecimiento del capital humano per cápita como:

$$\sum \frac{w_t + w_{t-1}}{2} \left(\frac{\ln H_{it}}{\ln H_t} - \frac{\ln H_{it-1}}{\ln H_{t-1}} \right) \quad (29)$$

El crecimiento del capital humano per cápita entre el periodo $t-1$ y el periodo t se estima como una media ponderada de las tasas de crecimiento relativo de cada tipo de trabajo, donde las ponderaciones vienen dadas por el peso de los salarios de cada tipo de trabajo en las rentas del trabajo. Obsérvese que, de esta manera, se están agregando los diferentes tipos de trabajador en función de sus productividades relativas, aproximadas por las diferentes retribuciones en términos de salarios de mercado. No se están utilizando valoraciones a priori del capital humano asociado a cada tipo de trabajador, como los niveles educativos o los años de estudio, sino la valoración que refleja el propio mercado de trabajo. Si un determinado nivel educativo no supone realmente más capital humano, ni más productividad, la retribución salarial tampoco sería mayor y, en ese caso, el indicador no crecería.

El método propuesto también es muy flexible en su capacidad para incorporar

todas las variables que se consideren relevantes para la calidad del trabajo, así como para para considerar tantos grupos como se desee dentro de cada una de esas variables. En este análisis vamos a centrar nuestra atención en diferentes características propias del trabajador, bien conjuntamente, bien por separado. Se trata de variables como la edad, el sexo y el nivel educativo.

Esta aproximación es la utilizada en la base de datos LA KLEMS, donde se consideran dieciocho tipos distintos de trabajador para aproximar los cambios de calidad del trabajo. Se distinguen dos sexos, hombres y mujeres; tres estratos de edad, 15 a 29 años, de 30 a 49 años, y de 50 o más años; y tres niveles educativos, hasta enseñanza primaria, secundaria hasta un año de estudios postsecundarios y más de un año de estudios postsecundarios.

4 Resultados

En esta sección se evalúa el efecto que tiene utilizar supuestos alternativos de la metodología descrita en la sección anterior, en las estimaciones de los servicios de capital y laboral para 5 países de LA KLEMS: Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica y México, durante el periodo 1990-2015²⁴.

Adicionalmente se evalúa la sensibilidad de los resultados a los parámetros utilizados bajo cada uno de los siguientes casos:

Caso I – Método Hiperbólico. En este caso se utiliza una función de retiro Winfrey simétrica, truncada de manera que todos los retiros ocurran entre el 45% y el 155% de la vida media de los activos.

Asimismo, se utiliza un perfil edad--eficiencia hiperbólico (ecuación (7)); en donde se adoptan los valores de β utilizados por Masetal (2005), que son 0,5 para Maquinaria y Equipo y 0,75 para construcción.

Finalmente, la agregación entre tipos de activo se obtiene mediante un índice de Törnqvist utilizando el costo de uso como ponderador (ecuaciones (22) y (23) respectivamente).

Este es el mismo caso utilizado por Masetal (2005) y Baitouretal (2007) para España y Bélgica respectivamente.

Caso II – Método Geométrico. En este caso se implementa la metodología de la Oficina de Análisis Económico (BEA) de los Estados Unidos, que adopta un perfil edad--eficiencia geométrico (ecuación (8)), que se supone refleja tanto el efecto de los retiros de activos como la pérdida de eficiencia²⁵.

En particular, se utilizan los valores de R estimados por la Oficina de Estadísticas

²⁴Salvo Brasil que cubre el periodo 1995-2013.

²⁵Ver Fraumeni (1997) para más detalles.

del Trabajo (BLS) de los Estados Unidos, que son 1,65 para el caso de Maquinaria y Equipo, y 0,91 para Construcción.

De manera similar al Caso I, la agregación entre tipos de activo se obtiene mediante un índice de Törnqvist utilizando el costo de uso como ponderador.

Para ambos métodos, los costos de uso se estiman utilizando primero una tasa de retorno endógena y luego exógena. En particular, se usarán cuatro medidas de tasa de retorno exógena, una tasa real igual a 4%, tasa de interés pasiva, tasa de interés activa y tasa de interés de política monetaria y la inflación se estima a partir del promedio móvil de tres periodos del deflactor agregado de la formación bruta de capital fijo, con el fin de disminuir el efecto de las distorsiones de los periodos inflacionarios. Adicionalmente, el precio de los activos se mide a través de promedios móviles de tres periodos de los deflatores de la formación bruta de capital fijo en cada tipo de activo.

La estimación del acervo de capital se realiza utilizando la modificación del método de inventario permanente propuesta por Harberger (1978). Suponiendo que el perfil edad--eficiencia geométrico refleja tanto el efecto del retiro de los activos como su obsolescencia Fraumeni (1997), la ecuación de acumulación de capital a nivel agregado (5) puede ser escrita como:

$$K_t = I_t + (1 - \delta)K_{t-1} \Leftrightarrow \frac{K_t - K_{t-1}}{K_{t-1}} = -\delta + \frac{I_t}{K_{t-1}} \quad (29)$$

donde $\delta \equiv R/\bar{T}$. Suponiendo que en estado estacionario la tasa de crecimiento del producto, denotada por h , es igual a la tasa de crecimiento del acervo de capital; la ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** puede expresarse como:

$$K_{t-1} = \frac{I_t}{h + \delta}$$

La magnitud de δ ha sido estimada en relativamente pocos países, en su mayoría desarrollados, con resultados muy disímiles. A manera de ejemplo, la OCDE (1991) en sus estimaciones de acervo de capital en 1988 estima tasas de 4,1% en Francia, 1,7% en Alemania, 2,6% en Inglaterra, 4,9% en Japón y 2,8% para los Estados Unidos. Basados en

Nehru and Dhareshwar (1993), quienes analizan la vida de los servicios de una amplia variedad de bienes de capital y examinan sus proporciones en la inversión, se seleccionó una tasa igual a 4%.

Con el fin de evaluar el impacto de las condiciones iniciales, además de estimar el acervo de capital inicial utilizando la metodología de Harberger (1978), se utilizaron adicionalmente las metodologías propuestas por Hofman (2000) e Easterly and Levine (2002).

4.1 Análisis de sensibilidad *(en construcción)*

4.2 Análisis comparativo *(en construcción)*

5 Conclusiones *(en construcción)*

Bibliografía

- Abramowitz, M. (1957). Resource and Output Trends in the U.S. since 1870. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 46(2):5--23.
- Barro, R. J. (1999). Notes on Growth Accounting. *Journal of Economic Growth*, 4(2):119-137.
- Barro, R. J. and Sala-i Martin, X. (2004). *Economic Growth*. MIT Press, Cambridge MA, 2 edition.
- Berndt, E. R. and Fuss, M. A. (1986). Productivity measurement with adjustments for variations in capacity utilization and other forms of temporary equilibrium. *Journal of Econometrics*, 33(1--2):7--29.
- Biatour, B., Bryon, G., and Kegels, C. (2007). Capital Services and Total Factor Productivity Measurements: Impact of Various Methodologies for Belgium. Technical report, Federaal Planbureau.
- Bureau of Economic Analysis (2003). *Fixed Assets and Consumer Durable Goods in the United States, 1925--1999*. U.S. Government Printing Office, Washington DC.
- Coremberg, A. A. (2002). Capital Stock Contribution to the Productivity of the Argentine Economy during the 1990's. Technical report, Documento preparado para 29a conferencia de la International Association for Research in Income and Wealth.
- Corrado, C., Hulten, C., and Sichel, D. (2004). Measuring Capital and Technology: An Expanded Framework. *Federal Reserve Board's Finance and Economics Discussion Series*, (65).
- Diewert, W. E. (1980). Aggregation Issues in the Measurement of Capital. In Usher, D., editor, *The Measurement of Capital*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Diewert, W. E. (2001). Measuring the Price and Quantity of Capital Services under Alternative Assumptions. Discussion paper, Department of Economics, The University of British Columbia.
- Diewert, W. E. (2005). Issues in the Measurement of Capital Services, Depreciation, Asset Price Changes and Interest Rates. In Corrado, C., Haltiwanger, J., and Sichel, D., editors, *Measuring Capital in the New Economy*. University of Chicago Press, Chicago.
- Dirección Nacional de Cuentas Nacionales (2004). *Capital Stock in Argentina 1990--2003. Sources Methods and Series*. INDEC, Buenos Aires.
- Easterly, W. and Levine, R. (2002). It's Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models. In Loayza, N. and Soto, R., editors, *Economic Growth: Sources, Trends and Cycles*. Banco Central de Chile, Santiago.
- Elías, V. J. (1992). *Sources of Growth: A Study of Seven Latin American Economies*.

Fundación del Tucumán; International Center for Economic Growth, San Francisco, CA.

- Erumban, A. A. (2008). Lifetime of Machinery and Equipment: Evidence form Dutch Manufacturing. *Review of Income and Wealth*, 54(2):237--268.
- Fraumeni, B. (1997). The Measurement of Depreciation in the U.S. National Income and Product Accounts. *Survey of Current Business*, pages 7--23.
- Griliches, Z. (1994). Productivity, R&D, and the Data Constraint. *American Economic Review*, 84(1):1--23.
- Grupo Intersecretarial de Trabajo sobre Cuentas Nacionales (2003). *Sistema de Cuentas Nacionales 1993*. Comisión de las Comunidades Europeas--Eurostat, Fondo Monetario Internacional, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, Naciones Unidas, Banco Mundial, Bruselas/Luxemburgo, Nueva York, París, Washington D.C.
- Hall, R. E. and Jorgenson, D. W. (1967). Tax Policy and Investment Behavior. *The American Economic Review*, 57(3):391--414.
- Harberger, A. (1978). Perspectives on Capital and Technology in Less Developed Countries. In Artis, M. and Nobay, A., editors, *Contemporary Economic Analysis*. Croom Helm, Londres.
- Harchaoui, T. M. and Tarkhani, F. (2002). A Comprehensive Revision of Statistic's Canada Estimates of Capital Input for Productivity Accounts. Technical report, Statistics Canada.
- Harper, D. J., Berndt, E. R., and Wood, D. O. (1989). Rates of Return and Capital Aggregation Using Alternative Rental Prices. In Jorgenson, D. W. and Landau, R., editors, *Technology and Capital Formation*. The MIT Press, Cambridge MA.
- Hofman, A. A. (2000). *The Economic Development of Latin America in the Twentieth Century*. Edward Elgar, Cheltenham.
- Hulten, C. R. (1990). The Measurement of Capital. In Berndt, E. R. and Triplett, J., editors, *Fifty Year of Economic Measurement*. University of Chicago Press, Chicago.
- Hulten, C. R. (2001). Total Factor Productivity: A Short Biography. In Hulten, C. R., Dean, E. R., and Harper, M. J., editors, *New Developments and Productivity Analysis*, volume 63 of *Studies in Income and Wealth*. The University of Chicago Press for the National Bureau of Economic Research, Chicago.
- Hulten, C. R. and Wykoff, F. C. (1981a). Economic Depreciation and the Taxation of Structures in United States Manufacturing Industries: An Empirical Analysis. In Usher, D., editor, *The Measurement of Capital*, pages 83--120. University of Chicago Press, Chicago.
- Hulten, C. R. and Wykoff, F. C. (1981b). The Estimation of Economic Depreciation using

- Vintage Assets Prices: An Application of the Box--Cox Power Transformation. *Journal of Econometrics*, 15:367--396.
- Hulten, C. R. and Wykoff, F. C. (1981c). The Measurement of Economic Depreciation. In Hulten, C. R., editor, *Depreciation, Inflation and the Taxation of Income from Capital*, pages 81--125. The Urban Institute Press, Washington.
- Jorgenson, D. (1999). New Methods for Measuring Capital. Documento preparado para la reunión del Grupo de Canberra sobre estadísticas de acervos de capital.
- Jorgenson, D. W. (2005). Accounting for Growth in the Information Age. In Aghion, P. and Durlauf, S., editors, *Handbook of Economic Growth*, volume 1A. North--Holland, Amsterdam.
- Jorgenson, D. W. and Griliches, Z. (1967). The Explanation of Productivity Change. *Review of Economic Studies*, (34):249--283.
- Kendrick, J. H. (1956). *Productivity Trends: Capital and Labour*. National Bureau of Economic Analysis, Nueva York.
- Koszerek, D., Havik, K., Mc Morrow, K., Röger, W., and Schönborn, F. (2007). An Overview of the EU KLEMS Growth and Productivity Accounts. *European Economy Economic Papers*, (290).
- Loayza, N., Fajnzylber, P., and Calderón, C. (2005). *Economic Growth in Latin America and the Caribbean. Stylized Facts, Explanations and Forecasts*. The World Bank, Washington.
- Mandler, M. (1999). *Dilemmas in Economic Theory: Persisting Foundational Problems of Microeconomics*. Oxford University Press, Oxford.
- Mas, M., Pérez, F., and Uriel, E. (2005). *El stock y los servicios de capital en España, nueva metodología*. Fundación BBVA, Bilbao.
- Nehru, V. and Dhareshwar, A. (1993). A New Database on Physical Capital Stock: Sources, Methodology and Results. *Revista de Análisis Económico*, 8(1):37--59.
- OCDE (1991). *Flows and Stocks of Fixed Capital (1969-89)*. OECD Department of Economics and Statistics.
- OCDE (2001a). *Measuring Capital. Measurement of Capital Stocks, Consumption of Fixed Capital and Capital Services*. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, París.
- OCDE (2001b). *Measuring Productivity. Measurement of Aggregate and Industry--Level Productivity Growth*. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, París.
- Oulton, N. (2007). Ex Post versus Ex Ante Measures of the User Cost of Capital. *Review of Income and Wealth*, 53(2):295--317.
- Oulton, N. and Srinivasan, S. (2003). Capital Stocks, Capital Services, and Depreciation: An Integrated Framework. *Bank of England Working Paper*, (192).

- Prescott, E. C. (1998). Needed: A Theory of Total Factor Productivity. *International Economic Review*, 39:525--552.
- Russo, J. and Cowles, H. A. (1980). Revalidation of the Iowa Type Survivor Curves. *The Engineering Economist*, 26(1):1--16.
- Schreyer, P. (2006). Measuring Multi-Factor Productivity when Rates of Return are Endogenous. In Diewert, W. E., Balk, B. M., Fixler, D., Fox, K. J., and Nakamura, A. O., editors, *Price and Productivity Measurement*. Trafford Press.
- Schreyer, P., Bignon, P.-E., and Dupont, J. (2003). OECD Capital Services Estimates: Methodology and a First Set of Results. *OECD Statistics Working Papers*, 2003(6).
- Solow, R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*, 39(3):312--320.
- The Conference Board -- Groningen Growth and Development Centre (2008). Total economy database. <http://www.conference-board.org/economics>
<http://www.conference-board.org/economics>.
- Törnqvist, L. (1936). The Bank of Finland's Consumption Price Index. Monthly Bulletin 10, Bank of Finland.
- Vries de, G., Mulder, N., Borgo dal, M., and Hofman, A. (2007). ICT Investment in Latin America: Does it Matter for Economic Growth? Universidad de Groningen.
- Winfrey, R. (1935). *Statistical Analysis of Industrial Property Retirements*. Number 125 in Iowa Engineering Experiment Station Bulletin. Iowa State University, Ames, Iowa.
- Winfrey, R. (1967). *Statistical Analysis of Industrial Property Retirements. Revised*. Number 125 in Iowa Engineering Experiment Station Bulletin. Iowa State University, Ames, Iowa.