

UNA TEORIA DE LA EDAD OPTIMA PARA IMPORTAR UN BIEN DURABLE CON UNA REFERENCIA AL CASO COLOMBIANO *

FRANCISCO E. THOUMI **

I. INTRODUCCIÓN

Se afirma frecuentemente que los países subdesarrollados (PS) deberían importar bienes usados desde los países desarrollados (PD) [3], [8]. Esta recomendación se hace usualmente con respecto a la maquinaria, sobre la base que la maquinaria antigua implica tecnologías intensivas en mano de obra que son más adecuadas a la dotación de factores de los PS que las tecnologías incorporadas en las máquinas nuevas [6], [10]. Este argumento en favor del intercambio de bienes usados no presenta una defensa del intercambio de bienes de segunda mano *per se*, sino más bien arguye en favor de utilizar la tecnología "adecuada". Sucede que las máquinas que incorporan esta tecnología "adecuada" son las máquinas usadas.

El volumen del comercio internacional de bienes usados es pequeño comparado con el comercio de bienes nuevos. Este volumen no es óptimo, por cuanto:

1. Los mercados de bienes de segunda mano están menos organizados que los mercados de bienes nuevos, ya que los oferentes de bienes de segunda mano no tienen, por lo general, sistemas de comercialización internacional.

2. Las estructuras arancelarias en los PS tienden a discriminar en contra del comercio de bienes usados. Cualquier industria ineficiente tiene que ser protegida de la competencia de bienes nuevos y de bienes usados para sobrevivir. Debido a que la tasa de depreciación de los bienes durables es más alta, durante los años iniciales de vida, en los PD comparada a los de la PS, la barrera arancelaria sobre los bienes de segunda mano tiene que ser más alta que la de los bienes nuevos para proteger las ventas de los productos internos ¹.

* Este artículo se basa en la disertación doctoral no publicada del autor [9], pero presenta un modelo que difiere sustancialmente del desarrollado en ella. Las opiniones expresadas en este ensayo no reflejan ninguna política sustentada por el BIRD, sino solamente las ideas del autor. Se agradece a Guillermo A. Calvo, Reed Herdford, y Manuel Ramírez. Este artículo aparece simultáneamente con una versión en inglés en *Journal of Development Economics* 2 (1975), North-Holland Publishing Co.

** Economista del BIRD.

¹ La sustitución de importaciones introduce no solamente las distorsiones comúnmente conocidas en el costo y cantidad producida del bien, sino que fuerza también el consumo de servicios producidos por los bienes durables de edad no óptima por cuanto requiere que una sociedad utilice tales bienes desde el momento en que son nuevas, hasta que son desechadas. Todos los demás patrones de edad de consumo son eliminados.

II. LA EDAD ÓPTIMA PARA IMPORTAR UN BIEN DURABLE USADO

Comencemos por definir los símbolos utilizados, luego los supuestos necesarios y, finalmente, el modelo que satisface las metas de este estudio.

A. Definiciones

- $t \equiv$ tiempo
- $v \equiv$ el momento en el tiempo en el cual se fabrica un bien
- $x \equiv t - v$, edad en el momento t de un bien durable
- $x_s \equiv$ edad en la cual se desecha un bien durable
- $A(v, t) \equiv$ stock en el momento t , de un bien durable A , fabricado en v
- $P_i(v, t) \equiv$ precio en el país i , en el momento t , de una unidad de A fabricada en v
- $m_i(v, t) \equiv$ valor de la mantención requerida por una unidad de $A(v, t)$ para producir una unidad de $s(t)$ en el país i
- $r_i \equiv$ tasa de interés del país i
- $z \equiv$ precio de la moneda del país grande en términos de la moneda del país chico
- $B \equiv$ costos internacionales de transporte más costos internacionales de comercialización (si existen) pagados cuando una unidad de A se comercia internacionalmente (medidos en moneda internacional)
- $P_s \equiv$ valor de desecho de una unidad de A
- $u_i(v, t) \equiv$ precio en el país i , en el momento t , de una unidad de servicio obtenida de una unidad de A , fabricada en el momento v
- $c_i \equiv$ costo de obtener una unidad de $s(t)$ en el país i

B. Supuestos

1. Existen sólo dos países (1 y 2), uno de los cuales es "pequeño" ($i = 1$) en el sentido tradicionalmente usado en comercio internacional, esto es, cambios en el monto de sus compras internacionales no afectan los precios internacionales.
2. Ambos países son economías cerradas.
3. Todos los mercados, en ambos países, son perfectamente competitivos, por lo tanto, en equilibrio, existe solamente un precio para cada bien en cada país.
4. Todo bien durable tiene un valor de desecho, igual en ambos países, el cual impone un límite inferior al precio de un bien durable. Este valor de desecho es constante a través del tiempo.

5. No existen externalidades en el consumo o producción. La utilidad de cada consumidor es independiente de la cantidad de bienes de consumo durables poseídos por todas las demás personas y los costos privados y sociales de obtener una unidad de servicio de un bien durable, coinciden.

6. Existe certidumbre perfecta. Por lo tanto, todos los precios y costos futuros son conocidos.

7. No existen costos internacionales de transporte.

8. Los bienes durables producidos en diferentes puntos del tiempo son homogéneos y también lo son los servicios obtenidos de los bienes durables de distinta antigüedad.

9. La vida de un bien durable se puede extender al infinito si se destinan suficientes recursos a su mantención.

10. Una unidad de servicio se obtiene combinando una unidad de bien durable y una cierta cantidad de bienes no comerciables internacionalmente, utilizados para mantención. Los precios de los bienes usados para mantención no cambian a través del tiempo, aun si se abre el comercio internacional en bienes durables.

11. La producción de un servicio ocurre en el mismo momento en que se combinan los bienes de mantención y el bien durable.

12. La cantidad de recursos utilizada para mantención es una función de la edad del bien durable. Esta función tiene las siguientes características:

(a) A cada edad corresponde una cierta cantidad fija de diferentes insumos de mantención. Esto implica que:

i) No existe sustitución entre ninguno de los recursos utilizados en mantención, es decir, no se puede sustituir repuestos por mano de obra;

ii) Toda la mantención es mantención requerida; no hay manera en que se puedan posponer o evitar los costos de mantención.

(b) La función física de mantención es tal que los costos de mantención aumentan monotónicamente con la edad.

13. El precio de equilibrio de una unidad de servicio, obtenida de un bien durable, es constante a través del tiempo, esto es $U(v, t)$ es una constante.

Este supuesto no esencial se hace para simplificar el modelo.

14. La tasa de salario, tasa de interés y tasa de cambio de equilibrio también se suponen constantes a través de tiempo.

C. El modelo básico

1. El precio de un bien durable

Bajo los supuestos hechos anteriormente, $P_i(v, t)$ será, en equilibrio, igual a:

$$(1) \quad P_i(v, t) = \int_t^s [u_i(v, t) - m_i(v, t)] e^{-r_i t} dt + P_s e^{-r_i (t-s)}$$

sujeto a: $P_i(v, t) \geq P_s$

donde t es el momento en el tiempo en el cual el bien se desecha.

El precio en el país i , en cualquier momento t , de una unidad de A producida en v es igual al valor presente de los servicios obtenidos de A , menos el valor presente del costo de la mantención requerida para obtener tales servicios, más el valor presente del precio de A cuando sea desechado, sujeto a una restricción que exige que el precio de A no sea nunca menor que su valor de desecho.

El momento de desecho se determina por la igualdad $P_i(v, t) = P_s$, la cual requiere que:

$$(2) \quad U_i(v, t) = m_i(v, t)$$

Un bien se desecha en el momento en que los costos de mantención (crecientes debido al supuesto 12-b) sean iguales al precio de una unidad de servicio obtenida de A .

De acuerdo a los supuestos, P_s , r y $U_i(v, t)$ son constantes y $m_i(v, t)$ depende solamente de la edad durable en el momento t , a saber $x = t - v$. Así, la ecuación (1) implica que en cada país existe una relación única entre el precio de un bien durable y su edad, y esta relación es constante a través del tiempo, es decir, el precio de un auto de x años de antigüedad es el mismo hoy y mañana. Esta relación es:

$$(3) \quad P_i(x) = \int_x^s [U_i(x) - m_i(x)] e^{-rx} dx + P_s e^{-r(s-x)}$$

sujeto a: $P_i(x) \geq P_s$

dados los supuestos 4, 10, 12-b y 13:

$$(4) \quad \frac{dP_i(x)}{dx} < 0 \quad \text{si} \quad P_i(x) > P_s$$

El precio de un bien durable disminuye con la edad, mientras exceda su valor de desecho.

2. El costo de los servicios de un bien durable

Bajo los supuestos 10 y 11, el costo de obtener una unidad de servicio de un bien durable en un punto del tiempo, en cualquier país, es:

$$(5) \quad C_i(x) = r P_i(x) - \frac{dP_i(x)}{dx} + m_i(x)$$

donde $r P_i(x)$ es el costo de oportunidad del capital, $-\frac{dP_i(x)}{dx}$ es el costo de depreciación y $m_i(x)$ los costos de mantención.

Los supuestos de competencia perfecta y homogeneidad de los servicios de los bienes durables garantizan que, en equilibrio, en una economía cerrada, $C_i(x)$ es una constante para $x < x^s$. Si fuera más barato obtener una unidad de servicio de un bien durable de edad x_1 que de un bien durable de edad x_2 , $P_i(x_1)$ y $P_i(x_2)$ no podrían ser ambos precios de equilibrio (satisfaciendo la ecuación (3)), puesto que, o los dueños de $A(x_1)$ estarían gozando de utilidades por sobre las normales, o los dueños de $A(x_2)$ estarían obteniendo utilidades bajo las normales, o ambos. En este caso, el precio de $A(x_1)$ tendría que aumentar en relación al precio de $A(x_2)$ hasta que el costo de obtener una unidad de servicio de $A(x_1)$ y $A(x_2)$ fuera igual.

En una economía cerrada, donde los bienes de diferente antigüedad producen servicios homogéneos, la cuestión referente a la edad óptima a la cual debería ser usado, se reduce meramente a determinar la edad óptima a la cual el bien debería desecharse. Todos los bienes de edad menor que x^s deberían utilizarse y la sociedad debería ser indiferente respecto a la edad de los bienes.

Dejemos de lado ahora el supuesto 2 y consideremos el caso donde se abre el comercio libre en bienes durables de todas edades, entre los dos países. Bajo los supuestos de este modelo, el país pequeño adopta la estructura de precios del país grande para todos los bienes comerciados. La ecuación (5) para el país 1 se transforma entonces en:

$$(6) \quad C_i(x) = r z P_i(x) - z \frac{dP_2(x)}{dx} + m_1(x)$$

Puesto que no hay absolutamente ninguna razón para esperar que $zP_2(x)$ igualará al precio del país pequeño que habría prevalecido bajo autarquía, especialmente cuando la tasa de interés y los costos de mantención varían ampliamente entre países, se hace aparente que en la mayoría de los casos $C_1(x)$ no será una constante. La forma de la ecuación (6) es una cuestión empírica, puesto que depende de cómo difieran $zP_2(x)$ y $P_1(x)$.

Independientemente de la forma de (6), la cuestión de la edad óptima a la cual se use un bien durable en un país pequeño pasa a ser relevante. En la medida en que la ecuación (6) difiera de la ecuación (5), el costo de obtener una unidad de servicio de un bien durable, no será independiente de la edad del bien.

En tanto la forma de la ecuación (6) esté indeterminada, se puede decir muy poco acerca de la edad óptima a la cual se debería importar un bien, aparte de decir que la edad se debería determinar por el valor absoluto mínimo o valores de $C_1(x)$. Cuando $C_1(x)$ tiene un único mínimo absoluto, el país pequeño importará siempre bienes durables a esta edad óptima, los utilizará solamente un instante, y los exportará de nuevo (o, alternativamente, los desechará).

D. Extensiones del modelo

El modelo construido, sin embargo, puede ser entendido provechosamente para analizar los efectos de los costos internacionales de transporte y para medir las pérdidas que resultan de comerciar y utilizar bienes de edad no óptima.

1. Comencemos por modificar el supuesto 7 y considerar el caso donde los costos internacionales de transporte (o cualquier costo de transacción) son positivos ($B > 0$) e independientes de la edad del bien durable comerciado. La introducción de los costos internacionales de transporte hace difícil la formulación del problema porque:

a) Si el país pequeño tiene ventaja comparativa en la producción del bien durable en cuestión, el costo de oportunidad del capital, incluido en la ecuación (6) sería diferente del costo que prevalecería si el país no produjera los bienes, puesto que en el primer caso el costo interno de los bienes nuevos sería distinto del precio internacional;

b) Dos tipos óptimos de patrones de importación y uso son posibles, dependiendo si el bien se importa, se usa y se reexporta o si es importado, usado y desechado.

Para simplificar las matemáticas y teniendo en cuenta las aplicaciones más probables del modelo, se supone además que el país pequeño no produce el bien durable y que el bien se comercia internacionalmente solamente una vez. Los interrogantes que se plantean son, cuál es la edad óptima de las importaciones y cuál es el período óptimo de tiempo en que se puede utilizar el bien. Estos problemas se pueden entonces plantear como uno de minimización del costo de proveer una unidad de servicio de bienes durables a través del tiempo. A partir de algún momento t_0 , el país debe determinar simultáneamente secuencias óptimas de tiempos $(t_j)_{j=1 \dots n}$ y edades óptimas $(x_j)_{j=0 \dots n}$, tales

que el modo menos caro de proveer continuamente una unidad de servicios sea importar un durable de edad x_0 , en el momento t_0 , desechar este durable en el momento t_1 y reemplazarlo por una importación de edad x_1 , etc. Revisando la ecuación (6) para incluir los costos internacionales de transporte (y centrando la atención en el valor actual descontado de los costos en el momento t_0), podemos formular el problema (eliminando los subíndices de países para simplificar) como uno de encontrar t_j y x_j que minimicen:

$$\begin{aligned}
 (7) \quad F = & \int_{t_0}^{t_1} m(t - t_0 + x_0) e^{-rt} dt + z(B + P(x_0)) e^{-rt_0} - P e^{-rt_1} \\
 & + \int_{t_1}^{t_2} m(t - t_1 + x_1) e^{-rt} dt + z(B + P(x_1)) e^{-rt_1} - P e^{-rt_2} \\
 & \bullet \\
 & \bullet \\
 & \bullet \\
 & + \int_{t_{n-1}}^t m(t - t_{n-1} + x_{n-1}) e^{-rt} dt + z(B + P(x_{n-1})) e^{-rt_{n-1}} \\
 & - P e^{-rt_n}
 \end{aligned}$$

donde: t_j = momento en el tiempo en que se compró A

x_j = edad de A en t_j

$j = 0, 1, 2, \dots, n$

Hasta donde llega mi conocimiento, no se ha encontrado ninguna solución general a este problema. Sin embargo, es posible encontrar una solución general a un problema más restringido si se supone que la edad de A en el momento de compra y el período de tiempo que el país debería mantener en uso A son constantes, es decir: para toda j y x_j , $t_{j+1} - t_j = t_1 - t_0$, es una constante².

Hagamos $t_0 = 0$, de modo que $t_{j+1} - t_j = t_1 - t_0 = t_1$ para cada j ; y en la j ava línea de la ecuación (7), hagamos $y = t - t_j$ y transformemos la integral al intervalo $0 \leq y \leq t_1$. F se transforma entonces en:

$$F = \sum_{j=0}^{n-1} e^{-rt_j} \left[\int_0^{t_1} m(y + x_0) e^{-ry} dy + zB + zP(x_0) - P_s e^{-rt_1} \right]$$

y, cuando $n \rightarrow \infty$ se obtiene:

$$(8) \quad F(t_1, x_0; B) = \frac{1}{1 - e^{-rt_1}} \left[\int_0^{t_1} m(y + x_0) e^{-ry} dy + zB + zP(x_0) - P_s e^{-rt_1} \right]$$

Por lo tanto, el problema planteado anteriormente se reduce a encontrar t_1 y x_0 que minimicen (8). Esto se encuentra resolviendo simultáneamente para t y x ³ el siguiente sistema de condiciones de primer orden:

$$(9) \quad F_t = - \frac{r e^{-rt}}{(1 - e^{-rt})^2} \left[\int_0^t m(y + x) e^{-ry} dy + zB + zP(x) - P_s \right] \\ + \frac{e^{-rt}}{1 - e^{-rt}} m(t + x) = 0 \\ F_x = \frac{1}{1 - e^{-rt}} \left[\int_0^t m'(y + x_0) e^{-ry} dy + zP'(x) \right] = 0$$

donde F_t y F_x son las primeras derivadas parciales de F con respecto a t y x , y m' y P' las primeras derivadas de m y P con respecto a y y x .

Puesto que $m(y + x)$ es una función implícita, no es posible encontrar una expresión general para x^* (x óptimo) y t^* (t óptimo). Sin embargo, uti-

² Supuestos de este tipo se hacen a menudo para resolver problemas similares al considerado aquí. Ver, por ejemplo, el trabajo de Preinreich [7].

³ Eliminando los subíndices 0 y 1 de x_0 y t_1 , respectivamente.

lizando la técnica estándar de la estática comparativa, es posible descubrir qué sucede con la edad óptima de compra, el período de uso y la edad óptima de desecho, cuando cambian los costos de transporte. En particular, se puede mostrar que (ver la demostración en el Apéndice):

$$(10) \quad \frac{dx}{dB} < 0 \quad \text{y} \quad \frac{dt}{dB} > 0$$

Por lo tanto, un aumento en los costos de transporte reduce la edad óptima de compra y aumenta el período durante el cual debería usarse el bien. Se puede mostrar también que el signo de $\frac{d(x+t)}{dB}$ es ambiguo; es decir, la edad óptima de A en el momento de desecho no aumenta necesariamente cuando suben los costos de transporte.

2. El marco de análisis desarrollado en la sección anterior permite una comparación entre el patrón importación y uso⁴ recién discutido y otros patrones. Es posible comparar los costos que corresponden a los patrones óptimos bajo distintas restricciones. Consideremos todos los patrones óptimos que corresponden a $F(t; x, B)$, es decir, todos los patrones óptimos de compra y uso dado que la edad del bien durable y el momento de compra son fijos.

Las condiciones de primer orden para minimizar $F(t; x, B)$ requieren que:

$$F_t = -\frac{r e^{-rt}}{(1 - e^{-rt})^2} [\int_0^t m(y+x) e^{-ry} dy + zB + zP(x) - P_s] \\ + \frac{e^{-rt}}{(1 - e^{-rt_1})} m(t+x) = 0$$

o simplemente:

$$(11) \quad m(t+x) = rF - rP_s$$

Si el mínimo de F respecto a x y t es único se sigue que:

$$(12) \quad F(t^*, x^*; B) < F(t^*; x, B) \text{ para todo } x \neq x^*$$

lo cual implica que:

$$(13) \quad m(t^* + x^*) < m(t^* + x) \text{ para todo } x \neq x^*$$

⁴ Un patrón importación y uso en este debate se define en términos de la edad del bien durable en el momento de importación y del período de tiempo durante el cual se utiliza antes de ser desechado.

Nótese que $m(t^* + x^*)$ es el costo de mantención a la edad óptima de desecho, dado que el bien se importa a la edad óptima; $m(t^* + x)$ es el costo de mantención a la edad óptima de desecho dado que el bien se importa a cualquier edad x . Puesto que, de acuerdo a los supuestos, $m' > 0$, la condición (13) implica que la edad óptima para dejar de utilizar un bien es siempre menor cuando el bien se importa a la edad óptima, que cuando se importa a cualquier otra edad x .

Si un país impone una restricción sobre las importaciones de autos usados y entra solamente los nuevos, le convendrá al país usar los autos nuevos hasta que sean más viejos que la edad a la cual le convendría dejar de utilizar los autos si el país importara autos usados de edad óptima. Por lo tanto, importar bienes más nuevos (y más viejos) que la edad óptima resulta en utilizarlos hasta que son más viejos que en el caso óptimo.

III. ESTIMACIÓN EMPÍRICA DEL MODELO

Este modelo permite la estimación del patrón óptimo de importación y uso para bienes durables y de los costos sociales asociados con patrones no óptimos específicos de importación y uso. La edad óptima a la cual un país como Colombia debería importar un chasis de bus escolar⁵, y el período de tiempo durante el cual debería utilizarlo, se estiman primero. Los costos sociales asociados a los patrones no óptimos de importación y uso pueden estimarse luego, comparando los costos del patrón óptimo de importación y uso con los costos asociados a otros patrones.

El patrón óptimo de importación y uso para chasis de buses en Colombia

Para estimar este patrón óptimo de importación y uso, es conveniente expresar todas las funciones en términos de edad, por lo tanto la ecuación (8) se transforma en:⁶

$$(14) \quad F(x_0, x_1, B) = \frac{1}{1 - e^{-r(x_1 - x_0)}} \left[\int_{x_0}^{x_1} m(x) e^{-r(x - x_0)} dx \right. \\ \left. + zB + zP(x_0) - P_s e^{-r(x_1 - x_0)} \right]$$

Para determinar x_1^* (x_1 óptimo) y x_0^* (x_0 óptimo) que minimiza la ecuación (14), es necesario estimar primero r , la tasa sombra de interés; z , la tasa sombra de cambio; B , los costos internacionales de transporte y otros costos de comercialización; $P(x)$, una función que relacione la edad del chasis con su precio internacional; P_s , el valor de desecho del chasis; y $m(x)$, una función

⁵ Estos buses son los utilizados para transporte colectivo de ese país.

⁶ Cuando $x_0 =$ edad del chasis en t_0 ; $x_1 =$ edad del chasis en t_1 ; $dx = dy$ y $y + x_0 = t - t_0 + x_0 = x$; reemplazando x_1 , x_0 y d en (8) se obtiene (14).

que relacione la edad del chasis con los costos de mantención⁷. Como estas estimaciones requieren precios sombra y éstos a su vez se hacen bajo varios supuestos alternativos, se obtiene más de una estimación para x_0^* y x_1^* , y por lo tanto, más de una para $F(x_0^*, x_1^*; B)$.

Todas estas estimaciones se hicieron tomando como referencia 1970. Se utilizaron tres tasas de cambio. Estas se basaron en las estimaciones de Musalem [5] y en las tasas implícitas usadas por el Departamento Nacional de Planeación. Se utilizaron dos tasas sombras de interés, estimaciones aproximadas que reflejan tasas de mercado extrabancario.

El precio de mayoristas de la costa oriental de EE. UU., obtenido del "Truck blue book", se utilizó para estimar el precio internacional; y se estableció un rango de costos internacionales de transporte basándose en varios supuestos respecto a si los barcos usados pertenecían al cartel marítimo o eran barcos no de línea ("tramp" vessels).

La estimación de la función de mantención fue bastante complicada. Primero, se supuso que solamente se requería trabajo y repuestos⁸. Segundo, el costo de los repuestos se supuso igual al precio internacional más el costo de los recursos usados en transporte internacional y comercialización interna. Tercero, la expectativa promedio de vida de las distintas partes del chasis se obtuvieron de un estudio de 1969, basado en una muestra de los talleres de buses mejor organizados de Bogotá y en los registros de tres compañías privadas de buses que sirven a esta ciudad [4]. Estos datos proporcionan información sobre la vida media (millaje) de los 125 principales componentes de un chasis de bus. Cuarto, el precio internacional de cada componente se determinó del catálogo general de repuestos y del catálogo de precios de mayoristas de la General Motors Corporation. Los costos de comercialización interna y de transporte internacional se estimaron usando un factor de conversión utilizado por la Comisión de Precios de Colombia al fijar los precios de repuestos. Quinto, los insumos de mano de obra fueron obtenidos de la "Flat Rate Schedule", de la General Motors Company, la cual indicaba cuántas horas de mano de obra se cobraban por cada operación de mantención⁹. El costo de la mano de obra se obtuvo multiplicando esta cifra por el costo real por hora de mano de obra.

Sumando los costos de mano de obra y repuestos se estimaron entonces los costos totales de mantención. Estos costos representaban gastos medios por cada 8.100 millas¹⁰ recorridas.

Los costos de mantención pueden ser tratados como una función continua o discreta de la edad. Una función discreta de mantención reflejaría un propietario con experiencia en sus chasis. Sin embargo, usada como una medida

⁷ Una estimación muy detallada de todos estos parámetros y funciones se encuentra en [9], donde se recomienda mirar al lector interesado.

⁸ La industria de mantención es tan intensiva en trabajo que no se incluye ningún cargo específico por capital en las cuentas de mantención. La remuneración del capital se incluye en los cargos por mano de obra. El supuesto puede reflejar este hecho.

⁹ Los insumos de mano de obra podrían estar subestimados, puesto que algunas técnicas que ahorran mano de obra, utilizadas en EE. UU., no son usadas en Colombia. Sin embargo, considerando que en Estados Unidos existe, esto podría compensar la diferencia en tecnología.

¹⁰ Este es el intervalo entre operaciones de mantención usado en la investigación [4], que proporciona los datos básicos para este estudio.

social, esto supondría, implícitamente, certidumbre perfecta respecto al momento en que se efectúan las reparaciones. Una función continua distribuiría los costos discretos de mantención en un período de tiempo. Desde el punto de vista social, esto tomaría en cuenta la naturaleza probabilística de los gastos de mantención. Una función derivada de esta manera mostraría los costos medios para la sociedad, de obtener una unidad de servicio de un bien durable de una cierta edad. De todos los bienes durables de tal edad, algunos necesitarían reparaciones a esta edad específica, mientras que otros no. Las funciones individuales de mantención no reflejarían así la función social de mantención media.

La estimación exacta de una función continua de mantención, dados los datos disponibles, es difícil debido a la falta de conocimiento acerca de la distribución de probabilidades de cada gasto. De aquí que el uso de cualquier método específico sea algo arbitrario.

Después de utilizar métodos alternativos se decidió estimar una función continua de mantención, distribuyendo uniformemente cada uno de los valores de costo de mantención en intervalos de 8.100 millas¹¹.

El uso de la función de costo de mantención por tramos, sin embargo, viola el modelo teórico. En particular, $F(x_0, x_1, B)$ tendría más de un valor mínimo cuando la función de costo de mantención disminuye después de grandes reparaciones totales. La importancia de esta violación de las especificaciones del modelo es, básicamente, un asunto empírico, pues dependería de la medida en que los costos de mantención disminuyan y del impacto de esta disminución sobre los costos totales de servicio. Tal desviación del modelo requiere la estimación de un *minimum minimorum* mediante la inspección entre varios mínimos locales y podría limitar la validez de algunos de los resultados generales. Por ejemplo, importar un bus de edad cercana a la óptima (no óptima), no aumentaría necesariamente la edad óptima de desecho, si hacer esto requiere un gran salto en los costos de mantención.

Dos mínimos fueron encontrados en el caso estudiado, los cuales corresponden a patrones de importación y uso definidos por $x_0^* = 53.000$ millas, y $x_1^* = 238.000$ millas, y $x_0^* = 76.000$ millas, y $x_1^* = 238.000$ millas. Estos reflejan pequeñas reparaciones totales, como lo muestra la función de mantención entre 44.550 y 53.650 millas y entre 68.750 y 76.850 millas. En ambos casos, la edad óptima para comprar es, inmediatamente después de una pequeña reparación total, un resultado sesgado, causado por la fuerte caída del costo de mantención en esos puntos. Se determinó por inspección que el patrón $x_0^* = 53.000$, $x_1^* = 238.000$ es siempre el más bajo.

Por lo tanto, de acuerdo a este modelo, se concluye que Colombia debería importar chasis de buses escolares de 7.16 años de antigüedad y usarlos 185.000 millas o aproximadamente 5 años¹².

¹¹ Otro método, el de obtener la primera derivada de la función ajustada a la función acumulada de mantención, se probó con resultados muy pobres.

¹² Los buses escolares recorren, en promedio, 7.400 millas al año en Estados Unidos [2]. El mismo bus en Colombia recorrería aproximadamente 36.000 millas al año, proporcionando transporte público [6].

2. Ahorros potenciales para Colombia del comercio internacional en chasis usados

Cuando la mayor parte del comercio internacional se efectúa en bienes nuevos, un estimador relevante de los ahorros potenciales se obtiene mirando el costo de $F(x_0^*, x_1^*)$ y el costo de un patrón que requiere la importación y el uso de bienes nuevos. Tal patrón es $F(0, x_1^*)$, es decir, el patrón que requiere que se importen bienes nuevos y se usen hasta el punto donde es óptimo deshacerse de ellos. En el caso de chasis de buses, esta comparación es entre $F(53,238)$ y $F(0,240)$ (las cifras x_0 x_1 se expresan aquí en miles). Es importante señalar que esta comparación otorga un límite inferior a la estimación de los ahorros que resultarían de utilizar el patrón $x_0 = 53, x_1 = 238$, en lugar del patrón usado en el presente en Colombia. El comercio internacional en bienes nuevos no es libre en Colombia; existen no solamente altas tarifas sino que existe también un sistema de licencias que limita el número de chasis importados. Estos obstáculos al comercio libre en bienes nuevos sugiere que el patrón actual de importación y uso de Colombia es tal que $x_0 = 0$ y x_1 es mayor que la edad óptima de desecho, es decir, un patrón de costos que excede a $F(0,240)$ ¹³.

Si Colombia siguiera el patrón óptimo de importación y uso versus el patrón $x_0 = 0, x_1 = 240$, se podrían obtener ahorros significativos. De acuerdo a las distintas estimaciones obtenidas, el cociente $F(53,238)/F(0,240)$ fluctúa entre .798 y .710, es decir, $F(53,238)$ es entre 20,2% y 29% más bajo que $F(0,240)$ y, en promedio, es 23,4% más bajo que $F(0,240)$.

Cambios en el cociente $F(53,238)/F(0,240)$ se relacionan con cambios en los valores de los parámetros r, z y B . Cuando los costos de transporte aumentan, $F(53,238)$ se hace más grande en relación a $F(0,240)$. Esto se esperaría, ya que un aumento en B aumenta $F(53,238)$ en un monto mayor que el aumento inducido en $F(0,240)$, porque el valor actual de los costos de transporte es mayor en $F(53,238)$ que en $F(0,240)$. Cuando r sube, $F(53,238)$ se hace más pequeño en relación a $F(0,240)$. Este resultado es esperado, ya que un aumento en r aumenta los costos de capital y disminuye el valor actual de la mantención futura y de los costos internacionales de transporte.

Un aumento en la tasa de cambio tiene efectos mezclados:

a) Costos de capital y depreciación crecientes tenderán a hacer $F(53,238)$ más pequeño en relación a $F(0,240)$;

b) Costos de transporte internacional y de mantención crecientes debido al componente importado en la mantención tienden a hacer $F(53,238)$ más grande en relación a $F(0,240)$.

En todos los casos, un aumento en la tasa de cambio hace $F(53,238)$ más pequeño en relación a $F(0,240)$. Este resultado parece indicar que en el caso presente, el efecto de una tasa de cambio más alta sobre los costos de capital y depreciación exceden al efecto opuesto sobre los costos de transporte internacional y mantención.

¹³ Es importante señalar que todas las comparaciones de costo que siguen se refieren solamente a costos relacionados a la edad del chasis y no a los costos totales. Alguno de los costos no relacionados a la edad, que no se incluyen en este estudio, son los de bencina, garage, limpieza, aceite y conducción.

La diferencia entre $F(0,240)$ y $F(53,238)$ otorga un estimador de la magnitud de los ahorros potenciales por unidad de servicio de chasis a través del tiempo. En pesos de 1970, esta magnitud varía entre P 58.265 y P 125.442.

Sin embargo, en US\$ la variación en los estimadores es mucho más pequeña, de \$ 2.465 a \$ 3.112, reflejando el hecho que el valor del dólar se mantiene constante en la estimación¹⁴. Cuando r y B cambian, la magnitud de los ahorros cambia en forma similar en pesos y dólares: cuando B y r suben, los ahorros disminuyen. La disminución en los ahorros cuando B crece refleja el hecho que el valor actual de los costos internacionales de transporte es mayor en $F(53,238)$ que en $F(0,240)$.

La disminución en los ahorros cuando r sube indica que en este caso particular el impacto cuantitativo de cambios en la tasa de interés es más pequeño sobre los costos de capital que sobre el valor actual de mantención y costos internacionales de transporte.

Cuando la tasa de cambio sube, también aumenta la cantidad potencial de pesos ahorrada al comerciar en bienes de edad óptima. Cambios en la tasa de cambio aumentan $F(x_0, x_1)$ (medido en pesos), a través de cambios en los costos de capital, costos de depreciación, costos de mantención y costos internacionales de transporte. Los costos internacionales de transporte y los costos de mantención son un componente más grande de $F(53,238)$ que de $F(0,240)$, mientras que los costos de capital y depreciación son un componente mayor de $F(0,240)$ que de $F(53,238)$. El hecho que cambios en z aumenten los ahorros indica que los aumentos más grandes en los componentes importados de mantención y transporte internacional en $F(53,238)$ son más que compensados por los mayores aumentos en los costos de capital y depreciación en $F(0,240)$.

La importancia del comercio internacional en bienes usados y de los ahorros que podrían resultar de él pueden ser vistos de un modo más general, mirando a $F(x_0, \bar{x}_1)$, es decir, a los costos que corresponden a patrones que requieren la importación de un bien a cualquier edad x_0 y su uso hasta que alcance una edad \bar{x}_1 . Uniremos entonces a $F(x_0, 240)$. En este caso, si Colombia decide dejar de usar el chasis del bus con 240.000 millas, el país ahorraría 8,3% si el chasis se comprara con 10.000 millas en lugar de nuevo; 13,4% si se comprara con 20.000 millas y así sucesivamente. Importando un chasis con 30.000 millas, Colombia obtiene sobre dos tercios del total de ahorros posibles, es decir, dado cualquier \bar{x}_1 , los ahorros que Colombia podría obtener al comerciar chasis usados, aumentan a una tasa más rápida al aumentar x_0 , cuando x_0 es pequeña. Esto requiere que, desde un punto de vista práctico, no sería tan importante importar un chasis de edad óptima, como importar simplemente chasis con más de 3 años de uso.

Es posible también obtener una medida más convencional de las pérdidas para la sociedad que resultan de patrones no óptimos de importación, estimando el costo anual en recursos de patrones diferentes.

¹⁴ Si se hubiera utilizado el peso y no el dólar como "numerario", los resultados habrían sido opuestos: una alta variación en las estimaciones en dólares y baja en las estimaciones en peso.

El costo en recursos de una unidad de servicio a través del tiempo proporcionada por cualquier patrón de importación y uso es $F(\bar{x}_0, \bar{x}_1, B)$, donde \bar{x}_0 y \bar{x}_1 son los valores que definen el patrón.

El costo de una unidad de servicio durante cualquier año dado es, sin embargo, una variable que depende de cuán a menudo se cambien los bienes durables y cuán viejos sean cuando se importen por primera vez, es decir, si el patrón bajo consideración requiere que se importe un bien de 2 años y que se use durante 4 años, el costo de obtener los servicios de tal bien es diferente en cualquiera de los 4 años de uso. Para estimar las ganancias y pérdidas tradicionales de bienestar, es entonces conveniente obtener un costo medio en recursos para el período considerado.

$F(\bar{x}_0, \bar{x}_1; B)$ es el valor actual del costo de un flujo desde $t=0$ a $t=\infty$ de una unidad de servicio producida usando el patrón de importación y uso definido por $x_0 = \bar{x}_0$ y $x_1 = \bar{x}_1$. El costo de este flujo para un período de una unidad de tiempo, definido como k , es entonces:

$$(15) \quad k = r F(\bar{x}_0, \bar{x}_1; B)$$

k se puede usar como un estimador del costo "medio" de obtener una unidad de servicio en diferentes períodos de tiempo, usando el patrón de importación y uso recién mencionado.

Consideremos entonces dos de las muchas k 's:

$$\bar{k} = r F(\bar{x}_0, \bar{x}_1; B) \quad \text{y} \quad k^* = r F(x_0^*, x_1^*; B)$$

Las ganancias obtenidas usando el patrón óptimo en lugar del no óptimo se puede medir usando la teoría tradicional del bienestar. Estas ganancias serían iguales a la disminución en el costo social de obtener la cantidad de servicios producidos en k , a un costo menor k^* más "el pequeño triángulo" que mide el aumento en el excedente del consumidor resultante de un aumento en la cantidad de servicios demandada al costo menor. El área del "pequeño triángulo" no puede ser estimado, a menos que uno conozca la curva de demanda con compensación de ingreso por los servicios, o al menos su elasticidad en el rango relevante; sin embargo, ninguna de esta información es disponible. Uno podría aun obtener una aproximación (subestimación) de las ganancias de bienestar midiendo "el área del rectángulo" bajo la curva de demanda, la cual es simplemente $(\bar{k} - k^*)$ veces la cantidad demandada de servicios en \bar{k} .⁴

Los k 's fueron estimados para $F(0,240)$ y $F(53,238)$ para doce combinaciones de valores de r , z y B . La diferencia de costos entre estos dos flujos anuales de servicios varía en el rango entre \$ 397 a \$ 524 y el promedio es \$ 459.

Puesto que Colombia tenía aproximadamente 20.000 buses en 1970¹⁵, el total subestimado de ganancias anuales de bienestar que Colombia podría obte-

¹⁵ [1], p. 27.

ner en transporte de buses, cambiando a un patrón óptimo de importación y uso, variaría en un rango entre \$ 7.940.000 y \$ 10.480.000 con un promedio de \$ 9.180.000¹⁶.

Si se considera que es razonable suponer que la elasticidad de demanda por servicios de buses está entre 0.5 y 2.0 y que los costos no relacionados con la edad de proporcionar servicios de buses son entre 25% y 50% de los costos totales, se estima, entonces, que la subestimación de las ganancias de bienestar es entre 1,36% y 15,28%, lo cual indica que las ganancias de bienestar medidas no están probablemente muy lejos de las ganancias posibles.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio ha abogado en favor de eliminar las barreras al comercio en bienes durables de segunda mano. La defensa se basa en las diferencias entre países, en los costos asociados a las distintas edades de los bienes durables. En particular, cuando las operaciones de mantención son intensivas en mano de obra, se podría esperar que los costos relacionados a la edad fueran más bajos en los países subdesarrollados que en los desarrollados.

Se ha mostrado que un país como Colombia podría ahorrar recursos equivalentes a .2% de su PNB siguiendo un patrón óptimo de importación y uso para chasis de buses. Es importante notar que estos ahorros se obtienen al comerciar solamente un tipo de bien durable en una forma óptima respecto a la edad. Está claro así que el total de ahorros en recursos que podría resultar del comercio en todo tipo de bienes durables, podría ser de una magnitud bastante significativa. Los bienes que son candidatos para tal comercio incluyen aviones, tractores, refrigeradores, maquinaria industrial y equipo de trenes.

Debe notarse, sin embargo, que partiendo de la situación presente, una eliminación de la discriminación arancelaria en contra del comercio en bienes durables usados solamente, no resultaría en patrones óptimos de importación y uso. En la medida en que continúen las distorsiones en los mercados de capital, trabajo y divisas, los patrones óptimos de importación y uso no serán necesariamente rentables, aun si no existe distorsión de tarifas. Una política que intentara obtener todos los beneficios del comercio en bienes durables usados tendría que considerar todas estas distorsiones. Una política óptima probable sería una que otorgara un subsidio al comercio en bienes de edad óptima para compensar las distorsiones en otros mercados.

¹⁶ Esto es equivalente a .2% del PNB de P 102.033 millones para 1970.

APENDICE

Demostración del resultado (10):
Diferenciando (9) con respecto a B:

$$(9') \quad F_{tt} \frac{dt}{dB} + F_{tx} \frac{dx}{dB} = -F_{tB}$$

$$F_{xt} \frac{dt}{dB} + F_{xx} \frac{dx}{dB} = -F_{xB}$$

donde F_{tt} y F_{xx} son las segundas derivadas parciales de F con respecto a t y x y F_{tx} , F_{xt} , F_{tB} y F_{xB} son las segundas derivadas parciales cruzadas con respecto a t , x y B .

Las condiciones de segundo orden para la minimización requieren que $F_{tt} > 0$; $F_{xx} > 0$, y

$$\Delta \equiv \begin{vmatrix} F_{tt} & F_{tx} \\ F_{xt} & F_{xx} \end{vmatrix} > 0$$

De (9'):

$$\frac{dt}{dB} = \frac{\begin{vmatrix} -F_{tB} & F_{tx} \\ -F_{xB} & F_{xx} \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-F_{xx} F_{tB} + F_{tx} F_{xB}}{\Delta} > 0$$

puesto que $F_{xB} = 0$ [de (9)], $F_{xx} > 0$, $\Delta > 0$, y $F_{tB} < 0$ [de (9)]

$$\text{También: } \frac{dx}{dB} = \frac{\begin{vmatrix} F_{tt} & -F_{tB} \\ F_{xt} & -F_{xB} \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{F_{xt} F_{tB} - F_{tt} F_{xB}}{\Delta} < 0$$

puesto que $F_{xB} = 0$ [de (9)], $\Delta > 0$, $F_{tB} < 0$ [de (9)] y

$$F_{xt} = \frac{re^{-rt}}{(1 - e^{-rt})^2} [\int_0^t m'(y+x) e^{-ry} dy + zP'(x)] + \frac{1}{1 - e^{-rt}}$$

$$m'(y+x) e^{-rt} > 0$$

ya que $m'(y+x)$ evaluado en t es positivo y en equilibrio:

$$\frac{1}{1 - e^{-rt}} [\int_0^t m'(y+x) e^{-ry} dy + z P'(x)] = F_x = 0$$

REFERENCIAS

- [1] Asociación de Fabricantes de Automotores, 1972, Industria Automotriz Argentina (Buenos Aires).
- [2] Automobile Manufacturers Association, 1971, 1970, Motor Truck Facts (Detroit, Michigan).
- [3] Bhagwati, J., 1966, The Economics of Underdeveloped Countries, New York: World University Library.
- [4] Instituto Nacional de Transporte, octubre 1969, Costos de Administración y Operación de equipos de Transporte Colectivo en Bogotá. Estudio ROT, informe III (Bogotá).
- [5] Musalem, A., 1970, "On Estimating the Opportunity Cost of Foreign Exchange in Colombia, 1950-1970". Mimeo (Bogotá).
- [6] Plack, H., and M. P. Todaro, november 1969, "Technological Transfer, Labor Absorption, and Economic Development", Oxford Economic Papers, Vol. 21, N° 3, pp. 395-403.
- [7] Preinreich, G. A. D., january 1940, "The Economic Life of Industrial Equipment", Económica, Vol. 8, N° 1, pp. 12-44.
- [8] Sen, A. K., august 1962, "On the Usefulness of Used Machines", Review of Economics and Statistics, Vol. XLIV, N° 3, pp. 346-348.
- [9] Thoumi, F. E., 1973, "On a Theory of International Trade of Used Durable Goods with an Application to Underdeveloped Countries". Unpublished Ph.D. Dissertation, University of Minnesota.
- [10] Todaro, M. P., june 1970, "Some Thoughts on the Transfer of Technology from Developed to Les Developed Nations", Eastern Africa Economic Review, Vol. 2, N° 1, pp. 53-64.