

REINTERPRETACIÓN DE LA "DEPRECIACIÓN POR EVAPORACIÓN", "DEPRECIACIÓN EXPONENCIAL" O "DESINTEGRACIÓN RADIATIVA" DE LOS BIENES DE CAPITAL FIJO DENTRO DE LA TEORÍA CLÁSICA DE LOS PRECIOS

Félix Ibáñez * y Mariano Matilla García**

Fecha de recepción: 12 de noviembre de 2002

Fecha de aceptación y versión final: 11 de junio de 2003

Resumen: En el presente trabajo se demuestra que el tratamiento del Capital Fijo en términos de producción conjunta, siguiendo las directrices marcadas por von Neumann y Sraffa al considerar los bienes de capital fijo en sucesivas fases de desgaste como productos independientes y cualitativamente diferenciados, es lógicamente inconsistente. Se demuestra además que el tratamiento del Capital Fijo en términos de producción simple ("depreciación por evaporación", "depreciación exponencial", "desintegración radiativa") es perfectamente general, en contra de la opinión dominante.

Palabras Clave: Capital Fijo, Depreciación por evaporación, Sraffa, von Neumann.

Abstract In this paper it is proven that the treatment of Fixed Capital in terms of joint production, according to the procedure utilized by von Neumann and Sraffa by considering fixed capital goods in successive phases of wear and tear as independent and qualitatively differentiated commodities, turns out to be inconsistent on theoretical grounds. Moreover, it is proven that the treatment of Fixed Capital in terms of simple production ("depreciation by evaporation", "exponential depreciation", "radioactive decay") is completely general, by contrast to the dominant opinion.

Keywords: Fixed Capital, Depreciation by evaporation, Sraffa, von Neumann.

* Departamento de Análisis Económico II. UNED. E-mail: fibanez@cee.uned.es

** Departamento de Economía Aplicada Cuantitativa I. UNED. E-mail: mmatilla@cee.uned.es

Introducción

Es un lugar común en la literatura sobre capital fijo dentro de la Teoría Clásica de los Precios, véase por ejemplo Sraffa (1960, cap. 10), Roncaglia (1971) (1978, págs. 36-48), Pasinetti (1973), Baldone (1974), Varri (1974) y Schefold (1978, 1980) entre otros autores, que la forma más general de abordar aquél es representarlo en términos de producción conjunta; donde el mismo bien de capital fijo en sucesivas fases de desgaste se considera como una *mercancía cualitativamente diferente*, como un *producto independiente*. Este tratamiento del capital fijo entronca con la tradición clásica, tal como aparece reflejado en Sraffa (1960, Apéndice D), y asimismo se corresponde con la forma en que aborda el problema von Neumann (1945) en su trabajo pionero en la materia.

Este tratamiento del capital fijo se considera unánimemente general dentro de la literatura porque permite determinar, simultáneamente con los precios y variables distributivas, la vida económica o vida útil de los bienes de capital fijo (el truncamiento óptimo de la vida económica de tales bienes), así como el perfil temporal de su depreciación.

En cambio el tratamiento del capital fijo en términos de *producción simple*¹ se considera válido, véase por ejemplo Pasinetti (1973), Baldone (1974) y Varri (1974), en un caso particular: cuando la vida económica o vida útil de los bienes de capital fijo se determina al margen de los precios y las variables distributivas, esto es, resulta ser un dato técnico. Y además, tales bienes de capital fijo sufren una depreciación proporcional, constante en cada período, fijada arbitrariamente de antemano en base a la vida útil de aquéllos.

Este tratamiento del capital fijo, que entronca con el modelo dinámico de Leontief² en tanto trabajo pionero en esta materia, también ha sido utilizado por parte de autores neoclásicos, por ejemplo Bruno, Burmeister y Sheshinski (1966), Burmeister y Dobell (1970, cap. 8) y Samuelson (1983) entre otros.

En el presente trabajo demostraremos que todas estas opiniones no son correctas en absoluto:

- El tratamiento del capital fijo en términos de producción conjunta incurre en arbitrariedades e incorrecciones, y es por tanto lógicamente inconsistente. Por ello debe ser desechado.

- El tratamiento del capital fijo en términos de producción simple es al menos tan general como el anterior, en contra de la opinión dominante; dado que permite determinar, al propio tiempo que se determinan los precios y las variables distributivas, la vida económica o vida útil de los bienes de capital fijo así como el perfil temporal de su depreciación, no necesariamente proporcional y constante en cada

¹ El bien de capital fijo depreciado se corresponde con una cantidad menor del mismo bien de capital completamente nuevo; no hay diferenciación cualitativa entre los bienes de capital nuevos y los ya utilizados. Por eso se denomina al tratamiento del capital fijo en términos de producción simple: "*desintegración radiactiva*", "*depreciación exponencial*", "*depreciación por evaporación*" de los bienes de capital fijo. Véase Baldone (1974).

² Consúltense las referencias bibliográficas al respecto en Pasinetti (1973).

período, dependiendo de las pautas de eficiencia de los bienes de capital. Y además resulta ser el tratamiento correcto y más sencillo del capital fijo en el seno de la Teoría Clásica de los Precios.

El desarrollo del presente trabajo es el siguiente: en el primer epígrafe nos referiremos a las peculiaridades conceptuales del capital fijo, así como al contexto en que se desarrollará el análisis del mismo dentro de la Teoría Clásica de los Precios. En el segundo epígrafe abordaremos desde un punto de vista crítico el tratamiento del capital fijo en términos de producción conjunta, comúnmente aceptado dentro de la literatura *sraffiana*, poniendo en evidencia las inconsistencias lógicas y arbitrariedades en que se incurre al adoptarlo. En el tercer epígrafe abordaremos el tratamiento del capital fijo en términos de producción simple, demostrando, contrariamente a la opinión dominante, su generalidad.

1. El capital fijo y el contexto del análisis

En relación con los bienes de capital fijo realizaremos las siguientes consideraciones:

- Por definición, los bienes de capital fijo duran más de un ciclo productivo, de lo contrario se consideran bienes de capital circulante.

Por consiguiente, los bienes de capital fijo, que nosotros indistintamente denominaremos en adelante máquinas, están sujetos a una depreciación paulatina por su utilización en algún proceso a lo largo de sucesivos ciclos productivos hasta que se reponen por otros nuevos; a diferencia de los bienes de capital circulante, los cuales, por definición, deben reponerse completamente al final de cada proceso productivo para iniciar otro nuevo.

- No hay bienes de capital fijo perfectamente duraderos mediante la reposición periódica de sus piezas componentes. Si en la práctica ocurriera lo contrario, se considerará que tales bienes de capital están subdivididos en sus diferentes componentes sustituibles periódicamente, considerándose estos últimos como bienes de capital fijo independientes. Las máquinas perfectamente duraderas no tienen, pues, entidad propia desde un punto de vista analítico.

Por consiguiente, la vida física o vida técnica de los bienes de capital fijo, esto es, la vida económica o vida útil máxima de las máquinas es un dato técnico.

- Tomando como unidad de tiempo la duración del proceso productivo, la vida económica o vida útil de las máquinas (t_j ciclos productivos), que en ningún caso superará su vida física o vida técnica (t_{jf} ciclos productivos), no es un dato técnico, puede variar dentro del siguiente intervalo $2 \leq t_j \leq t_{jf}$. Se trata pues de un parámetro, dependiente de los precios y las variables distributivas.

La determinación del truncamiento óptimo de la vida económica de las máquinas es por tanto un problema económico, no técnico.

- Los bienes de capital fijo, a diferencia del capital circulante, están sujetos además a gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial (piezas de repuesto) durante su vida económica.

- Algunos de tales gastos no son imputables a un período concreto de la depreciación temporal de las máquinas, esto es, a un determinado ciclo productivo. Tienen el carácter de gastos generales correspondientes a la vida económica o vida útil de aquéllas. Sin embargo, nosotros consideraremos que se asignan al período o ciclo productivo en que se efectúa el pago de tales gastos.

Cuanto más larga sea la vida económica de las máquinas menor será su cuota de depreciación periódica, aunque ésta se distribuya irregularmente en el tiempo; pero en general se incurrirá en gastos adicionales de mantenimiento, reparación y reposición parcial de tales bienes de capital.

Cuando tales gastos adicionales crecen, aunque no sea monótonamente, a medida que avanza la utilización periódica de las máquinas, se dice que estas últimas tienen una *eficiencia decreciente* en el tiempo.

Si tales gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial son idénticos en cada período entonces se dice que los bienes de capital fijo tienen *eficiencia constante*.

La *eficiencia creciente* de las máquinas (gastos adicionales que decrecen aunque no sea monótonamente a medida que avanza la utilización periódica de las mismas) también es posible, aunque se trata de un caso verdaderamente raro.

- Los bienes de capital fijo desechados al final de su vida económica o vida útil carecen de valor residual, de lo contrario se incurriría en procesos de producción conjunta³.

El análisis del capital fijo se desarrollará dentro del siguiente contexto:

a) Ausencia de producción conjunta. La estructura productiva, por tanto, estará constituida por un único proceso para obtener cada mercancía por separado. Se considera la existencia de $n \geq 2$ mercancías⁴; habrá por tanto n procesos productivos.

b) Los procesos productivos son *point/flow input-point output*.

c) Por definición, la duración de un proceso productivo es el lapso de tiempo que transcurre desde que se incorpora el primer input hasta que se obtiene el output correspondiente. *Consideraremos que todos los procesos productivos tienen la misma duración; y tomaremos esta última como unidad de tiempo.*

d) El trabajo homogéneo es el único input primario.

e) Los salarios son pagados *ex post*, esto es, al final de cada proceso productivo. El período de pago de los salarios coincide pues con la duración de los procesos productivos.

f) A este período de tiempo está referida la tasa de ganancia sobre

³ Véase el Apéndice 1 donde se toma en consideración este extremo.

⁴ Con una sola mercancía no puede haber intercambio de productos ni, por definición, Economía de Mercado.

el capital adelantado.

g) El salario-hora y la tasa de ganancia son uniformes en el conjunto de la economía.

h) A la citada unidad de tiempo está referido también el cálculo de la depreciación periódica de los bienes de capital fijo.

2. Tratamiento del capital fijo en términos de producción conjunta dentro de la teoría clásica de los precios

2.1. Notación matemática y Modelo

- Consideremos que la primera mercancía de la estructura productiva que nos ocupa es un bien de capital fijo, que asimismo es utilizado como input en el n -ésimo proceso productivo por ejemplo.

- Sea $t_j \geq 2$ la vida económica o vida útil de la citada máquina. Como hemos dicho anteriormente, t_j es un parámetro no un dato técnico. t_j refleja el número de periodos unitarios o ciclos productivos (unidad de tiempo la duración del proceso productivo n -ésimo) en que se utiliza el bien de capital en cuestión.

- Sea $t = m.c.m(t_j)$, esto es, el mínimo común múltiplo de la vida económica de las máquinas utilizadas conjuntamente en el proceso productivo n -ésimo. Como se trata de un único bien de capital, en este caso particular tendremos $t = t_j$.

- Consideremos ahora que en el citado proceso se obtienen b_j $j = 1, \dots, t$ unidades de la n -ésima mercancía en cada ciclo productivo respectivamente. El hecho de que el output obtenido en cada período no sea constante en general es debido a la eficiencia variable de la máquina en cuestión.

- Sea k_1 un vector fila de n componentes, el primero de ellos positivo y el resto nulos. Refleja el número de unidades de la máquina completamente nueva empleadas para producir b_1 unidades de la mercancía n -ésima en el primer ciclo productivo.

- Sean k_j $j = 2, \dots, t$ las cantidades empleadas, en el proceso productivo n -ésimo, del bien de capital en cuestión en sucesivas fases de desgaste o periodos de depreciación; tales bienes de capital se consideran como *productos independientes y diferenciados cualitativamente entre sí*. Se les puede denominar *bienes de capital fijo intermedios*. k_2 se corresponde con la máquina depreciada al final de primer período, y k_t con el mismo bien de capital fijo depreciado al final del período $t-1$.

- Sea a_j $j = 1, \dots, t$ un vector fila de n componentes. El primero de ellos nulo, los $m \geq 1$ restantes ($m = n - 1$) recogen el empleo tanto de los inputs materiales necesarios para obtener b_j $j = 1, \dots, t$ unidades de la n -ésima mercancía en cada período, como los correspondientes a

los gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial del bien de capital fijo pagados en el período j -ésimo; aunque de hecho tales gastos no sean imputables a ese período concreto por tratarse de gastos generales que abarcan varios períodos de utilización sucesiva del bien de capital fijo en el citado proceso productivo. Por consiguiente, a_j no tiene por qué ser constante en sucesivos ciclos productivos; el bien de capital fijo tendrá en general eficiencia variable a lo largo de su vida económica.

- Sea l_j , $j = 1, \dots, t$ el trabajo directo empleado en el período j -ésimo en el citado proceso productivo. Las apreciaciones realizadas en el punto anterior son igualmente aplicables aquí.

- Sea w el salario-hora y r la tasa de ganancia referida al período de tiempo que se toma como unidad: la duración del proceso productivo n -ésimo.

- Sea p un vector columna de n componentes: el vector de precios. El primero de ellos se corresponde con el precio de la máquina completamente nueva; y el n -ésimo componente es el precio de la mercancía obtenida en el proceso productivo que nos ocupa.

- Sean $(p_{c_j}$, $j = 2, \dots, t)$ los precios respectivos de los bienes de capital fijo intermedios $(k_j$, $j = 2, \dots, t)$, debido a que estos últimos se consideran como *productos independientes y cualitativamente diferenciados*.

Las ecuaciones de utilización sucesiva del bien de capital fijo en el proceso productivo n -ésimo, de acuerdo con el tratamiento de aquél en términos de producción conjunta, serán las siguientes:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & (1+r)k_1 p \quad + (1+r)a_1 p + w l_1 = k_2 p_{c_2} + b_1 p_n \\
 & (1+r)k_2 p_{c_2} \quad + (1+r)a_2 p + w l_2 = k_3 p_{c_3} + b_2 p_n \\
 & \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \\
 & (1+r)k_{t-1} p_{c_{t-1}} + (1+r)a_{t-1} p + w l_{t-1} = k_t p_{c_t} + b_{t-1} p_n \\
 & (1+r)k_t p_{c_t} \quad + (1+r)a_t p + w l_t = \quad \quad \quad b_t p_n
 \end{aligned}$$

2.2. Proceso Integrado

Como puede observarse, el n -ésimo proceso de la estructura productiva que estamos considerando se desdobra en t procesos de utilización sucesiva del bien de capital fijo a lo largo de t ciclos productivos consecutivos. Aparecen entonces $t - 1$ incógnitas adicionales $(p_{c_j}$, $j = 2, \dots, t)$, correspondientes a los precios de los

bienes de capital intermedios.

El procedimiento utilizado en la literatura sraffiana es eliminar estos últimos para obtener el correspondiente *proceso integrado*. Posteriormente, una vez determinados los precios de las mercancías en la estructura productiva junto con las variables distributivas, se obtendrán sucesivamente los precios de los bienes de capital intermedios; con lo cual quedará establecido el perfil temporal de la depreciación del citado bien de capital en el proceso productivo n -ésimo, como diferencia del valor de los bienes de capital intermedios en dos fechas consecutivas.

Para obtener *el proceso integrado* correspondiente a la n -ésima mercancía, que emplea en su producción un determinado número de unidades del bien de capital fijo en cuestión, habrá que multiplicar respectivamente las distintas ecuaciones del sistema (1) por $(1+r)^{t-j}$ $j = 1, \dots, t$ y sumar a continuación todas ellas.

Resultará entonces:

$$(1+r)^t k_1 p + (1+r) \left(\sum_{j=1}^t a_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right) p + \left(\sum_{j=1}^t l_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right) w = \left(\sum_{j=1}^t b_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right) p_n$$

Dividiendo miembro a miembro por

$$\sum_{j=1}^t (1+r)^{j-1} = \frac{(1+r)^t - 1}{r}$$

Tendremos:

$$(2) \quad \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} k_1 p + (1+r) \frac{r}{(1+r)^t - 1} \left(\sum_{j=1}^t a_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right) p + \frac{r}{(1+r)^t - 1} \left(\sum_{j=1}^t l_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right) w = \frac{r}{(1+r)^t - 1} \left(\sum_{j=1}^t b_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right) p_n$$

Como resulta obvio, la siguiente expresión:

$$\frac{r}{(1+r)^t - 1} \left(\sum_{j=1}^t b_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right)$$

no es más que una *media ponderada* del output obtenido en t periodos debido a la utilización del bien de capital fijo en sucesivas fases de desgaste.

Otro tanto puede decirse en relación con los inputs materiales a_j y el trabajo directo l_j utilizados, tal cual aparecen en el *proceso integrado* (2).

Por consiguiente, el *proceso integrado* (2) puede interpretarse del siguiente modo:

- El segundo miembro se corresponde con el valor de la *media ponderada* del output obtenido en t períodos.
- El tercer término del primer miembro son los costes salariales correspondientes a la *media ponderada* del input de trabajo directo empleado.
- El segundo término son los costes correspondientes a la *media ponderada* de los inputs materiales empleados, más los beneficios derivados del capital circulante destinado a la adquisición anticipada de aquéllos.
- El primer término se trata de la cuota de amortización entendida en un sentido puramente financiero (depreciación más beneficios), tal como se explica más adelante, correspondiente al *stock* de capital fijo cuyo valor es $k_1 p$.

En otras palabras, el tratamiento del capital fijo en términos de producción conjunta conlleva la obtención de un *proceso integrado* que asigna a la *media ponderada* del output obtenido en t períodos, la *media ponderada* de los inputs materiales y del trabajo directo empleados para obtener aquél.

2.3. Valoración crítica de la representación del capital fijo en términos de producción conjunta

Podemos definir un coeficiente α_n que sea el cociente entre la *media aritmética* y la *media ponderada* del output obtenido en t períodos:

$$\alpha_n = \frac{\frac{1}{t} \sum_{j=1}^t b_j}{\frac{r}{(1+r)^t - 1} \left[\sum_{j=1}^t b_{t,j+1} (1+r)^{j-1} \right]}$$

Multiplicando (2) por $t\alpha_n$ llegaremos entonces a la siguiente expresión:

$$(3) \quad t\alpha_n \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} k_1 p + (1+r) t\alpha_n \frac{r}{(1+r)^t - 1} \left[\sum_{j=1}^t a_{t,j+1} (1+r)^{j-1} \right] p + t\alpha_n \frac{r}{(1+r)^t - 1} \left[\sum_{j=1}^t a_{t,j+1} (1+r)^{j-1} \right] w = \left[\sum_{j=1}^t b_j \right] p$$

La interpretación de esta última expresión es la siguiente:

- El segundo miembro se corresponde con el valor del output obtenido en t períodos.
- El tercer término del primer miembro son los costes salariales

correspondientes al citado volumen de output.

- El segundo término son los costes debidos al empleo de inputs materiales más los beneficios derivados del capital circulante destinado a la adquisición anticipada de aquéllos.

- Por consiguiente, el primer término debe recoger tanto la amortización completa del *stock* de capital fijo k_1 en t períodos, como los beneficios derivados del uso de este último durante ese mismo lapso de tiempo.

En consecuencia, al representar el capital fijo en términos de producción conjunta, resulta finalmente un *proceso integrado* en el que se asigna al volumen de output $\sum_{j=1}^t b_j$, obtenido en t períodos, los siguientes inputs con exclusión del capital fijo:

- Inputs materiales:

$$(4) \quad t\alpha_n \frac{r}{(1+r)^t - 1} \left(\sum_{j=1}^t a_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right)$$

- Trabajo directo:

$$(5) \quad t\alpha_n \frac{r}{(1+r)^t - 1} \left(\sum_{j=1}^t l_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right)$$

Como es obvio, la ecuación (3) no es más que una combinación lineal del sistema de ecuaciones (1). Luego si se satisface este último, también deberá satisfacerse la primera.

Sin embargo, en el proceso integrado (3) pueden observarse las siguientes deficiencias:

Inputs materiales y trabajo directo

$\sum_{j=1}^t b_j$ se corresponde con el volumen de output, obtenido en el proceso productivo n -ésimo, en t períodos de utilización sucesiva del bien de capital fijo. Según el *proceso integrado* (3), los inputs materiales (excluida la depreciación del bien de capital fijo) y la cantidad de trabajo directo empleados para obtener el citado volumen de output, son respectivamente (4) y (5).

Pero para obtener ese mismo volumen de output se han empleado unos inputs materiales (excluida la depreciación del bien de capital fijo) y una cantidad de trabajo directo iguales respectivamente a:

$$\sum_{j=1}^t a_j \quad \sum_{j=1}^t l_j$$

Por consiguiente, *si el tratamiento del capital fijo en términos de producción*

conjunta pretende ser consistente y tener validez general, deberá cumplirse en todos los casos, esto es, cualquiera que fuere el valor de la tasa de ganancia, y para todos los patrones de eficiencia posibles del bien de capital fijo, la doble igualdad siguiente:

$$t\alpha_n \frac{r}{(1+r)^t - 1} \left(\sum_{j=1}^t a_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right) = \sum_{j=1}^t a_j$$

$$t\alpha_n \frac{r}{(1+r)^t - 1} \left(\sum_{j=1}^t l_{t-j+1} (1+r)^{j-1} \right) = \sum_{j=1}^t l_j$$

Cualquiera que fuere el valor que tome la tasa de ganancia, sólo puede asegurarse que se cumplirá esta exigencia cuando el bien de capital fijo tenga *eficiencia constante* a lo largo de su vida económica:

$$a_j = a_1 = a_n \quad l_j = l_1 = l_n \quad b_j = b_1 = b_n \quad j = 2, \dots, t$$

En tal caso, dado que α_n resultaría igual a la unidad, el *proceso integrado* (3) quedaría como sigue:

$$(6) \quad \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} k_1 p + (1+r) a_n p + w l_n = b_n p_n$$

También puede asegurarse que la exigencia de la que estamos hablando se cumplirá cuando $r=0$, cualquiera que fuere el patrón de eficiencia del bien de capital fijo. En tal caso, sumando directamente las ecuaciones del sistema (1) obtendremos el siguiente *proceso integrado*:

$$(7) \quad k_1 p + \sum_{j=1}^t a_j p + \sum_{j=1}^t l_j w = \sum_{j=1}^t b_j p_n$$

Por consiguiente, cuando la eficiencia de las máquinas es variable, no se cumplirá en general la exigencia elemental de la que venimos hablando para cualquier valor positivo de la tasa de ganancia. Por este motivo, en ningún caso puede mantenerse que la representación del capital fijo en términos de producción conjunta, al tratar como productos diferenciados los bienes de capital intermedios, tiene validez general.

Depreciación del Capital Fijo y Beneficios

Por otra parte, consideremos que $r > 0$. Como hemos visto anteriormente, cuando se obtiene el mismo volumen de output en cada período ($b_j = b_1 = b_n$, $j = 2, \dots, t$) resulta $\alpha_n = 1$. En tales circunstancias, el primer término del proceso integrado (3) quedaría reducido al siguiente:

$$(8) \quad t \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} k_1 p$$

Este mismo término aparece en el proceso integrado (6), sin más que multiplicar tal ecuación por t .

Este término puede interpretarse como el conjunto de cuotas de amortización periódicas y constantes del capital fijo cuyo valor es $k_1 p^5$, que percibidas a lo largo de t períodos que abarcan su vida útil permiten:

- Tanto la reposición del citado bien de capital completamente depreciado por otro nuevo al final de esta última.
- Como la obtención de un volumen de beneficios proveniente de una tasa de ganancia r calculada sobre el valor del bien de capital fijo al principio de cada período o ciclo productivo, sabiendo que éste se deprecia paulatinamente, esto es, que su valor no permanece constante a lo largo de los t períodos.

Cuando no se obtiene el mismo volumen de output en cada período, entonces resulta $\alpha_n \neq 1$. Por este motivo, en el proceso integrado (3) se incurre en una inconsistencia lógica adicional al no atribuir al *stock* de capital fijo k_1 un conjunto de cuotas de amortización a lo largo de t períodos exactamente igual a las que figuran en la expresión (8).

Esto no sucede obviamente en el proceso integrado (6), donde el primer término representa, como venimos diciendo, la cuota de amortización, correspondiente a un período, del capital fijo cuyo valor es $k_1 p$. La citada cuota de amortización permanece constante a lo largo de t períodos, a pesar de que el bien de capital fijo se deprecia paulatinamente.

Analizando los *procesos integrados* (3) (cuando $\alpha_n = 1$) y (6), desde el punto de vista de la depreciación del bien de capital fijo nada hay que decir. Es correcto su cálculo; dado que en t períodos la citada cuota de amortización permite reponer completamente el bien de capital que nos ocupa⁶.

Pero desde el punto de vista del cálculo de los beneficios en cada período se incurre en una arbitrariedad en los citados *procesos integrados*. Es la siguiente: al calcularse los beneficios sobre el valor del capital fijo en cada período de tiempo, sabiendo que aquél se deprecia, no se tiene en cuenta que tal depreciación no es más que un proceso de conversión paulatina del capital fijo en capital circulante.

Esto es, el proceso de depreciación de una máquina genera un flujo de fondos financieros (los fondos de amortización) con la venta del output producido, que *permanecen adscritos al proceso productivo n-ésimo como capital circulante adicional hasta que se emplean en la reposición del bien de capital fijo en cuestión*. De lo contrario, tales fondos de amortización deberían distribuirse

⁵ Aquí el término cuota de amortización del capital se emplea en un sentido estrictamente financiero. Como si el valor del capital fijo fuera un préstamo que es preciso amortizar.

⁶ No obstante, cuando la eficiencia de las máquinas es constante, no resulta de la aplicación de este método una depreciación proporcional y constante del bien de capital fijo en cada período, como sería lógico y deseable.

como beneficios en cada período entre los propietarios del stock de capital; de forma que en el momento de la reposición del bien de capital fijo tendría que darse una aportación financiera externa (una ampliación de capital en términos contables) para poder llevarse a cabo. Lo cual parece absurdo.

Por este motivo, *en la práctica el valor del capital fijo en el seno del proceso productivo n-ésimo, sobre el que hay que calcular los beneficios en cada período, permanece inalterado en el tiempo.*

Los fondos de amortización del capital fijo al engrosar temporalmente el capital circulante del proceso productivo n-ésimo, hasta tanto no se utilicen en la reposición de aquél, son eventualmente empleados para el pago anticipado, en el período que se precise, de los gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial del bien de capital fijo cuando éstos se encuentran irregularmente distribuidos en el tiempo. De esta forma, los fondos de amortización del capital fijo complementan temporalmente el capital circulante en sentido estricto o fondo de rotación del proceso productivo n-ésimo.

Inclusive se puede considerar la posibilidad de que tales fondos financieros puedan ser invertidos fuera del proceso productivo en cuestión para obtener unos sobrebeneficios. Sin embargo ello exigiría la intervención del sistema financiero, del mercado de fondos prestables, y este hecho es ajeno a una Teoría de los Precios. Por consiguiente no contemplaremos esta posibilidad⁷.

En resumidas cuentas, el tratamiento del capital fijo en términos de producción conjunta, al calcular una cuota de amortización financiera complicada, que conlleva en cada período la obtención de unos beneficios sobre el valor del capital fijo que se deprecia paulatinamente, *considera que los fondos de amortización provenientes de tal depreciación se "evaporan", desaparecen como capital circulante adicional del proceso productivo n-ésimo; esto es, que se distribuyen en cada período como beneficios adicionales entre los propietarios del stock de capital.* Haciendo precisa en términos contables, además, una ampliación de capital cada vez que tiene lugar la reposición de bienes de capital fijo depreciados por otros nuevos.

Esto es inaceptable. Por consiguiente, el valor del capital fijo para el cálculo de los beneficios en cada período ha de permanecer constante a lo largo de la vida económica o vida útil de aquél. Ha de ser siempre $k_i p$; suponer lo contrario sería una arbitrariedad carente de toda base, como hemos visto.

El proceso integrado (3) en general, o bien el (6) o el (7) en tanto casos particulares, figurarán como la n-ésima ecuación del sistema de precios correspondiente a la estructura productiva que nos ocupa.

Por consiguiente, conocida r , podremos determinar los precios de las n mer-

⁷ Estos fondos de amortización, al invertirse a través del sistema financiero en otros procesos productivos se convierten en capital fijo o circulante, y de ahí dan origen a la percepción de beneficios. Estos beneficios son el reparto de los obtenidos en otros procesos productivos, y no se derivan de la venta del output en el proceso productivo en cuestión. Son beneficios atípicos, que no tienen cabida dentro de las ecuaciones de determinación de los precios, ni, por tanto, dentro de una Teoría de los Precios.

cancias y el salario-hora, una vez elegido el correspondiente numerario.

A partir de aquí, manejando el sistema de ecuaciones (1) se obtendrán p_{c_j} $j = 2, \dots, t$, es decir, los precios de los bienes de capital intermedios. Con lo que quedará establecido el perfil temporal de la depreciación del bien de capital fijo empleado en el proceso productivo n -ésimo, como diferencia del valor de los bienes de capital intermedios en dos fechas consecutivas.

Como se utiliza una sola máquina en este proceso productivo se podrá calcular de forma recursiva el precio del bien de capital en sucesivas fases de desgaste (el precio de los bienes de capital intermedios) haciendo uso de las $t-1$ primeras ecuaciones; la t -ésima ecuación se satisface automáticamente por ser los procesos integrados (3), (6) y (7) una combinación lineal de las ecuaciones que componen el sistema (1).

2.4. Conclusión

La argumentación hasta aquí desarrollada nos lleva a concluir que el tratamiento del capital fijo en términos de producción conjunta, comúnmente aceptado en la literatura por su generalidad, apoyado en las aportaciones de von Neumann (1945) y Sraffa (1960, cap. 10), *conlleva la posible obtención de procesos integrados lógicamente inconsistentes desde el punto de vista de los inputs materiales empleados, excluida la depreciación del capital fijo, y de la cantidad de trabajo directo cuando la eficiencia de las máquinas es variable y la tasa de ganancia positiva; y además arbitrarios en cualquier caso en lo referente al cálculo de los beneficios sobre el valor del capital fijo en cada período, incluso con eficiencia constante de las máquinas, cuando la tasa de ganancia es positiva.*

Por consiguiente, esta forma de abordar el tratamiento del Capital Fijo en el contexto de la Teoría Clásica de los Precios, al resultar válida sin excepción alguna únicamente cuando la tasa de ganancia es nula, debe ser desechada.

3. Tratamiento general del capital fijo en términos de producción simple dentro de la teoría clásica de los precios

3.1. Notación matemática y Modelo

- Consideremos que las h primeras mercancías ($1 \leq h < n$) de la estructura productiva en cuestión son bienes de capital fijo, que además son utilizados conjuntamente en el n -ésimo proceso productivo.

- Sea $t_j \geq 2$ $j=1, \dots, h$ la vida económica o vida útil respectivamente de cada bien de capital. Como hemos dicho anteriormente, t_j es un parámetro, no un dato técnico. t_j refleja el número de períodos unitarios o ciclos productivos (unidad de tiempo la duración del proceso productivo n -ésimo) en que se utiliza el bien de capital j -ésimo.

- Sea $t = m.c.m(t_1, \dots, t_h)$, esto es, el mínimo común múltiplo de la vida económica de los bienes de capital fijo utilizados conjuntamente en el proceso productivo n -ésimo.

- En el citado proceso productivo se obtienen b_j $j = 1, \dots, t$ unidades de la n -ésima mercancía en cada período de tiempo respectivamente, debido a la eficiencia variable en general de los bienes de capital fijo utilizados.

- Sea k_n un vector fila de n componentes, los h primeros positivos y el resto nulos. Refleja el número de unidades empleadas de cada bien de capital fijo completamente nuevo en el proceso productivo n -ésimo.

- Sea δ_j $j = 1, \dots, t$ un vector fila de n componentes, los h primeros eventualmente no-nulos y el resto nulos, que representa la depreciación de cada uno de los bienes de capital fijo respectivamente en el período j -ésimo.

- Sea a_j $j = 1, \dots, t$ un vector fila de n componentes. Los h primeros nulos, los $m \geq 1$ restantes ($m = n - h$) recogen el empleo tanto de los inputs materiales necesarios para obtener b_j $j = 1, \dots, t$ unidades de la n -ésima mercancía respectivamente, como los correspondientes a los gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial de las máquinas satisfechos en el período j -ésimo; aunque de hecho no sean imputables a ese período concreto por tratarse de gastos generales que abarcan varios períodos de utilización sucesiva del conjunto de bienes de capital fijo en el citado proceso productivo. Por consiguiente, a_j no tiene por qué ser constante en cada período. Los bienes de capital fijo tendrán en general eficiencia variable en el tiempo.

- Sea l_j $j = 1, \dots, t$ el input de trabajo directo empleado en el período j -ésimo en el citado proceso productivo. Las apreciaciones realizadas en el apartado anterior son igualmente aplicables aquí.

- Sea w el salario-hora y r la tasa de ganancia referida al período de tiempo que se toma como unidad: la duración del proceso productivo.

- Sea p un vector columna de n componentes: el vector de precios. Los h primeros se corresponden con el precio de los bienes de capital, y el n -ésimo componente con el precio de la mercancía obtenida en el proceso productivo que nos ocupa.

- Los bienes de capital desechados una vez concluida su vida económica o vida útil carecen de valor residual, de lo contrario se incurriría en procesos de producción conjunta⁸.

Expuestas en el punto anterior las inconsistencias lógicas y arbitrariedades en que se incurre al obtener el *proceso integrado* tratando el capital fijo en términos de producción conjunta, es preciso abandonar este método, esto es, la dife-

⁸ Véase el Apéndice 1 donde se toma en consideración este extremo.

renciación cualitativa de los bienes de capital intermedios, y replantear el sistema de ecuaciones (1) para proceder a un tratamiento del capital fijo más coherente. Este tratamiento que ofrecemos a continuación no es más que una reinterpretación del conocido y ampliamente utilizado, con el nombre de "desintegración radiactiva", "depreciación exponencial", "depreciación por evaporación" de los bienes de capital fijo.

Las nuevas ecuaciones de utilización sucesiva de los bienes de capital fijo en el proceso productivo n-ésimo adoptarán la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 (9) \quad & rk_n p + ra_1 p + \delta_1 p + a_1 p + wl_1 = b_1 p_n \\
 & rk_n p + ra_2 p + \delta_2 p + a_2 p + wl_2 = b_2 p_n \\
 & \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \\
 & rk_n p + ra_t p + \delta_t p + a_t p + wl_t = b_t p_n
 \end{aligned}$$

Efectivamente:

- El número de ecuaciones es precisamente t , el mínimo común múltiplo de la vida económica de los bienes de capital fijo utilizados conjuntamente en el proceso productivo n-ésimo. Porque t es el mínimo número de períodos unitarios de tiempo, de ciclos productivos, que permiten abarcar todas las combinaciones posibles de los h bienes de capital en sucesivas fases de desgaste, lo que se traduce en gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial de tales máquinas específicos de cada ciclo productivo (aunque éstos no sean imputables concretamente al período en que se efectúa el pago de los mismos), así como en la obtención de un determinado volumen de output específico en cada período.

- Cada bien de capital fijo se repondrá por otro completamente nuevo

a lo largo de los t períodos un número de veces igual a $\frac{t}{t_j} \quad j = 1, \dots, h$. No

obstante, en la práctica, a los efectos del cálculo de los beneficios, el capital fijo mantiene constante su valor ($k_n p$) a lo largo de esos t períodos por su conversión paulatina en capital circulante, debido al proceso de depreciación al que está sujeto. Los correspondientes fondos de amortización permanecen adscritos como fondos financieros al proceso productivo n-ésimo, engrosando así temporalmente el capital circulante propiamente dicho hasta tanto se utilicen en la reposición completa de cada bien de capital fijo al final de su vida útil ($t_j \quad j = 1, \dots, h$)⁹.

- $a_j \quad j = 1, \dots, t$ son los inputs materiales empleados (excluida la depreciación del capital fijo), los cuales deben ser anticipados en cada período; para ello se precisa del correspondiente capital circulante. Aqué-

⁹ Por este motivo, no se precisa establecer el supuesto manejado por Pasinetti (1973) de que en cada período ha de reponerse el capital fijo depreciado para mantener intacto el valor de este último.

llos varían en función del volumen de output y de los gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial en que se incurre, debido a la eficiencia variable de las máquinas.

- Cada ecuación de utilización conjunta y sucesiva de los h bienes de capital en el proceso productivo n -ésimo que nos ocupa nos indica, como resulta obvio, que en cada período la suma de los beneficios sobre el capital fijo y circulante *adscrito al citado proceso productivo*, más los costes de producción (la depreciación de los bienes de capital fijo en ese período más los costes debidos a los inputs materiales y la mano de obra directa empleada), es igual al valor del output obtenido en ese período.

3.2. El Proceso Integrado

Como puede observarse, el proceso productivo n -ésimo se desdobra en t procesos productivos diferentes en general por la mera utilización de bienes de capital fijo, que soportan eficiencia variable a lo largo de su vida económica.

De esta forma, tanto los precios de las mercancías como las variables distributivas deben satisfacer simultáneamente el sistema de ecuaciones (9), compuesto, como venimos diciendo, por ecuaciones en general diferentes unas de otras.

En tal caso, el sistema de precios correspondiente a la estructura productiva que nos ocupa estaría *sobredeterminado*: habría en general más ecuaciones que incógnitas a determinar por la mera utilización de bienes de capital fijo en algún proceso productivo. Por consiguiente, es preciso refundir el sistema de ecuaciones (9) en una sola ecuación, esto es, hay que obtener un proceso integrado que sea la síntesis de los procesos de utilización conjunta y sucesiva de los bienes de capital fijo en el proceso productivo n -ésimo, sin incurrir en las incoherencias a las que hacíamos referencia en el punto anterior.

En este caso, como no existen bienes de capital intermedios en sucesivas fases de desgaste como productos diferenciados, bastará con sumar simplemente miembro a miembro las ecuaciones del sistema (9) para obtener el correspondiente proceso integrado, el cual adoptará la siguiente forma:

$$(10) \quad b_n = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t b_j \quad a_n = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t a_j \quad l_n = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t l_j \quad \delta_n = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t \delta_j$$

$$rk_n p + ra_n p + \delta_n p + a_n p + wl_n = b_n p_n$$

En consecuencia, *el proceso integrado resultante será la media aritmética o promedio de las ecuaciones de utilización sucesiva de los bienes de capital fijo en t períodos*. Esto es, en el proceso integrado aparece el stock de capital fijo necesario para obtener en un período el promedio del output producido en los t períodos; aparece también el *promedio* de la depreciación de las máquinas utilizadas conjuntamente, de la cantidad de trabajo directo y de otros inputs materiales empleados, y finalmente el *promedio* de las necesidades de capital circulante

en cada período¹⁰.

Por este motivo, como el proceso integrado (10) no es más que la suma de las ecuaciones de utilización sucesiva de los bienes de capital (9), *no habrá discrepancia alguna entre los inputs materiales y trabajo directo asignados en aquél, y los que realmente corresponden al volumen de output obtenido en t períodos, para cualquier valor de la tasa de ganancia y cualquier patrón de eficiencia de los bienes de capital fijo.*

Asimismo, en (9) y, por tanto, en (10), el capital fijo mantiene intacto su valor a los efectos del cálculo de beneficios, por su conversión paulatina en capital circulante debida al proceso de depreciación a que está sujeto; los correspondientes fondos de amortización del capital fijo permanecen adscritos al proceso productivo n-ésimo como capital circulante adicional.

Nos vemos libres, pues, en todos los casos, de las incoherencias lógicas y arbitrariedades en que se incurría al obtener el proceso integrado representando el capital fijo en términos de producción conjunta. Estamos, pues, ante un tratamiento consistente del Capital Fijo.

3.3. Depreciación de los bienes de capital fijo

Lo único que nos queda es determinar δ_n en el proceso integrado (10) en función de la cantidad empleada de bienes de capital fijo de cada clase.

Sabemos que en t períodos se debe sustituir completamente $\frac{t}{t_j}$ veces la

máquina j -ésima. Por consiguiente, la depreciación total de este bien de capital en t ciclos productivos ha de ser igual al número de máquinas de esa clase completamente nuevas empleadas durante ese lapso de tiempo. Esto es, debe cumplirse por definición:

$$(11) \quad \sum_{j=1}^t \delta_j = t \left(\frac{k_{n1}}{t_1} \frac{k_{n2}}{t_2} \dots \frac{k_{nh}}{t_h} \ 0 \ \dots \ 0 \right)$$

Por consiguiente:

$$\delta_n = \left(\frac{k_{n1}}{t_1} \frac{k_{n2}}{t_2} \dots \frac{k_{nh}}{t_h} \ 0 \ \dots \ 0 \right)$$

¹⁰ Como las máquinas en general no tienen una eficiencia constante a lo largo de su vida económica, esto se traduce en que el output obtenido varía en cada período, y, por tanto, también lo harán los inputs materiales y el trabajo directo empleados en producir aquél. Y además, debido también a la eficiencia variable de las máquinas, se incurrirá en gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial de los bienes de capital fijo irregularmente repartidos a lo largo de los sucesivos períodos de utilización conjunta de estos últimos.

Por este motivo, en algún período puede que resulte insuficiente el capital circulante promedio que aparece calculado en el proceso integrado (10) para el pago anticipado de todos estos gastos.

Pero, como ya hemos resaltado, el capital fijo al depreciarse se convierte paulatinamente en capital circulante, de modo que los fondos de amortización correspondientes complementarán eventualmente el capital circulante promedio calculado en el proceso integrado, en tanto tales fondos no se empleen en la reposición de los bienes de capital fijo.

Es decir, la *depreciación promedio*, que aparece en el proceso integrado (10), correspondiente a una unidad del j -ésimo bien de capital, no es más, como resulta obvio, que $\frac{1}{t_j}$. Por tanto, *la obtención del proceso integrado por el procedimiento de tratar el capital fijo en términos de producción simple, conlleva la asignación a cada máquina, como era de esperar, una cuota de depreciación media o proporcional a lo largo de su vida económica.*

No obstante, de aquí *no debe deducirse que el tratamiento del capital fijo en términos de producción simple sólo es compatible con una cuota de depreciación proporcional y constante de las máquinas en cada período a lo largo de su vida económica, fijada esta última de antemano de forma arbitraria.*

Efectivamente, una vez que el *proceso integrado* (10) se convierte en la n -ésima ecuación del sistema de precios correspondiente a la estructura productiva que nos ocupa, podemos determinar p y w , dada una tasa de ganancia r , tomando una cesta de mercancías como numerario.

Conocidos p , w y r , retomando el sistema de ecuaciones (9) podemos calcular la *depreciación efectiva en cada período del conjunto bienes de capital fijo (h) empleados en el proceso productivo n -ésimo* ($\delta_{j,p}$ $j = 1, \dots, t$), esto es, el perfil temporal de la depreciación conjunta de los h bienes de capital fijo en el citado proceso productivo.

El sistema de ecuaciones (9) puede reescribirse del siguiente modo:

$$(12) \quad \delta_{j,p} = b_j p_n - (r k_n p + r a_j p + a_j p + w l_j) \quad j = 1, \dots, t$$

Por consiguiente, sólo en el caso de *la eficiencia constante de las máquinas*:

$$a_j = a_1 = a_n \quad l_j = l_1 = l_n \quad b_j = b_1 = b_n \quad j = 2, \dots, t$$

resultará $\delta_{j,p} = \delta_{n,p}$ $j = 1, \dots, t$. Esto es, *la cuota de depreciación efectiva del conjunto de bienes de capital fijo empleados en el proceso productivo n -ésimo es proporcional para cada bien de capital fijo y constante en cada período.* Por este motivo, el proceso integrado resultante (10) se corresponderá con una cualquiera de las ecuaciones de utilización sucesiva del conjunto de bienes de capital fijo que forman el sistema (9).

Pero si *la eficiencia de las máquinas es variable*, se incurrirá en gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial irregularmente repartidos a lo largo de los t períodos, y en la obtención de un volumen de output en general variable en cada ciclo productivo; lo cual *podrá anular e incluso hacer negativa en algún período la cuota de depreciación efectiva del conjunto de bienes de capital fijo empleados en el proceso productivo n -ésimo*, como puede deducirse fácilmente a partir de (12)¹¹.

¹¹ Cuando en un determinado período resulta una depreciación negativa del bien de capital, esto es, una revalorización de este último, el límite para este artificio contable son los fondos de amortización previamente acumulados que permiten satisfacer los gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial por encima de la media en ese período. Salvo que se admita la posibilidad de que pueda darse una aportación financiera externa en forma de una ampliación de capital en el proceso productivo.

Por consiguiente, *no es correcta la opinión generalizada en la literatura sraffiana*, por ejemplo Pasinetti (1973), Baldone (1974) y Varri (1974), *de que el tratamiento del capital fijo en términos de producción simple presupone necesariamente el establecimiento de una cuota de depreciación proporcional de las máquinas, constante en cada período, fijada arbitrariamente de antemano por motivos técnicos, no deducida, pues, de la aplicación de un criterio económico.*

Hasta aquí hemos calculado $\delta_j p$ $j = 1, \dots, t$, es decir, la depreciación conjunta en cada período de los h bienes de capital empleados en el proceso productivo n -ésimo. Para ello no hemos hecho más que emplear respectivamente las t ecuaciones del sistema (9), o bien del sistema (12).

En cambio, aunque resulte del todo innecesario, si quisiéramos determinar la pauta de depreciación temporal en el proceso productivo n -ésimo de cada máquina por separado, tendríamos en cada período, por ejemplo el j -ésimo, una ecuación ($\delta_j p = \beta_j$) con h incógnitas (los h componentes eventualmente no-nulos de δ_j). Es decir, dispondríamos en total de t ecuaciones para determinar $t \times h$ incógnitas. Por consiguiente, sólo en el caso trivial de que en el proceso productivo n -ésimo se empleara un único bien de capital fijo quedaría automática e inequívocamente determinada su pauta de depreciación temporal.

Por tanto, es evidente que en general debe establecerse un criterio, absolutamente arbitrario por otra parte, para proceder al reparto en cada período de la cuota de depreciación conjunta de los bienes de capital fijo utilizados en el proceso productivo n -ésimo entre cada uno de ellos por separado.

En este sentido, un criterio a considerar puede ser el siguiente:

$$\delta_j = \theta_j \delta_n \quad \theta_j = \frac{\delta_j p}{\delta_n p} \quad j = 1, \dots, t$$

Este criterio de reparto individual de la cuota de depreciación conjunta de las máquinas empleadas en un proceso productivo entre cada una de ellas parece razonable, a pesar de ser tan arbitrario como cualquier otro que pueda establecerse; dado que cuando la eficiencia de los bienes de capital fijo es constante, de la aplicación del mismo resulta una cuota de depreciación media o proporcional para cada máquina por separado: $\delta_j = \delta_n$ $j = 1, \dots, t$.

3.4. Selección del truncamiento óptimo de la vida económica de los bienes de capital fijo

El proceso integrado (10) correspondiente al proceso productivo n -ésimo puede reescribirse del siguiente modo:

$$(13) \quad r(k_n + a_n)p + (\delta_n + a_n)p + wL_n = b_n p_n$$

Representándolo matricialmente tendremos:

$$(14) \quad rK_n^* p + A_n^* p + wL_n^* = B_n^* p$$

donde K_n^* , A_n^* y B_n^* representan la fila n-ésima de las matrices K^* , A^* y B^* respectivamente. Y L_n^* es el componente n-ésimo del vector L^* .

Esta última expresión se corresponde con la n-ésima ecuación del sistema de precios:

$$(15) \quad rK^*p + A^*p + wL^* = B^*p$$

- K^* es la matriz de stocks de capital fijo y circulante empleados en cada proceso productivo.

- A^* es la matriz de inputs materiales empleados en cada proceso productivo. Donde están incluidos no sólo los inputs materiales utilizados en la obtención del output, sino además la depreciación de las máquinas y los gastos de mantenimiento, reparación y reposición parcial estas últimas.

- L^* es el vector del input de trabajo directo correspondiente a la estructura productiva que nos ocupa.

- B^* es la matriz que recoge en cada fila el output obtenido respectivamente en cada proceso productivo. Se tratará de una matriz diagonal, en tanto en cuanto estemos considerando la ausencia de producción conjunta y la carencia de valor residual por parte de los bienes de capital fijo depreciados al final de su vida económica.

Por otra parte, K^* y A^* , como resulta obvio dada la definición de ambas matrices, poseen los mismos componentes nulos.

De la misma forma que en el proceso n-ésimo de la estructura productiva que nos ocupa, puede ocurrir que en otros procesos se empleen algunos de los h bienes de capital fijo en consideración. Con lo cual obtendremos, por el mismo procedimiento, los correspondientes *procesos integrados*.

De hecho el sistema de precios (15) puede denominarse "*sistema integrado*", en tanto en cuanto en la estructura productiva existan y se empleen como inputs bienes de capital fijo en algún proceso productivo.

Los procesos integrados que componen el sistema de precios (15) se han obtenido tomando como un parámetro la vida económica o vida útil de los bienes de capital fijo empleados en cada proceso de la estructura productiva originaria. Nada nos impide, por tanto, seleccionar para cada tasa de ganancia el sistema integrado óptimo, y de ahí determinar en cada proceso productivo la vida económica de las máquinas que en él se utilizan, esto es, el truncamiento óptimo de la vida económica de tales bienes de capital fijo.

Por consiguiente, *resulta errónea la afirmación contenida en la literatura sraffiana*, por ejemplo Pasinetti (1973), Baldone (1974) y Varri (1974), *de que el tratamiento del capital fijo en términos de producción simple exige considerar la vida económica de los bienes de capital fijo como un dato técnico que viene establecido de antemano, sin ser el resultado de un análisis económico de carácter*

general del problema de la depreciación de las máquinas.

En el caso particular de la *eficiencia constante* de las máquinas, las ecuaciones de utilización sucesiva de tales bienes capital coinciden todas ellas, como hemos demostrado anteriormente, con el proceso integrado resultante. Por consiguiente, el *proceso integrado* óptimo se corresponderá con la cuota de depreciación proporcional mínima por período de los bienes de capital fijo; porque sólo en este caso los costes de producción unitarios serán a su vez mínimos cualesquiera que fueren los precios y variables distributivas. Esto tiene lugar precisamente cuando la vida económica de las máquinas es máxima, esto es, cuando coincide con la vida física o vida técnica de las mismas, que es ciertamente un dato del análisis.

Como puede apreciarse, esta interesante conclusión, por lo demás intuitivamente conocida por los especialistas, es una *deducción lógica resultante del tratamiento analítico del capital fijo en términos de producción simple y no una petición de principio: sólo en el caso de la eficiencia constante de los bienes de capital fijo la depreciación efectiva en cada período del conjunto de máquinas utilizadas en un proceso productivo se corresponde con una cuota proporcional y constante que se extiende a lo largo de la vida física o vida técnica de tales bienes de capital fijo.*

Pero en general, debido a la *eficiencia variable* de las máquinas, para cada tasa de ganancia se seleccionará el sistema integrado óptimo, y de ahí la vida económica óptima de las máquinas en cada proceso de la estructura productiva originaria, sin que pueda extraerse conclusión alguna acerca de la relación existente entre la tasa de ganancia y el truncamiento óptimo de la vida económica de aquéllas. Esto es, *la vida económica de los bienes de capital fijo en un proceso productivo adopta en general un comportamiento errático y, por tanto, imprevisible al variar la tasa de ganancia.* A estas mismas conclusiones llegan Baldone (1974) y Schefold (1978, 1980), aunque dentro de un contexto analítico defectuoso como es el tratamiento del capital fijo en términos de producción conjunta.

4. Conclusión

Después de lo visto a lo largo del presente epígrafe, podemos afirmar con toda rotundidad que el tratamiento del Capital Fijo en términos de producción simple, contrariamente a la opinión dominante en la literatura sraffiana, es al menos tan *general* como su tratamiento en términos de producción conjunta, comúnmente aceptado en la misma literatura, enraizado este último en las aportaciones de von Neumann (1945) y Sraffa (1960, cap. 10). *Dado que permite determinar tanto el truncamiento óptimo de la vida económica o vida útil de los bienes de capital fijo utilizados en cada proceso productivo, así como el perfil temporal o la pauta de depreciación efectiva de tales bienes de capital; siendo compatible el citado tratamiento del capital fijo con cualquier patrón de eficiencia de las máquinas a lo largo del tiempo.*

Pero no sólo es un procedimiento absolutamente *general* y *sencillo* para

abordar el tratamiento del Capital Fijo en el seno de la Teoría Clásica de los Precios, sino que además está *libre de las inconsistencias lógicas y arbitrariedades* en las que se incurre cuando se aborda el Capital Fijo, según la práctica corriente, en términos de producción conjunta.

Finalmente, hemos de añadir que cuando los bienes de capital fijo carecen de valor residual, cada sistema integrado goza de las mismas propiedades que un sistema de precios de producción simple y capital circulante con igual duración de los procesos productivos. Entre ellas cabe destacar la existencia de una curva salario-hora-tasa de ganancia decreciente, una vez elegido el numerario, cuando la tasa de ganancia se mueve dentro del intervalo comprendido entre cero y la tasa de ganancia máxima del sistema integrado en consideración.

Esto no sucede cuando se adopta el tratamiento del capital fijo en términos de producción conjunta. Pues tal como demuestran Baldone (1974), Varri (1974) y Schefold (1978, 1980), *la curva salario-hora-tasa de ganancia es decreciente en cada sistema integrado si y sólo si el precio de cada uno de los bienes de capital intermedios es no-negativo*. De forma que sólo la curva $w-r$ envolvente de todas las correspondientes a los posibles truncamientos de la vida económica de los bienes de capital fijo en cada proceso productivo, es decreciente entre cero y una cierta tasa de ganancia máxima; dado que para cada valor de la tasa de ganancia se ha seleccionado el truncamiento óptimo de la vida económica de las máquinas, el cual excluye, como tales autores demuestran, precios negativos para los bienes de capital intermedios.

Como puede apreciarse, *esta peculiaridad relativa a la curva $w-r$ en cada sistema integrado no es debida a la naturaleza propiamente dicha del Capital Fijo, sino que se deriva más bien de un tratamiento analítico defectuoso del mismo en términos de producción conjunta*.

APÉNDICE 1

EL VALOR RESIDUAL DE LOS BIENES DE CAPITAL FIJO

Se puede contemplar la posibilidad de que los bienes de capital fijo completamente depreciados, esto es, al final de su vida económica o vida útil, tengan un valor residual. En tal caso, se considerarán como una mercancía cualitativamente distinta de los bienes de capital nuevos utilizados en el proceso productivo en cuestión, recibiendo el nombre de *bienes de capital fijo residuales*.

Consideremos el proceso productivo n -ésimo que nos servía de referencia en nuestros razonamientos. En t periodos el bien de capital j -ésimo se repone completamente $\frac{t}{t_j}$ veces. Por este motivo, en este lapso de tiempo se obtendrán $k_{nj} \frac{t}{t_j}$ unidades residuales del citado bien de capital en el proceso productivo en cuestión.

Por consiguiente, en el *proceso integrado* (10) aparecerá como output en la utilización sucesiva de los h bienes de capital fijo, junto a b_n unidades de la n -

ésima mercancía, $\delta_{nj} = \frac{k_{nj}}{t_j}$ $j = 1, \dots, h$ unidades residuales del bien de capital j -ésimo.

El precio de cada unidad de estos *bienes de capital residuales*, al considerarse como productos independientes y cualitativamente diferenciados, será p_{rj} $j = 1, \dots, h$.

Definimos ahora los siguientes vectores:

a) Sea δ_n^r un vector fila de h componentes. Se tratará del vector de outputs de bienes de capital fijo residuales correspondientes al proceso integrado n -ésimo. Esto es, se cumplirá por definición:

$$\delta_n^r = \delta_{nj} = 1, \dots, h$$

b) Sea p_n^r un vector columna de h componentes. Se tratará del vector de precios de los *bienes de capital fijo residuales* obtenidos en el proceso productivo n -ésimo.

Por consiguiente, el proceso integrado correspondiente, sustitutivo de (10), será ahora:

$$rk_n p + ra_n p + \delta_n p + a_n p + wl_n = b_n p_n + \delta_n^r p_n^r$$

Nos encontramos, pues, ante un *proceso integrado* de producción conjunta.

Si dentro de la estructura productiva que nos ocupa tomamos otro proceso que también emplee los mismos bienes de capital fijo, obtendremos los correspondientes bienes residuales, que se considerarán como productos independientes y cualitativamente diferenciados inclusive de los mismos *bienes de capital fijo residuales* obtenidos en el proceso productivo n -ésimo.

En otras palabras, *los bienes de capital fijo residuales se tratan como productos diferenciados en función de los bienes de capital fijo de donde proceden y del proceso productivo que los obtiene al utilizar estos últimos*.

Por otra parte, cabe la posibilidad de que los bienes de capital fijo residuales obtenidos en un proceso productivo sean utilizados como inputs en otro proceso de la misma estructura productiva, bien como chatarra bien como máquinas de segunda mano. En este último caso, tales *bienes de capital fijo residuales* han de considerarse a todos los efectos, en el proceso productivo que los utilice, como si fueran bienes de capital nuevos aunque tratados como productos diferentes de los mismos bienes de capital realmente nuevos. Ambos tipos de bienes de capital fijo, por tanto, podrán emplearse simultáneamente en el citado proceso productivo.

En tal caso, los *bienes de capital fijo residuales* resultantes en un proceso productivo de la utilización de máquinas de segunda mano también se considerarán como productos diferenciados tantas veces como ocurra este fenómeno.

Por consiguiente, en la estructura productiva en su conjunto hay que añadir tantas mercancías adicionales como *bienes de capital fijo residuales* se obtengan en los n procesos productivos de partida, provenientes tanto de la utilización de bienes de capital fijo nuevos como de otros de segunda mano.

La nueva estructura productiva resultante tendrá por tanto el mismo número de procesos que la de partida (n), pero ahora se habrá incrementado el número de mercancías, con sus correspondientes precios.

Redefiniendo en este sentido las matrices y vectores pertinentes obtendremos el nuevo sistema de precios, el cual tendrá las siguientes características diferenciales:

- a) K^* , A^* y B^* dejan de ser matrices cuadradas.
- b) B^* deja de ser una matriz diagonal. Si bien tiene la propiedad de que cada columna contiene un único elemento positivo. Es decir, cada mercancía es obtenida en un único proceso.

En cada proceso se obtiene un producto principal (una de la n mercancías que constituían primitivamente la estructura productiva) y los *bienes de capital fijo residuales* correspondientes, derivados del uso como inputs en cada proceso productivo tanto de los bienes de capital fijo completamente nuevos como de otros de segunda mano (*bienes de capital fijo residuales* obtenidos en otros procesos productivos). Nos encontraríamos, pues, en el contexto de la producción conjunta.

Bibliografía

- BALDONE, S. (1974): "Fixed Capital in Sraffa's Theoretical Scheme", en Pasinetti, L.L. (ed.) (1980), cap. 6, 88-137.
- BRUNO, M.; BURMEISTER, E.; SHESHINSKI, E. (1966): "The Nature and Implications of the Reswitching of Techniques". *Quarterly Journal of Economics*, 80, 526-553.
- BURMEISTER, E.; DOBELL, A.R. (1970): *Mathematical Theories of Economic Growth*. MacMillan, Londres.
- PASINETTI, L.L. (1973): "The Notion of Vertical Integration in Economic Analysis", en Pasinetti, L.L. (ed.) (1980), cap. 2, 16-43.
- PASINETTI, L.L. (ed.) (1980): *Essays on the Theory of Joint Production*. MacMillan, Londres.
- RONCAGLIA, A. (1971): "Il capitale fisso in un modello di produzione circolare". *Studi Economici*, 26, 232-245.
- RONCAGLIA, A. (1978): *Sraffa and the Theory of Prices*. J. Wiley & Sons, New York.
- SALVADORI, N. (1988): "Fixed Capital within the Sraffa Framework". *Zeitschrift für Nationalökonomie*, 48, 1-17.
- SAMUELSON, P.A. (1983): "Durable Capital Inputs: Conditions for Price Ratios to be Invariant to Profit-Rate Changes". *Zeitschrift für Nationalökonomie*, 43, 1-20.
- SCHEFOLD, B. (1978): "Fixed Capital as a Joint Product". *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 415-439.
- SCHEFOLD, B. (1980): "Fixed Capital as a Joint Product and the Analysis of Accumulation with Different Forms of Technical Progress", en Pasinetti, L.L. (ed.) (1980), cap. 7, 138-217.
- SRAFFA, P. (1960): *Production of Commodities by means of Commodities*. Cambridge University Press, Cambridge.
- VARRI, P. (1974): "Prices, Rate of Profit and Life of Machines in Sraffa's Fixed-Capital Model", en Pasinetti, L.L. (ed.) (1980), cap. 5, 55-87.
- VON NEUMANN, J. (1945): "A Model of General Economic Equilibrium". *Review of Economic Studies*, 13, 1-9.