CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL PATRIMONIO EN ACTIVOS FIJOS REPRODUCIBLES.

III.1. Introducción.

Tras haber revisado las principales características de las cuentas de patrimonio y haber considerado algunos de los problemas cruciales que se identifican cuando se plantea la estimación del patrimonio nacional en el seno de un sistema de contabilidad nacional, el análisis pierde su perspectiva generalista en este capítulo, tornándose más específico. De este modo, la atención se va a focalizar en el estudio de los aspectos metodológicos propios de la evaluación de una de las categorías que se integran en las cuentas de patrimonio. Esta categoría, que merece un trato preferencial, es la que se encuentra integrada por los activos fijos reproducibles. Su elección responde al interés que comporta para el análisis económico la disponibilidad de datos sobre su valor patrimonial.

Usher (1980), por ejemplo, destaca la utilidad de las mediciones del stock de capital para ser utilizadas en las funciones de inversión, las funciones de consumo y las funciones de producción. De este modo, la medición del stock de capital se puede introducir como argumento en la función de inversión:

$$I = f\ (k,\ p,\ ....)$$

donde I representa la inversión realizada en un período de tiempo, k identifica el stock de capital en el inicio del período, p designa a los precios relativos de los bienes de capital, y los puntos suspensivos indican que también pueden considerarse otros factores relevantes.

En el caso de las funciones de consumo, su inclusión en el argumento de la función resulta implícita. Esto es así, pues el capital es un componente distinguido de la riqueza. Por tanto, puede establecerse que:

$$C = f\ (y,\ w,\ ....)$$

donde C es el consumo real, y es la renta real, y w es la riqueza real (que incluye a los activos tangibles, a los no tangibles financieros, etc).

Finalmente, se puede plantear su consideración en las funciones de producción. Ahora:

$$Q = f(k, l, ...)$$

donde Q es el output, l el trabajo, y k el capital.

Asimismo, Mayes y Young (1994) destacan la necesidad de disponer de mediciones del stock de capital, pues éstas se precisan para:

a) Proporcionar las estimaciones del consumo de capital fijo que se utilizan en la Contabilidad Nacional.

b) Modelizar y predecir los comportamientos de determinados sectores.

c) Estimar la eficiencia industrial y las asignaciones de productividad.

d) Estimar el potencial productivo de la economía.

e) Medir la contribución del capital a la producción y el crecimiento.

Si se escudriña, desde una perspectiva histórica, el interés que ha suscitado la evaluación de los activos fijos producidos en el contexto de la Contabilidad Nacional, se constata que los estudios sobre esta categoría han desempeñado tradicionalmente un papel pionero en las primeras aproximaciones a la cumplimentación de las cuentas de patrimonio[1,2].

No obstante, cabe precisar que las contribuciones realizadas por diversos autores para solventar la evaluación del capital fijo no han permitido superar plenamente la complejidad que conlleva la resolución de la problemática que resulta de este objetivo. Por ello, se plantea

[1] Tras evaluar las experiencias desarrolladas en la década de los años setenta, Blades (1980) corrobora esta línea de argumentación cuando destaca que el desarrollo de las estadísticas sobre el stock de activos fijos producidos se caracterizaba por su carácter predominante en los planes de actuación cuando se contemplaba la elaboración por primera vez de las cuentas de patrimonio.

[2] Martín y Moreno (1991), comentan el amplio interés que han despertado en diversos países (Reino Unido, Estados Unidos, Francia, etc) las estimaciones del stock de capital fijo producido y, también, el debate registrado sobre la adecuación de las posibles medidas y valoraciones.

la necesidad de completar la exploración metodológica con el objetivo de garantizar la provisión regular de estimaciones.

Tras haber explicitado la existencia de dificultades metodológicas y antes de abordar la presentación de los contenidos de los epígrafes que configuran este capítulo, conviene introducir una breve reflexión sobre los problemas que resultan del trabajo con agregados económicos.

Como resulta obvio, cuando se plantea la estimación patrimonial de los activos fijos reproducibles se identifica la necesidad de garantizar la calidad de los datos en los que se sustenta dicha estimación[3]. De este modo, se plantea la deseabilidad de acabar con la imprecisión de los agregados. Naredo (1991) considera que los factores que afectan a la fiabilidad de los agregados son básicamente: las incertidumbres de orden teórico y las derivadas de los procesos de medición y agregación. Por tanto, la evaluación de la fiabilidad de los agregados requiere la consideración de la naturaleza de su configuración teórica y, también, asumir los inevitables márgenes de error o incertidumbre que conlleva toda medición y los problemas derivados de los procesos de agregación.

En este contexto, desde la perspectiva de un análisis metodológico, Naredo (1986) considera que *el problema estriba en que ni los agregados con los que acostumbra a trabajar la macroeconomía son verdaderas magnitudes, ni sus estimaciones son verdaderas medidas, al menos en el sentido estricto que otorga a estos términos la Metrología*[4]. Por ello, aconseja que debe otorgarse una atención especial a la definición y la medición de los agregados *con el fin de asegurar el interés práctico de su conocimiento.*

[3] Algunos economistas opinan, como Naredo (1991), que se registra un desfase entre *el afán por hacer de la economía una ciencia cuantitativa y la escasa preocupación por asegurar la calidad de los datos* en los que debe apoyarse esta pretensión.

[4] Naredo define la Metrología como *la ciencia que se ocupa de las mediciones, así como de las magnitudes, de las unidades y de las constantes físicas básicas en las que se apoyan las mediciones.*

Cuando se consideran los problemas que se derivan de las insuficiencias en la definición de los agregados económicos, debe matizarse que éstos admiten diversas interpretaciones válidas[5]. Esta circunstancia conduce a la necesidad de acotar con nitidez la acepción escogida y comprobar que ésta resulta coherente con la metodología general de la investigación. No obstante, si el principal objetivo del análisis se centra en los desarrollos teórico-empíricos que se realizan en el ámbito de la Contabilidad Patrimonial, se simplifica la tarea de acotar los contenidos de los términos con los que se trabaja. Esto es así, pues subyace la obligatoriedad de adecuación a los preceptos establecidos en el Sistema Integrado de Cuentas Económicas (ESA) para los países miembros de la Unión Europea.

Por otra parte, continuando con la revisión de algunos aspectos claves para la obtención de estimaciones económicas, cabe mencionar los problemas que resultan de la medición. Estas dificultades se han puesto de manifiesto reiteradamente en la literatura económica. Esta situación puede ilustrarse recordando los precedentes en la obtención de estimaciones a partir de metodologías cuestionables. Por ejemplo, Naredo (1991) rememora que España, en el momento de su ingreso en la OECD, *era el único país que rellenaba todas las casillas de la información de las cuentas nacionales solicitada por este organismo, mientras que los países con los aparatos estadísticos más desarrollados del mundo se sintieron incapaces de hacerlo*, por ello manifiesta sus dudas sobre la fiabilidad de los datos aportados. Cabe reseñar que esta desconfianza fue compartida en su momento por la OECD, ya que ésta cuestionó dichos datos hasta que el INE asumió la elaboración de la Contabilidad Nacional.

Así pues, cuando se trata el problema de la medición no pueden dejar de considerarse las dificultades que se derivan de los procesos de agregación, ni tampoco puede obviarse la evaluación del margen de error en el que se puede incurrir. En consonancia con esta idea, Arkhipoff (1991) opina que *una medida apenas tiene sentido si se ignora su precisión*, ya que

[5] Vanoli (1991b) pone de manifiesto esta realidad en el artículo titulado *Las distintas interpretaciones de la noción de producción.*

según opina *la estadística es como la medida: numérica y siempre sujeta a error.*

Arkhipoff (1988) considera que la construcción de los agregados de la Contabilidad Nacional no sólo conlleva procesos de medición y agregación, sino también de arbitraje. Arkhipoff (1991), tras recordar que la *contabilidad tiene por fin proporcionar una representación de un conjunto de agregados que se consideran característicos de la economía nacional*, da por supuesta la coherencia de sus agregados. Y, después de realizar esta aclaración, plantea que los problemas que resultan de la precisión de las estimaciones de los agregados contemplados en las cuentas nacionales justifican la necesidad del arbitraje. Por tanto, en la medida que los n agregados brutos (x_i) no verifiquen las m ecuaciones contables, deberán modificarse de manera que se obtengan unos valores arbitrados que garanticen la coherencia del sistema de m ecuaciones que constituyen el núcleo del sistema de contabilidad nacional.

En cualquier caso, dada esta problemática, Naredo (1991) defiende la conveniencia de implantar controles de calidad de las estimaciones de los agregados que permitan acotar en alguna medida sus márgenes de incertidumbre[6].

Así pues, las dificultades que se derivan del trabajo con agregados macroeconómicos justifican la dedicación de algunos de los siguientes epígrafes a la identificación de algunos conceptos que van a resultar básicos para la operatividad del estudio. Posteriormente, tras haber introducido las precisiones oportunas, se presentarán las principales vías metodológicas que pueden implementarse para abordar la estimación del valor patrimonial que corresponde a esta categoría de activos.

[6] En el artículo de Arkhipoff (1991), al que se ha ido haciendo referencia, se presentan las características de los dos métodos clásicos de estimación de la fiabilidad de las cuentas nacionales: el método del error residual, propugnado por Richard Stone, y el método de las revisiones, introducido por Modigliani.

III.2. Presentación de algunos conceptos básicos para la operatividad del estudio.

Antes de abordar el estudio de las posibles alternativas metodológicas, que pueden tomarse en consideración para estimar el stock de capital en activos fijos reproducibles, deben delimitarse con precisión las acepciones y los contenidos de los principales conceptos y criterios a los que se va a hacer referencia.

III.2.1. Activos fijos reproducibles (o producidos).

Como ya se ha indicado en algunos epígrafes anteriores, la Contabilidad Nacional constituye una técnica de síntesis estadística que tiene como objetivo proporcionar una representación cuantificada de la economía del país. En este contexto, cuando se revisa el campo conceptual de las cuentas de patrimonio se constata que las primeras soluciones empíricas, que se adoptaron en su elaboración, solían clasificar los activos patrimoniales en dos categorías: los activos no financieros y los activos financieros[7]. Según esta clasificación, los primeros comprenden los stocks, los activos tangibles y los activos intangibles (no financieros) y, los segundos, son aquéllos que representan algún derecho sobre el patrimonio de otra unidad.

Esta partición se ha ido manteniendo en los sistemas de contabilidad nacional, pero a pesar de su innegable interés analítico se ha podido comprobar que resulta inadecuada para describir la interacción entre los componentes de las variaciones patrimoniales y los patrimonios. Para superar esta dificultad, se ha introducido la distinción entre activos reproducibles y activos no reproducibles[8].

---

[7] Muller y Bournay (1991) ponen de manifiesto esta circunstancia en la comunicación titulada *Les apports des Comptes de Patrimoine a la Comptabilité Nationale*, presentada en el *Quatrieme Colloque de Comptabilité Nationale*.

[8] Esta es la presentación propuesta en el SNA-93, también contemplada, por ejemplo, en el SECN base 80.

Los activos reproducibles (o producidos) son aquéllos que han sido generados a partir de procesos de producción (capital fijo, stocks, etc)[9], mientras que los no reproducibles (o no producidos) son los que no resultan de una actividad productiva (terrenos, activos intangibles, etc).

Estas definiciones, que se acaban de presentar, revelan la íntima relación conceptual que se registra entre estas categorías y la noción de producción definida en el sistema de contabilidad nacional. Por tanto, como resulta obvio, sus contenidos se encuentran condicionados por la acepción que se haya otorgado al término producción[10].

Siguiendo las directrices establecidas en el SNA-93 y en el ESA-95, la producción puede definirse como una *actividad organizada socialmente para crear bienes y servicios* (INSEE, 1987). Asimismo, los bienes y servicios que constituyen el objeto de la actividad de producción pueden identificarse de dos maneras complementarias: aquéllos que se transfieren de manera habitual en el mercado o, si éste no es el caso, los que se obtienen a partir de unos factores de producción que se intercambian en el mercado (Triplett, 1998).

Por tanto, en el contexto que resulta de los condicionantes que conlleva operar en el seno de un sistema de contabilidad nacional, la delimitación del campo de los activos producidos y los no producidos se acaba estableciendo de tal manera que los primeros únicamente comprenden a los activos tangibles, circulantes (stocks) y fijos (vivendas, otras construcciones, etc).

Finalmente, para acabar de precisar el campo propio de los activos fijos producidos, resulta de interés presentar el concepto de capital fijo. De este modo, según lo establecido en el SNA-

[9] Incluyendo las importaciones de bienes de capital (INSEE, 1990b).

[10] Así, por ejemplo, según se ilustra convenientemente en el SECN (INSEE, 1987), la selección de una noción de producción más o menos restrictiva puede alterar la frontera que traza la división entre el campo propio de los activos producidos y el de los no producidos.

93 y en el ESA-95, puede establecerse que en él se integran los bienes duraderos adquiridos por las unidades residentes para utilizarlos, al menos durante un año, en los procesos de producción (Le Laidier *et al*, 1991).

Si se revisan las consideraciones metodológicas explicitadas por el INSEE (1987, 1991 y 1994) cuando se presentan las características del SECN base 80, se puede verificar que los activos fijos producidos se desglosan en las categorías y subcategorías teóricas que se presentan en la Tabla III.1.

No obstante, cuando se estudia la cumplimentación efectiva de las cuentas de patrimonio del SECN base 80, se comprueba que las categorías con las que se opera en la práctica son las que se han recogido en la Tabla III.2.

Para completar la presentación realizada en esta tabla (III.2), deben realizarse algunas matizaciones. Así, conviene reseñar que en el SECN base 80 se incluyen en la FBCF los servicios asociados a la adquisición o enajenación de bienes de capital fijo[11]. De igual modo, también se incluyen en la FBCF los costes de los trabajos de preparación y acondicionamiento de los terrenos para posibilitar su utilización productiva. Finalmente, cuando se opera con la categoría de construcciones residenciales y la de otras construcciones, debe tenerse en cuenta que en el valor patrimonial se incluye el valor de los terrenos sobre los que se erigen las construcciones. Por tanto, en el SECN base 80 se contabiliza en el montante de estas categorías un componente que no ha sido producido[12].

[11] Entre estos desembolsos, que resultan de las transferencias de propiedad, se encuentran el coste de los servicios prestados por los notarios, por los agentes inmobiliarios y otros intermediarios, así como los derechos de registro y los impuestos que se aplican a la transacción (INSEE, 1994).

[12] En el caso francés, según establecen Le Laidier *et al* (1991), el valor de los terrenos contabilizado en la categoría *otras construcciones* representa aproximadamente un 12% del valor patrimonial asignado a la misma.

Tabla III.1. Clasificación teórica de los elementos que integran los activos fijos reproducibles.

ACTIVOS FIJOS REPRODUCIBLES.
1. Construcciones residenciales.
2. Otras construcciones. **(2.1)** Construcciones no residenciales, destinadas funcionalmente a la producción de servicios. **(2.2)** Otras construcciones (fábricas, almacenes, restaurantes, etc). **(2.3)** Otras obras de ingeniería civil (canales, carreteras, etc).
3. Materiales. **(3.1)** Materiales de transporte (navíos, aeronaves, etc). **(3.2)** Maquinaria y otros materiales de equipo (maquinaria y materiales industriales y agrícolas, mobiliario y máquinas de oficina, etc).
4. Cabaña ganadera. Animales adultos productores de leche y reproductores, de monta y de tiro, etc.

Fuente: INSEE (1987, 1994).

Tabla III.2. Clasificación de los elementos que integran los activos fijos reproducibles en el SECN base 80.

ACTIVOS FIJOS REPRODUCIBLES.
1. Construcciones residenciales.
2. Otras construcciones.
3. Materiales de transporte.
4. Otros materiales.
5. Cabaña ganadera.

Fuente: INSEE (1990a, 1990b y 1994).

En el caso particular de España, conviene recordar que el Instituto Nacional de Estadística (INE) elabora la Contabilidad Nacional de España (CNE) desde el año 1964, habiéndose registrado en primer lugar un proceso de paulatino acercamiento a las convenciones recogidas

en el SNA y, posteriormente, a las directrices planteadas por EUROSTAT en el ESA. No obstante, aunque tanto en el SNA como en el ESA contemplan la elaboración de las cuentas de patrimonio para completar su concepción de lo que debe ser un sistema de contabilidad nacional, el INE aún no ha podido proporcionar sus primeras evaluaciones.

En este contexto, existe un reducido número de trabajos en los que se ha empezado a analizar la problemática que comporta la estimación del stock de capital a partir de los datos que se encuentran en las cuentas de flujos que proporciona la CNE[13]. En estas primeras tentativas contemporáneas, se han planteado serios problemas cuando se ha abordado la construcción de series homogéneas de FBCF para los diversos componentes de la categoría activos fijos producidos. Entre éstos se encuentran, la existencia de diferentes bases[14], las insuficiencias de datos referidos a determinadas categorías o ámbitos geográficos, las diversas desagregaciones con las que se presenta la FBCF en las series históricas, etc. Por todo ello, Pérez *et al* (1995), autores del estudio más completo realizado hasta el momento para estimar el stock de capital en España, concluyen que el máximo nivel de desagregación con el que se puede trabajar salvaguardando la homogeneidad de las series, si se opera con los datos propocionados en la CNE, es el que se recoge en la Tabla III.3. No obstante, como se expone en el capítulo IV, estos autores han intentado superar esta limitación recurriendo al uso combinado de los datos propocionados por la CNE, por las Cuentas de las Administraciones Públicas (CAP) y por otras fuentes, en pos de alcanzar un mayor grado de desagregación funcional y territorial.

[13] En este ámbito, pueden mencionarse los trabajos de Argimón y Martín (1993), Mas *et al* (1993) y, Pérez *et al* (1995).

[14] La CNE se ha elaborado bajo las siguientes bases: 1970, 1980, 1985 y 1986.

Tabla III.3. Desagregación FBCF.

Series FBCF
1. Inmuebles residenciales.
2. Otras construcciones.
3. Material de transporte.
4. Maquinaria y material de equipo.

Fuente: Pérez *et al* (1995)

III.2.2. Criterios de valoración para los activos fijos reproducibles.

Tras haber introducido una breve reflexión sobre los elementos que forman parte de los activos fijos reproducibles y antes de presentar las opciones metodológicas para su evaluación patrimonial, conviene revisar cuáles son los criterios de valoración disponibles que pueden aplicarse a los activos fijos reproducibles.

III.2.2.1. Criterios de valoración.

Así pues, en este epígrafe se analiza el caso particular de esta categoría de activos, complementando lo ya expuesto en el apartado II.3. Antes de abordar la presentación de los criterios, no obstante, conviene recordar de nuevo que la obtención de una medida del valor de los activos patrimoniales se caracteriza por su complejidad y dificultad.

No puede olvidarse que la selección de los métodos de valoración, que deben utilizarse en las cuentas de patrimonio, se encuentra sujeta por diversas restricciones que restringen las soluciones posibles. Así, conviene reseñar que los principios escogidos deben posibilitar la

interpretación significativa de los enlaces entre las cuentas de flujo y las variaciones patrimoniales, garantizar la coherencia general de las cuentas que integran el sistema de contabilidad nacional, etc.

Según Muller y Bournay (1991), en el caso de los activos fijos reproducibles, el cumplimiento incuestionable de estas condiciones conduce básicamente a la identificación de dos opciones valorativas: el valor de mercado y el valor de reemplazamiento[15].

En el caso de los activos fijos reproducibles, excluyendo de los mismos a la categoría *construcciones residenciales*, se comprueba que su valoración no puede realizarse a partir de la contabilidad de empresa, ya que ésta se sustenta en el criterio del coste histórico. Asimismo, estos bienes de capital se caracterizan porque tan sólo se puede determinar su precio cuando se materializa su venta. Y, si se considera que ésta no suele producirse en condiciones de funcionamiento normal de la empresa, sino en situaciones especiales como la de su liquidación, resulta evidente que su utilización puede introducir subvaloraciones en la determinación de la cuantía del patrimonio.

Como se indica en la tabla II.4., que ha sido presentada en el epígrafe II.7.3.3 del capítulo II, la solución adoptada en el SECN ha consistido en valorar la categoría *otras construcciones* (incluyendo los terrenos) y, también, la categoría *materiales*, según el criterio del valor de reemplazamiento. Para determinar este valor, el INSEE recurre a la utilización de un modelo de simulación de la acumulación que permite reconstruir las series de capital.

En el caso de las *construcciones residenciales (incluyendo los terrenos)*, que suponen una de las partidas más importantes por su peso en la composición del patrimonio nacional, también se ha considerado que el criterio que resulta más operativo es el del valor de reemplazamiento. De igual modo que en el caso anterior, esta evaluación también se sustenta en un modelo de

[15] Planteamiento éste que resulta totalmente coherente con lo previsto en el SNA-93 (OECD, 1999).

simulación de la acumulación de los flujos de inversión. Además, en este caso se dispone de las *encuestas vivienda* realizadas por el INSEE (1991).

Finalmente, cabe considerar la solución adoptada para la valoración de la *cabaña ganadera.* En este caso, dada su naturaleza, el criterio escogido es el precio de mercado. Este precio se determina con la ayuda de la información contenida en las estadísticas agrarias elaboradas por el INSEE.

De manera adicional, para completar la presentación de los criterios de valoración empleados en las cuentas de patrimonio, cabe indicar que también pueden encontrarse algunas reflexiones sobre los criterios de valoración que pueden adoptarse para la estimación patrimonial de los activos fijos reproducibles, en algunos trabajos desarrollados en España fuera de la órbita de la Contabilidad Nacional.

Este es el caso, por ejemplo, de los trabajos realizados por Mas *et al* (1993) y, por Pérez *et al* (1995), en los que se estiman las dotaciones del capital público y privado. Sin embargo, debe matizarse que la metodología empleada los posiciona en un plano intermedio entre las actuaciones realizadas dentro y fuera de la Contabilidad Nacional. Esto es así, pues entre sus objetivos declarados se encuentra el de *asegurar la coherencia de las estimaciones de la inversión pública y privada con los datos de la Contabilidad Nacional de España, no sólo a nivel global, sino también en el caso de las desagregaciones sectoriales coincidentes.*

La metodología utilizada por Mas *et al* (1993), para estimar el stock de activos fijos reproducibles, se sustenta en la utilización de un modelo de simulación de la acumulación, indicándose que la valoración de las series de inversión, y por tanto el stock mismo, puede realizarse según tres criterios: el coste histórico, el coste constante y el coste de reposición.

Según las definiciones presentadas en sus trabajos (Mas *et al*, 1993; Pérez *et al*, 1995), en la valoración realizada según el criterio del coste histórico, *los activos son valorados según los precios que tenían en el momento de su adquisición.* Por tanto, en este caso el modelo de simulación de la acumulación debería sustentarse en los flujos anuales de inversión expresados en pesetas corrientes. Si el criterio escogido fuera el del coste constante, los activos *se valorarían según los precios de un año base, independientemente del precio que tenían cuando fueron adquiridos*. En este caso, las estimaciones se obtienen a partir de los flujos de inversión valorados en pesetas constantes de un año base. Por último, en la valoración según el coste de reposición las inversiones que se introducen en el modelo acumulativo *se expresan en función de los precios vigentes de los activos en el período al que se refiere la estimación.*

Tras haber evaluado estas opciones valorativas, Mas *et al* (1993) consideran que el criterio de valoración más adecuado para realizar las estimaciones de capital público y privado es el del coste constante (cc). Argumentan esta decisión destacando la concurrencia de la misma con lo realizado en la mayor parte de los estudios en los que se aborda la evaluación del stock de dicho capital.

Si se escribe una ecuación que sea la expresión del modelo de simulación de la acumulación sustentado en una serie de flujos de inversión valorados en pesetas constantes de un año base, se obtiene:

$$KB_t^i(cc) = \sum_{j=0}^{V_i} s_j^i \; . \; IB_{t-j}^i(ch) \; . \; P_b^{t-j}$$

Siendo:

KB_t^i *(cc)*: Stock bruto del activo *i* en el período *t*.

s_j^i: La proporción del activo adquirido en *t-j* y todavía en uso en el período *t*.

IB_{t-j}^i *(ch)*: Inversión bruta en *i* durante el período *t-j*.

V_i: Duración máxima de la vida del activo *i*.

P_b^{t-j}: Índice de precios que recoge su evolución entre los períodos *t-j* y *b*.

Finalmente, para concluir esta presentación conviene revisar un estudio cuya metodología no presenta relación alguna con la Contabilidad Nacional, en la que se introduce una reflexión sobre los criterios de valoración que resultan operativos para evaluar el stock de activos fijos reproducibles. Éste es el caso de un estudio realizado en el País Vasco (Urtagondo *et al*, 1989), en el que se abordó la valoración patrimonial de una de las categorías específicas que integran los activos fijos reproducibles: la red de carreteras en dicha comunidad autónoma. Según indican sus autores, el campo en el que las valoraciones patrimoniales han alcanzado un mayor desarrollo teórico ha sido el de los bienes inmuebles. Por ello, tomando como referencia dicho campo, identifican los criterios que consideran principales para la valoraración de los bienes tangibles. Éstos son: el valor de mercado, el valor de explotación, el valor de reposición y el valor de reemplazamiento. Tras sopesar los pros y contras de cada uno de ellos, concluyen que el criterio más adecuado para cuantificar su valor patrimonial fue el valor de reemplazamiento. Sin embargo, para determinar el valor patrimonial se introdujo la depreciación que presenta la red de carreteras, como factor corrector de la valoración en base al valor de reemplazamiento[16]. De este modo:

Valor patrimonial = Coste de reemplazamiento - Depreciación actual

III.2.2.2. Valor Bruto v.s. Valor Neto.

Tras haber presentado los criterios de valoración que se utilizan usualmente en las evaluaciones de los activos fijos reproducibles, resulta conveniente la introducción de algunas consideraciones sobre los conceptos de valor bruto y de valor neto.

[16] Como indican Mas *et al* (1993), la depreciación puede definirse como *la reducción en el valor originada por el uso, la obsolescencia y el envejecimiento.*

Según la aportación realizada por Le Laidier *et al* (1991), cuando se analiza la asignación de valor a los activos fijos reproducibles, pueden identificarse dos apreciaciones distintas de la utilización que se realiza de un equipo. Esto es así, pues puede tenerse en cuenta únicamente el uso inmediato que puede hacerse del mismo, o bien pueden tomarse en consideración el conjunto de usos que puede proporcionar dicho activo hasta que finalice su vida activa.

Si la valoración se efectúa en consonancia con lo que se ha especificado en la primera opción, entonces se estará contemplando la cantidad de servicios que puede prestar un equipo independientemente de su valor de transacción. Por tanto, desde esta perspectiva la medición realizada estará recogiendo el valor bruto del capital. De este modo, si se dispone de dos activos cuyas características técnicas sean idénticas, su contabilización según este criterio debería realizarse con el mismo montante aunque les correspondiesen depreciaciones distintas.

Sin embargo, cuando la medición se sustenta en el valor de transacción, se obtiene otro resultado. En este caso no se les asignará el mismo valor a ambos, pues la utilización de este criterio implica que deben tenerse en cuenta los servicios que cada uno de ellos puede prestar en el futuro. Por tanto, a diferencia de lo expuesto en la primera alternativa, la presente se caracteriza por la adecuación que se registra entre el valor de un bien de capital fijo usado y su valor de transacción. Ahora, por consiguiente, se está haciendo referencia al valor neto del capital. Así pues, según lo expuesto, se constata que el capital bruto y el capital neto resultan equivalentes en el caso de los activos nuevos.

A modo de conclusión, siguiendo a Mas *et al* (1993), puede definirse el stock de capital bruto como el volumen de capital que interviene en el proceso productivo en un momento determinado del tiempo, mientras que el volumen de capital neto resulta de la corrección que se efectúa sobre el stock de capital bruto al tener en cuenta su depreciación[17,18].

[17] En los trabajos realizados por estos autores (Mas *et al*, 1993; Pérez *et al*, 1995), las dotaciones de capital estudiadas quedan circunscritas a los activos no financieros materiales reproducibles.

III.2.3. Las variaciones del patrimonio en activos fijos reproducibles.

Finalmente, se puede completar la revisión de los conceptos en los que se fundamentarán los desarrollos metodológicos posteriores, identificando los factores que explican las variaciones patrimoniales de la categoría de activos considerada.

De este modo, cuando se opera en un ámbito en el que las estimaciones patrimoniales se sustentan en un modelo de simulación de la acumulación, se identifica con claridad un primer factor: los flujos de inversión acaecidos en el período considerado. De manera complementaria, según que las estimaciones se expresen en términos brutos o netos, deberán considerarse: la proporción de los activos que se retiran del stock como consecuencia de haber agotado su vida útil y, también, la depreciación sufrida por los activos entre dos años consecutivos.

No obstante, estos elementos no son los únicos factores que explican la fluctuación del patrimonio en activos fijos reproducibles. Por tanto, debe considerarse la intervención de otros elementos que pueden alterar la composición de dicho patrimonio. Así, cuando se trabaja en la elaboración de las cuentas de patrimonio en el seno de un sistema de contabilidad nacional, pueden identificarse los siguientes elementos[19]: los cambios en la clasificación sectorial de las unidades, los cambios en la clasificación de los activos, los acontecimientos excepcionales o imprevistos y, las modificaciones en los precios de los activos.

En este contexto, cuando una unidad cambia de sector institucional, los flujos que le corresponden deben contabilizarse en su sector de origen hasta el momento en que se produce el cambio, y en el nuevo sector tras haberse materializado la alteración. En segundo lugar,

[18] Este planteamiento resulta concordante con los preceptos establecidos por las Naciones Unidas en el *System of National Accounts* (SNA-93).

[19] Vid. INSEE (1994) *Le patrimoine national, sources et méthodes d'évaluation.*

otras variaciones pueden deberse a la ocurrencia de cambios en la clasificación de los elementos patrimoniales. Cabe reseñar que estas transferencias, registradas entre los activos fijos producidos y los activos fijos no producidos, resultan del acatamiento de las convenciones establecidas para las cuentas de patrimonio. En tercer lugar, pueden producirse variaciones patrimoniales como consecuencia de la ocurrencia de acontecimientos excepcionales o imprevistos. En particular, cabe considerar las alteraciones debidas a riesgos no asegurables (guerras, atentados, catástrofes naturales, etc). Finalmente, en cuarto lugar, deben tomarse en consideración las modificaciones que se registran en el valor de estos activos como consecuencia de las fluctuaciones ocurridas en el nivel de precios.

La ecuaciones generales que representan la evolución del patrimonio en activos fijos reproducibles entre dos años consecutivos, son:

$$KB_t = KB_{t-1} + I_t - R_t + CS_t + CN_t + REV_t - U_t$$

$$KN_t = KN_{t-1} + I_t - A_t + CS_t + CN_t + REV_t - U_t$$

En las ecuaciones anteriores: KB_t representa el capital bruto en el año t; KN_t representa el capital neto en el año t; I_t la inversión en el año t; R_t los retiros de activos debidos al agotamiento de su vida útil; A_t la amortización en el año t; CS_t registra las consecuencias de los cambios de sector institucional; CN_t las consecuencias de los cambios de naturaleza; REV_t la revalorización experimentada en el año t; y U_t la corrección introducida para registrar los daños originados por la ocurrencia de acontecimientos excepcionales.

III.3. Metodología para la estimación del patrimonio en activos fijos reproducibles.

Cuando se aborda el estudio de las soluciones metodológicas que constituyen las alternativas operativas para realizar las estimaciones de esta categoría de activos, debe tomarse en consideración la existencia de dificultades diversas. Entre éstas destacan las limitaciones que se derivan de las insuficiencias registradas en la disponibilidad de información estadística referida a los stocks de patrimonio y a sus fluctuaciones. Esta situación explica el carácter restringido del espacio teórico en el que se pueden buscar dichas soluciones.

Hecha esta precisión, considerando la elevada disparidad en los procedimientos de cálculo utilizados, bien entre las diferentes agencias estadísticas nacionales, bien entre los diversos investigadores, resulta conveniente identificar las principales opciones metodológicas que han sido utilizadas para realizar estimaciones del valor patrimonial de los activos fijos reproducibles.

Para proporcionar un enfoque simple del estado de la situación puede recurrirse al planteamiento realizado por la OECD (1999), según el cual se pueden identificar dos grandes bloques de opciones metodológicas. De este modo, puede discernirse entre los métodos que se sustentan en mediciones directas y los que recurren a soluciones en las que se opera con estimaciones indirectas[20].

Después de haber presentado estos dos grandes bloques de opciones metodológicas, resulta de interés introducir un mayor grado de desagregación en la presentación, con el objeto de identificar las opciones más relevantes que quedan englobadas en cada uno de ellos. De este modo, tras revisar la literatura disponible y haber considerado las diversas problemáticas que

[20] Esta clasificación resulta consistente con los planteamientos realizados por autores como: Frenken (1997), Mayes y Young (1994), Meinen y Verlinden (1997), West (1998), etc.

presentan las categorías de elementos que se integran en los activos fijos producidos, se pueden identificar algunos métodos a los que se conviene en denominar directos, como por ejemplo, las estimaciones que se sustentan en inventarios, en los registros de las compañías de seguros, en los datos aportados por la contabilidad empresarial, etc, y otros de tipo indirecto, representados por los distintos desarrollos que se han realizado de los modelos de simulación de la acumulación. Esta última opción plantea la estimación del valor patrimonial referido a un año determinado, acumulando las inversiones ya realizadas. Asimismo, su aplicación requiere la disponibilidad de información sobre la duración de la vida útil de los activos y, también, sobre la distribución de los retiros y la función de depreciación que los caracteriza.

Tras haber realizado una presentación concisa del abanico de opciones metodológicas que se encuentran disponibles, en los siguientes epígrafes se analizarán con un mayor grado de detalle sus características generales y, también, las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos. Asimismo, debe precisarse que, como se verá más adelante, no existe una solución generalmente aceptada. Esta circunstancia explica la pluralidad de las soluciones metodológicas que han sido llevadas a la práctica, contemplando en algunos casos la utilización combinada de métodos de ambos bloques metodológicos.

III.3.1. Metodología de estimación directa.

La metodología directa, como denota su nombre, implica la medición directa del stock de activos fijos producidos. Como ya se ha reseñado anteriormente, cuando se aborda la resolución del problema que conlleva la obtención de sus estimaciones patrimoniales, pueden identificarse algunas alternativas frente a la opción que resulta de la aplicación de modelos simulativos de la acumulación. Debe destacarse que, en algunos casos, aunque no en todos, el desarrollo de soluciones metodológicas en este ámbito se encuentra vinculado al interés por

superar algunos de los problemas que han sido detectados en determinadas aplicaciones de la metodología indirecta[21].

Antes de proseguir con esta presentación, debe precisarse que las soluciones que se pueden adoptar siguiendo esta línea de trabajo se caracterizan por su pluralidad. Tras una breve reflexión, no resulta arriesgado atribuir esta diversidad a la heterogeneidad en las naturalezas de los activos y, también, a los diferentes grados de disponibilidad y acceso a los datos que se producen en cada uno de los países. No obstante, si se revisan las líneas generales que caracterizan a estos métodos, puede confeccionarse la siguiente clasificación descriptiva:

a) Métodos basados en datos obtenidos mediante encuestas.
b) Método del balance de activos.
c) Método basado en los datos de la contabilidad empresarial.
d) Método basado en los registros de las compañías de seguros.
e) Método basado en datos administrativos.

A continuación, en los siguientes apartados, va a introducirse una análisis pormenorizado de cada una de estas opciones, pretendiendo proporcionar de este modo una visión crítica de ellos que ponga de manifiesto sus potencialidades y sus puntos débiles.

III.3.1.1. Métodos basados en datos obtenidos mediante encuestas.

Un práctica habitual en algunos países con economías de mercado consiste en obtener información sobre el stock de activos fijos producidos de las empresas, mediante la realización de encuestas.

[21] Algunos de los trabajos que han sido desarrollados en este contexto son, por ejemplo, los de Lock (1985), Miller (1990), Jaffey (1990, 1995 y 1997), Frenken (1997), Mayes y Young (1994), Meinen y Verlinden (1997), ONS (1997c), ABS (1998), etc.

Mayes y Young (1994) identifican cuatro pasos cuya verificación consideran deseable cuando se pretenden obtener estimaciones según este método:

a) En primer lugar, se plantea la conveniencia de realizar un estudio piloto que proporcione información sobre los costes que comporta la aplicación de esta metodología, la precisión de los estimadores, etc.

b) Después, debe diseñarse una encuesta que posibilite la obtención de la información que sustentará la estimación del valor patrimonial. Adicionalmente, Mayes y Young precisan que esta encuesta puede ser de carácter muestral o de naturaleza censal[22].

c) Asimismo, debe contemplarse la necesidad de revisar periódicamente las estimaciones obtenidas con la ayuda de la información obtenida sobre el deterioro, las ventas y los retiros de los activos.

d) Finalmente, cabe considerar la posibilidad de utilizar otras fuentes de información para mejorar la calidad de las estimaciones[23,24].

En determinadas ocasiones se han realizado evaluaciones del patrimonio, y de su composición, basadas en la elaboración de censos de activos que pueden sustentarse en la observación directa de los activos, la realización de encuestas, etc. Además, cuando la categoría de elementos que se pretende inventariar presenta un tamaño considerable, se puede considerar la conveniencia de trabajar con muestras aleatorias representativas de la población objeto de

[22] Las limitaciones presupuestarias, entre otros factores, inciden en esta elección.

[23] Como por ejemplo: los resultados que se han obtenido en otros países, los valores que figuran en las tasaciones de los seguros contra incendios, etc.

[24] Delestré (1979) contempla la utilización combinada de las encuestas y los dictámenes realizados por expertos.

interés.

Una de las primeras tentativas de realizar una medición del stock de capital en la Gran Bretaña, la llevó a cabo Barna (1957, 1959, 1961) basándose en estimaciones directas sustentadas en la confección de inventarios de todos los objetos considerados activos fijos. De igual modo, cuando se realizó en Estados Unidos el *Wealth Inventory Planning Study* (Kendrick, 1964) se planteó la necesidad de implementar censos detallados y periódicos de la riqueza tangible. Sin embargo, como ponen de manifiesto Young y Musgrave (1980), estas recomendaciones no fueron atendidas en el programa estadístico federal.

Por otro lado, además de las economías con planificación centralizada, que serán objeto de un tratamiento particularizado más adelante, otros dos países, Corea y Japón, han realizado tradicionalmente encuestas para recabar información sobre el stock de capital[25,26]. Debe precisarse que, por su planteamiento, estas encuestas no quedan restringidas al estudio de los activos fijos. La última encuesta japonesa tuvo lugar en el años 1983 y no se ha planteado su continuidad, en cambio, en Corea sí se ha continuado con esta práctica y la última encuesta se realizó en el año 1998 (OECD, 1999).

Por otro lado, cuando se estudian otras experiencias más recientes que han conducido a la elaboración de encuestas referidas al stock de capital, deben destacarse por su relevancia las aportaciones realizadas por la *Central Bureau of Statistics (CBS)* en Holanda.

Al principio de la década de los años ochenta, la agencia estadística holandesa inició sus trabajos de investigación orientados a buscar una alternativa a los métodos de estimación indirecta. En esta fase preliminar se llevaron a cabo dos investigaciones experimentales para

[25] En Corea y Japón estas encuestas se denominan *National Wealth Surveys* y han sido diseñadas para proporcionar estimaciones del patrimonio nacional.

[26] Vid. Economic Planning Agency (1979) *Non-residential business capital stock in Japan 1965-78*. EPA.

evaluar la posibilidad de realizar una estimación directa de los bienes de capital[27]. Estas experiencias resultaron cruciales para el desarrollo de una solución metodológica de tipo directo en Holanda, pues, como indican Frenken (1997) y Meinen y Verlinden (1997), constituyen el sustrato de todos los desarrollos realizados posteriormente. Así, en el año 1985, Lock publicó un artículo en *The Review of Income and Wealth*, en el que se anunció el inicio de un proyecto orientado a la obtención de estimaciones directas del stock de capital. Esta metodología fue bautizada como *Direct Observation of Capital Stock (DOC)*.

La encuesta que se realiza en Holanda se centra en las actividades de la industrias minera y manufacturera y recoge información sobre ocho categorías de activos (entre las que se encuentran, por ejemplo, los edificios industriales, los trabajos de ingeniería civil, medios de transporte internos y externos, equipamientos informáticos, etc)[28]. La encuesta se realiza de manera individualizada a las mil quinientas empresas de mayor tamaño de los sectores industriales antes referidos. La cumplimentación del cuestionario se realiza *in situ* y, por ello, los técnicos del CBS que cumplimentan el cuestionario deben desplazarse a las sedes de cada una de las empresas seleccionadas[29]. En el cuestionario se recoge información sobre: la tipología de los activos; su valor histórico; el año en que fueron instalados o construidos; las reparaciones, revisiones y tareas de mantenimiento de las que han sido objeto; el régimen de propiedad, alquiler o leasing y las características de los bienes de segunda mano que son

[27] La principal de ellas fue la que tuvo como objetivo la estimación del stock de capital de la industria tabaquera holandesa en el año 1980. Este estudio, que se inició en el año 1980, fue completado tres años más tarde. Lock (1985) describe la metodología empleada en este trabajo en el artículo titulado *Measuring the value of the capital stock by direct observation.* La segunda línea de investigación, desarrollada con el mismo planteamiento metodológico, se centró en el estudio del stock de capital del sector industrial que producía maquinaria empaquetadora.

[28] Como indican Meinen y Verlinden (1997), en principio de utilizaba una clasificación de doscientos tipos de bienes que posteriormente se redujo a treinta y cuatro tipologías. Actualmente se utiliza esta clasificación simplificada que únicamente contempla ocho categorías y es la misma que se usa desde 1988 en Holanda para confeccionar las estadísticas de la FBCF.

[29] Según se indica en el informe preliminar elaborado por el *Canberra Group on Capital Stock Statistics* (OECD, 1999), *la experiencia muestra que no suele ser posible recoger este tipo de información realizando una encuesta por correo.*

adquiridos[30]. El proceso de encuesta tiene una duración de cinco de años, evaluándose cada uno de los años, mediante el procedimiento DOC, los activos fijos tangibles de trescientas empresas (Frenken, 1997). Esta manera de proceder implica que, aplicando el DOC, únicamente puede obtenerse una estimación del stock de capital cada cinco años[31]. Esta circunstancia explica que haya debido buscarse una solución para estimar el valor del stok de capital en cada uno de los años intermedios. Así, para realizar las estimaciones referidas a los años que transcurren entre las aplicaciones del DOC, el CBS ha adoptado dos soluciones distintas (Meinen y Verlinden, 1997).

En el período 1986-1991 se recurrió a la utilización de un método indirecto de simulación de la acumulación de la inversión que tomaba como base la estimación obtenida para 1986 aplicando el DOC, para determinar el stock de capital en los años intermedios. Cuando estuvo disponible la estimación correspondiente al año 1991, obtenida tras completar por segunda vez la aplicación del DOC, se consideró oportuno estudiar la precisión de las estimaciones obtenidas recurriendo a la metodología indirecta. Para ello, se procedió a comparar la estimación calculada mediante el DOC con la obtenida para ese mismo año utilizando la metodología indirecta. El resultado de esta comprobación fue que, para determinados activos, se observaron notables discrepancias entre las estimaciones generadas por ambos métodos[32].

Seguidamente, la falta de confianza en las estimaciones obtenidas aplicando la metodología indirecta combinada con el DOC, condujo a la búsqueda de una nueva solución para realizar las estimaciones correspondientes a los años intermedios del período 1991-1996. Así, como

---

[30] Estos requerimientos de información coinciden con los que se demandan en la *National Wealth Survey* de Corea (OECD, 1999).

[31] Hasta el momento el *Central Bureau of Statistics* ha completado las estimaciones referidas al stock de capital existente en los años 1986, 1991 y 1996 (Meinen y Verlinden, 1997).

[32] Meinen y Verlinden (1997) achacan estas desviaciones a la falta de precisión de la metodología indirecta. Sin embargo, otros autores (OECD, 1999) apuntan que algunas de estas desviaciones pueden deberse a problemas inherentes al DOC.

refiere Hove (1995), en el año 1991 se inició la encuesta de retiros de capital en los sectores industriales en los que se aplicaba el DOC. La disponibilidad de estos datos, junto con los que ya se obtenían regularmente sobre las inversiones ocurridas, ha permitido realizar las estimaciones del stock de capital en los años intermedios (Smeets y Hove, 1994). Esta solución, donde la obtención de las estimaciones para el período intermedio se realiza imputando los retiros y las inversiones acaecidas a la última estimación realizada con el DOC, es la que actualmente se utiliza en Holanda (Meinen, 1998). También en este caso se ha intentado evaluar la precisión de esta metodología, estableciendo una comparación del resultado obtenido para el año 1996, tras haber sustraído todos los retiros y haber incorporado las inversiones del período, con la estimación que proporciona el DOC para ese año. No obstante esta comparación se ha visto dificultada por el cambio en la clasificación sectorial que fue introducido en 1993.

Después de haber presentado las características del DOC, en su utilización combinada con los datos de las estadísticas que se elaboran sobre retiros e inversión, se comprueba que puede constituir una solución para estimar el stock de capital bruto que evita la problemática que se deriva de la introducción de hipótesis sobre las vidas útiles de los activos y la modelización de los retiros en los modelos de simulación de la acumulación de la inversión. Asimismo, cuando se estudia la precisión del DOC, se observa que éste puede resultar ventajoso frente a la metodología indirecta ya que, cuando se aplica con la frecuencia adecuada, debe permitir detectar las inconsistencias que se pudieran haber introducido cuando se plantea la estimación en el período siguiente (Frenken, 1997)[33].

No obstante, la aplicación del DOC no se encuentra exenta de problemas. Antes de proseguir, conviene destacar que la calidad de las estimaciones obtenidas con el DOC presenta una estrecha dependencia de la disponibilidad y calidad de los datos que pueden proporcionar las

[33] Frenken (1997) considera que la introducción de un dato erróneo cuando se aplica una solución de tipo indirecto, puede implicar que esta inconsistencia afecte a las estimaciones durante diversos períodos.

empresas (Meinen, 1998) y, también, de la capacidad del instrumento diseñado para capturar esta información con precisión (ABS, 1998). Meinen y Verlinden (1997) destacan que en estos momentos es el primero de estos aspectos el que puede resultar más problemático. En el informe elaborado por el *Canberra Group on Capital Stock Statistics* (OECD, 1999) se afirma que la capacidad de las empresas encuestadas para proporcionar la información requerida depende de la calidad de los datos computados. Así, por ejemplo, se destaca que entre las dificultades más usuales se encuentran: que en los registros no se distinga entre los activos adquiridos nuevos y los que son de segunda mano; que en muchos casos los activos complejos, integrados por elementos adquiridos en distintas fechas, puedan tener asignada una única fecha de instalación; que un activo no se encuentre contabilizado como retirado por no haber sido retirado físicamente de su ubicación habitual aún cuando ya ha dejado de ser utilizado; etc. Teniendo en cuenta que la precisión de este método depende de la calidad de los datos sobre los activos proporcionados por las empresas, en el informe del *Canberra Group on Capital Stock Statistics* (OECD, 1999) se precisa que no puede establecerse una generalización sobre el potencial de este método pues cada país presenta un contexto específico.

Actualmente, Corea y Holanda son los únicos países que recurren de manera sistemática a la realización de encuestas para elaborar estimaciones del stock de capital. Una razón que explica que su divulgación no haya sido mayor son las dudas que plantea su coste-efectividad, es decir si los resultados que proporciona compensan los elevados costes que comporta.

Asimismo, debe precisarse que la solución metodológica que aplica actualmente el CBS en Holanda, no constituye todavía una solución definitiva. Así, cuando Meinen y Verlinden (1997) evalúan la experiencia holandesa en la aplicación del DOC, afirman que deben explorarse nuevos caminos para perfeccionarlo. De este modo, indican que, aunque ya se han introducido mejoras, los objetivos inmediatos que se plantean son:

a) Ampliar la aplicación del DOC a otros sectores de la economía.

b) Disponer de datos de las empresas de menor tamaño, que ahora se estiman por extrapolación de los datos de las grandes empresas.

c) Simplificar el proceso de obtención y registro de los datos básicos[34].

Finalmente, debe comentarse que, a pesar de las dificultades que han sido referidas, Meinen y Verlinden (1997) afirman que la utilización combinada de las estadísticas de los stocks de capital, de los retiros y de los inversiones, que se elaboran en Holanda, constituye un buen recurso para garantizar un alto grado en la consistencia de las estimaciones, aunque matizan que la precisión absoluta únicamente puede alcanzarse cuando se dispone de inventarios físicos de los activos estudiados. Por otro lado, en el informe preliminar elaborado por el *Camberra Group on Capital Stock Statistics* (OECD, 1999) se establece que la aplicación de esta metodología resulta costosa y que en determinadas circunstancias puede cuestionarse la calidad de los resultados, por ello, se propone como solución óptima su utilización selectiva y periódica en combinación con otras soluciones sustentadas en metodologías de tipo indirecto.

Si se revisan las experiencias llevadas a cabo en otros países, debe destacarse el caso de Gran Bretaña. En este país, como consecuencia de las dudas planteadas sobre la precisión de las estimaciones obtenidas con los métodos indirectos, que encuentran su sustento en los resultados obtenidos en una primera encuesta sobre la utilización del capital (ABS, 1998), y ante la ausencia de fuentes de datos obvias para corregir estas desviaciones, la *Office for National Statistics (ONS)* encargó al *National Institute for Economic and Social Research (NIESR)* un estudio para intentar resolver el problema (ONS, 1997b). La conclusión a la que

[34] Meinen y Verlinden (1997) refieren la realización de un estudio piloto para estudiar la viabilidad de un nuevo sistema para la recogida de datos, denominado *Electronic Data Interchange (EDI)*, cuya característica básica es la difusión a las empresas de un software, diseñado específicamente por CBS, para establecer vínculos con los registros contables de las empresas y obtener así datos directamente de los registros de la contabilidad empresarial de una manera más rápida y con menor coste.

llegó el NIESR fue que, tras confirmar la existencia de problemas en la metodología indirecta utilizada en Gran Bretaña, debería realizarse un estudio de viabilidad para determinar si resultaba factible la obtención directa de datos sobre el stock de capital industrial[35].

Los objetivos de este estudio de viabilidad (ONS, 1997c) han sido: determinar si los registros de las empresas contienen información fácilmente accesible sobre las características de cada activo, su coste histórico de adquisición y la fecha de su capitalización; averiguar si las empresas proporcionarían esta información de manera voluntaria; estimar los costes de colaboración en que incurrirían los encuestados; evaluar si el método de observación directa resulta coste efectivo y estimar los recursos necesarios y, por último, ver si existe información disponible que permita realizar nuevas estimaciones de las vidas útiles de los activos con precisión.

Tras haber realizado este estudio de viabilidad, en el que la agencia estadística de Gran Bretaña ha encuestado a doscientas doce empresas (West, 1998), las conclusiones más relevantes han sido que: hay suficiente información disponible para hacer una encuesta completa; la cantidad de información disponible presenta una correlación nítida con el tamaño de las empresas, determinado éste en función del número de empleados; se detecta una voluntad de colaboración ampliamente generalizada; la información disponible en las empresas para estimar las vidas útiles de los activos es mayoritariamente precaria[36]. No obstante, después de presentar las conclusiones más relevantes, la ONS realiza una valoración de los resultados en la que afirma que el principal problema no radica en la disponibilidad de datos

[35] Mayes y Young (1994), tomando como base los resultados del estudio realizado por el NIESR, concluyen que la metodología aplicada en Holanda puede resultar transferible a la Gran Bretaña, coincidiendo con Frenken (1997) en la defensa de su utilidad para incrementar la precisión de las estimaciones obtenidas tradicionalmente con la metodología indirecta.

[36] El estudio piloto puso de manifiesto que era escasa la disponibilidad de datos sobre los activos retirados o vendidos, ya que pocas empresas retenían este tipo de información durante demasiado tiempo.

sino en la carga económica que conlleva la realización la encuesta (OECD, 1999)[37]. Esta evidencia explica que se haya intentado diseñar una estrategia para mejorar la calidad de las estimaciones del stock de capital evitando que los costes se disparen prohibitivamente. Siguiendo esta línea de actuación, la ONS realizó un estudio piloto en el año 1995, para evaluar si resultaba factible que las grandes empresas mantuvieran registros informatizados utilizando un software estándar desarrollado con este propósito y, posteriormente enviasen un informe con los resultados por correo. Los resultados obtenidos en este estudio han conducido a que la ONS considere que resulta posible realizar mediciones del stock de capital sin que sea necesario el desplazamiento de técnicos para realizar la recolección de datos *in situ*. Este aspecto resulta crucial, pues puede incidir de una manera determinante en la reducción de los altos costes que conlleva la realización de encuestas para medir el stock de capital (ONS, 1997c).

En Canadá también se ha explorado la aplicación de un método basado en los datos obtenidos mediante la realización de una encuesta. Esta solución, que fue propuesta por Jaffey (1990), se denomina *Fixed Asset Accounting Simulation Model (FAASM)*. FAASM está concebido como un sistema integrado para proporcionar estadísticas sobre todas las categorías de capital (ABS, 1998). El punto de partida lo constituye una encuesta en la que se demanda información a las empresas sobre los valores brutos de sus activos fijos. Tras haber confeccionado las series de la FBCF, se plantea un análisis en el que se estudia la relación entre éstas y los stocks de capital bruto para calcular las vidas útiles de los activos que reconcilian la FBCF con dichos stocks. Planteando esta reconciliación se asume que los activos se retiran siguiendo una distribución normal truncada[38]. Tras esbozar las características principales del método FAASM, que todavía se encuentra en una fase experimental, resulta de interés reseñar que aunque los resultados parecen esperanzadores y

[37] La inspección individualizada de las empresas, el proceso de prospección de los datos y el tratamiento de los resultados, son tareas que inciden notablemente en los costes en que se incurre (ONS, 1997c).

[38] No obstante, esta modelización de los retiros no constituye una característica esencial del FAASM, ya que puede recurrise a otros modelos. Por ejemplo, las curvas winfrey o la distribución weibull (OECD, 1999).

parece que resulta factible su aplicación en Canadá, su exportabilidad a otros países no está garantizada (OECD, 1999).

Por último, para completar la revisión de las aportaciones realizadas en este ámbito metodológico, debe comentarse el estudio realizado por *Integrated Economic Services (IES)* para *Statistics New Zealand (SNZ)*, en el que se recomienda a la agencia estadística la utilización de un método de observación directa similar al diseñado por CBS en Holanda, para realizar las estimaciones del stock de capital (SNZ, 1997). De igual modo, la *Australian Bureau of Statistics (ABS)* planea como objetivo a medio plazo la realización de un estudio de viabilidad para determinar si resultaría coste efectiva la realización de una encuesta a las empresas para obtener datos en los que sustentar las estimaciones del stock de capital (ABS, 1997)

En conclusión, si se plantea una evaluación global de esta metodología, tras revisar las diversas soluciones que acaban de ser presentadas, puede concluirse que la información obtenida mediante la realización de encuestas resulta útil para cumplimentar los registros de datos en los que pueden sustentarse las estimaciones directas del stock. Asimismo, estos datos también pueden resultar de interés para mejorar las estimaciones obtenidas mediante la aplicación de otros métodos. De este modo, los datos así obtenidos pueden utilizarse para ilustrar la evolución temporal de la pirámide de edades del stock de capital y, por tanto, para asegurar la plausibilidad de los supuestos realizados en los métodos de simulación de la acumulación con respecto a la distribución de edad de los activos. Lock (1985) confirma estos planteamientos, pues considera que la selección de este método cuenta con la ventaja que supone proporcionar datos bastante detallados sobre el valor de los activos, sobre su composición generacional y sus vidas útiles.

No obstante, como ya se ha indicado, este tipo de soluciones metodológicas tampoco se encuentra exenta de dificultades (INSEE, 1984). Algunos autores, entre los que se encuentran

Mayes y Young (1994), recuerdan que usualmente se ha considerado a esta metodología demasiado onerosa para la recolección de datos, especialmente cuando se la ha comparado con la alternativa metodológica que supone la estimación indirecta. De igual modo, Lock (1985) denuncia los elevados costes que conlleva aplicar esta metodología, destacando que este problema decrece cuando se aplica a un colectivo cuyo tamaño no es demasiado grande y cuya dispersión física resulta reducida. Finalmente, cabe considerar que aunque este método resulta potencialmente apto para la obtención de los datos deseados, el proceso que debe conducir al diseño de la que debe ser su concreción final no se encuentra caracterizado por la sencillez.

III.3.1.2. Método del balance de activos.

En muchas economías centralmente planificadas, las empresas estatales tenían la obligación de realizar inventarios periódicos de sus activos fijos. Los resultados obtenidos se enviaban a las agencias estadísticas centrales y constituían la base para la obtención de las estimaciones patrimoniales[39]. Actualmente, aunque muchos de estos países ya no tienen economías de este tipo continúan aplicando esta técnica (OECD, 1999). Sin embargo, en este nuevo contexto se observa que la cobertura de la encuesta se ha deteriorado con el incremento del volumen del sector empresarial privado y, por otro lado, se plantean dudas sobre la exactitud de las valoraciones de los activos que proporcionan las empresas públicas. A pesar de estas dificultades el *Canberra Group on Capital Stock Statistics* (OECD, 1999) considera que las estimaciones realizadas en el inicio de la década de los noventa, antes de que se acelerase el proceso inflacionario, pueden constituir una buena base en la que se sustente la aplicación de otros métodos.

[39] Vid. Nesterov (1972) *National Wealth in Socialist Countries.*

III.3.1.3. Método basado en los datos de la contabilidad empresarial.

Otra posibilidad que cabe considerar, cuando se pretende obtener estimaciones del valor neto de los stocks de determinados activos, radica en utilizar los datos consignados en los libros de contabilidad de las empresas. De este modo, parece necesario evaluar la posibilidad de poder realizar estimaciones del patrimonio a partir del valor con el que los activos han sido registrados contablemente. Revisando la literatura se comprueba que, desde hace tres décadas, esta solución ha sido explorada reiteradamente por diversos autores[40]. Más recientemente, Martín y Moreno (1991, 1992) indican que *las dudas que suscitan las estimaciones oficiales del stock de capital han conducido a considerar los datos contables de las empresas como una fuente alternativa para la construcción de series de capital y para la validación de las estimaciones oficiales*. No obstante, tras analizar las potencialidades de este tipo de datos, coinciden con Mayes y Young (1994) cuando comentan que, aunque los libros de contabilidad empresarial proporcionan información relevante, ésta no se encuentra exenta de problemas. Esta circunstancia es la que ha conducido al *Canberra Group on Capital Stock Statistics* (OECD, 1999) a no recomendar la utilización de estos datos, a los que se puede acceder con facilidad, para realizar estimaciones del stock de capital que puedan ser incorporadas a los sistemas de contabilidad nacional.

Entre los principales problemas que plantea la utilización de los datos de la contabilidad empresarial, se encuentra la dificultad que conlleva que la valoración consignada refiera el coste de adquisición y no el de reemplazamiento (Lock, 1985). Como puede comprobarse, en casi todos los países el criterio de valoración estándar de los activos es el coste histórico depreciado (OECD, 1999). Asimismo, debe reseñarse que los métodos por los cuales los costes históricos son depreciados varían de un país a otro. Martín y Moreno (1991) destacan las dificultades que emergen cuando se intenta elaborar las series de capital neto utilizando

[40] Pueden referenciarse, por sus aportaciones en este ámbito metodológico, los trabajos realizados por Mairesse (1972), Faucett (1975), Hibbert *et al.* (1977), Atkinson y Mairesse (1978), Delestré (1979), entre otros.

las tasas de depreciación implícitas en las contabilidades empresariales, recordando que las tasas de depreciación contempladas en las contabilidades de las empresas *tienden a ser significativamente mayores que las que usan las contabilidades nacionales.* Esto es así, pues existen una serie de factores que pueden condicionar las políticas de amortización aplicadas por la dirección de las empresas[41], aunque el margen de maniobra se encuentre restringido por la existencia de unos coeficientes máximos y mínimos establecidos por la ley. Finalmente, como señalan Pérez *et al* (1995), tampoco debe olvidarse que los datos contables representan normalmente la acumulación de activos de distintos períodos a precios históricos. Por todo ello, los valores de los activos proporcionados en las cuentas de las empresas no pueden ser objeto de una agregación simple para obtener estimaciones del stock de capital neto (OECD, 1999).

III.3.1.4. Método basado en los registros de las compañías de seguros.

Otra solución metodológica posible puede consistir en intentar realizar la estimación del stock de capital a partir de los datos de las compañías de seguros[42]. Por tanto, en esta opción se plantea la utilización de los valores de reemplazamiento que han sido asignados a los activos que se encuentran asegurados. En este caso se supone que los valores por los que han sido tasados los activos asegurados representan valores corrientes expresados en términos de coste de reemplazamiento. No obstante, una vez más, esta opción metodológica también presenta dificultades. En primer lugar, dada la naturaleza de estos datos, resulta obvio que este método presenta un campo de aplicación mucho más restringido que en los casos anteriores, debido a la ausencia de información sobre determinadas categorías de activos. Asimismo, como indica Usher (1980), aunque este método resulta más barato que el de la realización de encuestas,

[41] Como, por ejemplo, las tendencias inflacionistas, los avances tecnológicos, la normativa fiscal, las expectativas de rentabilidad, etc.

[42] Diversos investigadores han sopesado la utilización de esta solución. Por ejemplo: Barna (1957), Tengblad y Westerlund (1976), Lock (1985), Miller (1990), etc.

conlleva algunas dificultades que se derivan de la periodicidad, comparabilidad y precisión de este tipo de datos. Además, debe tenerse en cuenta que en determinadas ocasiones los activos pueden estar asegurados por cuantías que no se correspondan con su valor de reemplazamiento real, por lo que su utilización puede conducir a una estimación poco veraz del stock de capital neto[43]. Todos estos aspectos explican que esta metodología no haya sido objeto de una utilización generalizada.

III.3.1.5. Método basado en datos administrativos.

Por último, puede revisarse la solución que plantea la obtención de estimaciones patrimoniales a partir de la información que proporcionan los registros administrativos que contienen datos censales y se renuevan periódicamente para determinados tipos de activos[44]. Este tipo de registros suele confeccionarse para aquellos activos cuya propiedad está gravada con impuestos (por ejemplo, vehículos de motor, immuebles residenciales, etc) y, también, para aquellos que deben regularse por razones de seguridad o medioambientales (por ejemplo, aeronaves, buques, combustible nuclear, etc).

Entre los países que utilizan fuentes administrativas para proveer las estimaciones patrimoniales para determinados tipos de activos, se encuentran Suecia y Dinamarca. Así, Tengblad (1993) y Wolf (1997a) refieren que la utilización de esta solución tiene una especial relevancia en Suecia y, Jensen (1997) hace lo propio para Dinamarca[45].

---

[43] Esta práctica resulta muy poco relevante en el caso de los activos que presentan un alto riesgo de siniestralidad (OECD, 1999).

[44] En ocasiones, estos registros no se actualizan anualmente. En este caso, las estimaciones correspondientes a los años comprendidos entre una actualización y otra, pueden realizarse recurriendo a un método de estimación indirecto (OECD, 1999).

[45] En su artículo, Jensen (1997) especifica que, en Dinamarca, la estimación del stock de capital, en el caso de los equipos de transporte y, también, de los edificios, se obtiene mediante la valoración de los stocks físicos que aparecen censados en los registos administrativos.

Para finalizar este epígrafe, en el que se han presentado algunos de los métodos que se incluyen entre las técnicas de estimación directa, conviene recordar que su aplicación no siempre ha constituído una actuación excluyente. Por tanto, algunas de las soluciones empíricas que resultan susceptibles de poder implementarse, podrían caracterizarse por el mestizaje que conlleva su utilización combinada.

III.3.2. Metodología de estimación indirecta: el método del inventario permanente (MIP).

III.3.2.1. Introducción.

En muchas ocasiones, las limitaciones que se registran en la disponibilidad de información estadística referida al stock de capital fijo y a sus fluctuaciones, conducen a la selección de un método indirecto para proceder a la realización de las estimaciones. En este epígrafe se va a presentar un planteamiento metodológico de estimación sustentado en un modelo de simulación de la acumulación, al que se ha convenido en calificar como indirecto dadas sus características. A este método se le ha denominado *Méthode Chronologique* en la literatura económica francófona y *Perpetual Inventory Method* en la anglosajona. En el caso de España, desde la aparición del estudio sobre la riqueza nacional de España realizado por la Universidad Comercial de Deusto en el año 1968, la mayoría de autores se refieren a él designándolo como Método del Inventario Permanente (MIP).

Este método, que se sustenta en modelos de simulación de la acumulación de las inversiones, que se esbozarán con un mayor grado de especificidad en los epígrafes siguientes, proporciona estimaciones de los stocks de capital obtenidas a partir de la información que suministran las series de inversión, las estimaciones realizadas de las duraciones de vida de los activos y, las leyes de supervivencia y depreciación cuya utilización se juzga adecuada para las categorías

de activos estudiadas. La necesidad de estos inputs de información resulta obvia si se considera que este método plantea el cálculo del stock como la suma de las inversiones pasadas y presentes que aún no han alcanzado el final de su vida útil.

La utilización del MIP para obtener estimaciones del valor de los stocks en activos fijos producidos no resulta novedosa, ya que ha sido ampliamente utilizado por los institutos nacionales de estadística y muchos equipos de investigación de diferentes países[46,47]. La paternidad del MIP puede atribuirse a Goldsmith (1951), que lo introdujo para evaluar la riqueza nacional en los Estados Unidos[48]. Conviene destacar que su aparición no puede desligarse del interés por ampliar el sistema de contabilidad nacional, con la introducción de las cuentas de patrimonio, que se registraba en ese momento en los Estados Unidos. En este contexto, el MIP se utilizó en algunos trabajos en los que se realizaron estimaciones del agregado riqueza nacional[49], probándose en algunos de ellos la utilidad que presenta este método de estimación indirecta para cumplimentar las cuentas de patrimonio (Goldsmith y Lipsey, 1963; Goldsmith, 1966). Asimismo, cabe destacar la celeridad con la que se produjo la difusión del método fuera de las fronteras de Estados Unidos. Así, por ejemplo, puede citarse la aplicación realizada por Redfern (1955) en Gran Bretaña. Posteriormente, Goldsmith continuó aplicando el MIP y trabajando en la mejora y ampliación de las estimaciones del

[46] Le Laidier *et al* (1991) comentan que en la mayoría de los países se acaba recurriendo a la utilización de diversas variaciones de esta solución metodológica para calcular el consumo y el stock de capital fijo. De igual modo, O'Mahony (1993a, 1993b, 1996), Frenken (1997) y Meinen (1998), explican que éste es el método cuya aplicación se encuentra más generalizada.

[47] Para comprobar lo difundida que se encuentra la aplicación de esta metodología, puede consultarse la publicación titulada *Méthodes utilisées par les pays de l'OCDE pour mesurer les stocks de capital fixe*, elaborada por la OECD (1993), en la que se presentan las soluciones específicas que han sido adoptadas en diversos países.

[48] En un momento en que, como recuerdan Kendrick y Lee (1976), tras el desarrollo de las cuentas nacionales de renta y producción, se otorgó una mayor relevancia a las estimaciones de la riqueza nacional.

[49] En estos primeros desarrollos, Goldsmith (1962) restringió la aplicación del MIP al campo de los activos tangibles reproducibles.

patrimonio nacional[50]. Algunos autores, como Young y Musgrave (1980), dejan constancia de la progresividad en la generalización del uso del MIP llevada a cabo por el *United States Bureau of Economic Analysis* (BEA), cuando indican que el recurso a las metodologías de estimación directa queda restringida a casos muy específicos (como por ejemplo, el stock de automóviles, etc). Actualmente, como ponen de manifiesto los trabajos de Fraumeni (1997) y, también, de Katz y Herman (1997), tras la revisión del *U.S. National Income and Product Accounts* (NIPA's), el BEA continúa elaborando muchas de sus estimaciones patrimoniales utilizando una especificación renovada del MIP.

Asimismo, como ya se ha indicado antes, otras agencias nacionales de estadística también han recurrido a la utilización de esta metodología para confeccionar las cuentas de patrimonio contempladas en sus sistemas de contabilidad nacional. Esta es la situación de Francia, donde el INSEE utiliza regularmente el MIP para cumplimentar el SECN (INSEE, 1994). En este caso, cabe reseñar la relevancia de los trabajos realizados por Mairesse (1972) y Delestré (1979; 1985) para desarrollar esta metodología y adecuarla al contexto francés. En Gran Bretaña, la *Office for National Statistics* (ONS) utiliza el MIP para estimar muchas de las categorías del stock de capital desde 1955 (ONS; 1997a, 1997b). No obstante, aunque esta metodología se ha venido aplicando continuadamente desde esa fecha, como se pone de manifiesto en el artículo de Hibbert *et al* (1977), la especificación original del modelo fue renovada en 1975[51]. A partir de esta fecha, diversos autores, como Britton (1987), O'Mahony (1993a, 1996), Mayes y Young (1994), han hecho referencia en sus trabajos a la utilización

[50] Sirva como ejemplo de ello, el trabajo publicado por Goldsmith (1985) con el título *Comparative national balance sheets. A study of twenty countries, 1688-1978.*

[51] Para tener un conocimiento específico de las soluciones adoptadas en el período inicial, se puede consultar el volumen metodológico editado por la *United Kingdom Central Statistical Office* (1968), en el que se presentan las líneas metodológicas adoptadas para la cumplimentación del sistema de contabilidad nacional británico. Esta información puede complementarse con la aportación realizada por Griffin (1975), en la que proporciona una revisión de la metodología empleada por la ONS hasta 1975.

de la nueva modelización del MIP[52]. En Alemania, como indica Ritter (1997), *Statistisches Bundesamt* también utiliza el MIP desde hace varias décadas para elaborar las series oficiales del stock de capital, pues las primeras aplicaciones tuvieron lugar al principio de los años setenta antes de la reunificación del país (Lützel, 1977). En el caso de Suecia, como recuerda Wolf (1997a), se utiliza el MIP para obtener estimaciones del stock de capital desde los años sesenta[53]. De igual modo, la *Australian Bureau of Statistics* también recurre a esta solución metodológica (ABS, 1997). Por otro lado, Koumanakos (1980), Wells (1997) y Koumanakos *et al* (1999), reportan las experiencias de *Statistics Canada* en la obtención de estimaciones del stock de capital utilizando el MIP. Finalmente, para concluir esta presentación panorámica, debe citarse que Groes (1976) y Jensen (1997) documentan su utilización en Dinamarca, Biolley y Gilot (1987) en Bélgica, Jalava y Sandström (1999) en Finlandia y Todsen (1997) en Noruega.

III.3.2.2. Formulación básica del MIP.

Tras haber trazado en el anterior epígrafe las ideas generales en las que se sustenta el método y tras haber revisado brevemente el papel que ha desempeñado en las últimas décadas de este siglo, se plantea la necesidad de abordar con un mayor grado de detalle el análisis de las características de este método de estimación indirecto.

Para comprender la idea que se encuentra subyacente en el modelo de simulación que representa el MIP, debe considerarse que cuando se aborda la estimación de la cuantía del capital fijo en un determinado momento del tiempo, debe tenerse presente que éste se encuentra constituído por diferentes bienes de capital que se fueron incorporando en períodos

[52] En el trabajo titulado *The use of the Perpetual Inventory Method in the UK; Practices and Problems*, que fue presentado por la ONS en la *Capital Stock Conference*, que tuvo lugar en Canberra en marzo de 1977, se aporta información específica sobre la aplicación del MIP que se realiza actualmente en Gran Bretaña.

[53] En Tenglad y Westerlund (1976) se describe el modelo utilizado hasta 1984, mientras que en Tengblad (1993) y Wolf (1997b) se presentan los desarrollos más recientes de la metodología empleada.

anteriores al considerado y que causarán baja cuando finiquite su vida activa en un futuro que puede encontrarse más o menos lejano (Lebastard, 1989)[54].

De este modo, puede considerarse que el stock de una determinada categoría de activos fijos producidos resulta de un proceso de acumulación y este proceso se puede simular para obtener una medición del capital. Por tanto, para estimar el valor del capital bruto en una fecha determinada, basta con acumular el valor de las incorporaciones precedentes e introducir una disminución cuya cuantía será igual al valor de los retiros acaecidos con anterioridad a la fecha en la que se realiza el cálculo.

Para calcular cuál es el valor del capital neto, se puede simular el proceso de acumulación considerando los retiros ocurridos y, además, disminuyendo el resultado de dicha acumulación según la cuantía de las amortizaciones. Dicho de otro modo, la suma del valor de las inversiones pasadas, ajustada por la depreciación y por el abandono de los activos residuales en cada período (al final de su vida útil), proporciona una estimación del stock neto de capital existente.

Por tanto, cuando no se dispone de información estadística directa[55] sobre los retiros y las amortizaciones, la aplicación del MIP se caracteriza porque tanto los unos como las otras se calculan a partir de las correspondientes leyes de supervivencia (mortalidad) y las leyes de depreciación de los bienes. Así, a la inversión bruta acumulada se le aplica una función de supervivencia en un intento de determinar la cuantía del capital que se encuentra operativo y, como indican Draper y Herce (1993), *se le aplica una función de depreciación en un intento de reflejar la eficiencia del capital en servicio.*

[54] Algunos autores (Lebastard, Mairesse, etc) ponen como símil el caso de la población activa, ya que ésta se encuentra afectada por un flujo de nuevas incorporaciones y salidas.

[55] Según comenta Miller (1990), para estimar el stock de capital se requiere una información que no siempre se encuentra disponible. Así, por ejemplo, desataca el caso de las insuficiencias registradas en el conocimiento del volumen de capital que se retira cada año.

No obstante, las condiciones que se deben verificar para la aplicación del MIP no se pueden considerar restrictivas (Le Laidier *et al*, 1991), ya que las principales limitaciones con las que se encuentra su aplicación se derivan básicamente de las dificultades e insuficiencias que se derivan de la medición de las inversiones y, también, las que resultan de la medición de las características de las leyes de mortalidad y depreciación, principalmente las duraciones de vida medias.

Antes de presentar la forma general que adopta este procedimiento, deben tomarse en consideración algunos aspectos que resultan relevantes cuando se pretende efectuar una estimación del stock de capital fijo reproducible mediante la aplicación del MIP. Como indica Velázquez (1995), estos aspectos son:

a) La forma de medida: bruta o neta.
b) El criterio de valoración que debe adoptarse.
c) El criterio de asignación a una rama o sector productivo.
d) El nivel de desagregación con el que se pretende operar.

Dada su relevancia, estos puntos serán objeto de un tratamiento más pormenorizado en epígrafes posteriores.

En esta fase inicial de la presentación del método conviene recordar el consenso que existe en considerar que la manera óptima de trabajar, cuando se opera con un modelo de acumulación de capital, es con precios constantes[56]. De este modo, resulta factible la comparación y la acumulación de los flujos que se han producido en diferentes momentos del tiempo. Además, si fuera preciso, los resultados que se encuentran expresados en precios constantes podrán transformarse en precios corrientes *a posteriori* con la ayuda de un

[56] Entre los autores que así opinan se encuentran: Usher (1980), Lebastard (1989), Le Laidier *et al* (1991), Tengblad (1993), Jacob *et al* (1997), etc.

deflactor.

Cuando se plantea la medición del stock de activos fijos reproducibles, debe considerarse que existen n categorías de activos. Si, como indican Usher (1980) y Miller (1990), cada una de ellas comprende a K_i^t unidades en el año t y P_i^o se interpreta como los precios de los activos expresados en las unidades monetarias de un determinado año base, entonces el stock total en el año t debe evaluarse a partir de la expresión:

$$K^t = P_1^o.K_1^t + P_2^o.K_2^t + \ldots + P_n^o.K_n^t$$

Como ya se ha indicado anteriormente, mediante la aplicación del MIP pueden realizarse estimaciones en términos brutos y netos. De este modo, si se opera en términos brutos se está considerando implícitamente que el flujo de servicios de una determinada categoría de activos, no experimenta alteraciones mientras éstos permanecen en uso. Mientras que, cuando se escoge la opción de trabajar en términos netos, se asume el deterioro o desgaste que experimentan los activos como consecuencia del uso realizado de los mismos, el paso del tiempo, etc. Así pues, trabajando con precios constantes, las expresiones algebraicas básicas que caracterizan al MIP son[57,58]:

a) Stock de capital bruto.

Conociendo la inversión bruta I_t registrada en un determinado año t, los retiros R_t ocurridos en dicho año t y la cuantía del stock de capital bruto KB_{t-1} a final del año t-1, puede determinarse el stock de capital bruto KB_t a final del año t, mediante la expresión:

[57] Con esta presentación se pretende compilar las diversas referencias metodológicas aportadas por los investigadores que han aplicado el MIP (Kendrick y Lee, 1976; Delestré, 1979; Raoul y Rouchet, 1980; O'Mahony, 1993; Tengblad, 1993; Mayes y Young, 1994; Stevens, 1994; etc).

[58] Para simplificar la presentación algebraica del MIP, los desarrollos se encuentran referidos a una categoría de activos, trabajando siempre con precios constantes.

$$KB_t = KB_{t-1} + I_t - R_t \qquad (3.1)$$

b) Stock de capital neto.

De forma análoga, puede considerarse la depreciación D_t experimentada por los activos a lo largo del año t y calcular el stock de capital neto KN_t a final del período t. Ahora, se verifica la siguiente relación:

$$KN_t = KN_{t-1} + I_t - D_t \qquad (3.2)$$

O bien, a partir de las expresiones (3.1) y (3.2), puede llegarse a:

$$KN_t = KB_{t-1} + I_t - R_t - D_{t-1,t} \qquad (3.3)$$

siendo $D_{t-1,t}$ la depreciación experimentada por los activos en el período *[t-1,t]*.

Tras haber presentado las expresiones básicas en las que se sustenta la obtención del stock bruto y neto de capital, debe tenerse presente que la resolución de este sistema de ecuaciones se puede plantear en dos escenarios distintos.

En primer lugar, puede identificarse un escenario en el que se disponga de una (o más) estimaciones del capital bruto (o neto), resultando desconocida (parcial o totalmente) la serie de las inversiones que se han realizado. Por tanto, la solución que debe adoptarse plantea la necesidad de establecer una relación entre el capital bruto y los retiros (que representan los flujos de salidas del stock de capital). Y, asimismo, entre el capital neto y la depreciación (que pone de manifiesto cómo los flujos de servicios que proporcionan los activos se ven afectados por el uso, el transcurso del tiempo y la obsolescencia). Así pues, si se introduce una reflexión sobre las expresiones del MIP que resultan adecuadas para estimar el stock de capital, en este caso resulta obvio que las limitaciones en el conocimiento de la variable inversión conducen a la identificación de expresiones similares a las esbozadas en las ecuaciones (3.1), (3.2) y

(3.3). Donde los retiros R_t pueden calcularse a partir de:

$$R_t = r_t \, KB_{t-1} \tag{3.4}$$

representando r_t el ratio de retiro en el año t de las inversiones que integraban el stock de capital bruto en $t-1$. Por tanto, conociendo el valor del stock bruto en $t-1$, la tasa de retiros r_t y la inversión bruta en t, puede determinarse el stock de capital bruto en t.

De igual modo, en el caso de la depreciación D_t puede establecerse que:

$$D_t = d_t \, KN_{t-1} \tag{3.5}$$

donde d_t representa la tasa de depreciación correspondiente al año t del stock de capital neto preexistente. Así pues, a partir del valor del stock inicial neto, la inversión bruta y el ratio de depreciación, puede calcularse el valor actualizado del stock neto para el período t.

Sustituyendo la expresión (3.4) en (3.1), se obtiene[59]:

$$KB_t = (1 - r_t) \, KB_{t-1} + I_t \tag{3.6}$$

Asimismo, sustituyendo la expresión (3.5) en (3.2), se llega a:

$$KN_t = (1 - d_t) \, KN_{t-1} + I_t \tag{3.7}$$

Por tanto, puede reescribirse la expresión (3.6) operando en términos de supervivencia y no de retiros como se había hecho hasta el momento:

$$KB_t = s_t \, KB_{t-1} + I_t \tag{3.8}$$

siendo s_t la función de supervivencia, que representa la proporción del activo adquirida en $t-1$

[59] Raoul y Rouchet (1980) y Miller (1990) simplifican el modelo al considerar que los retiros se mantienen constantes.

que todavía se encuentra en uso en el período t.

De igual modo, la expresión (3.7) puede reformularse considerando el ratio de activos que aún no han sido amortizados en el período corriente:

$$KN_t = p_t \, KN_{t-1} + I_t \tag{3.9}$$

siendo p_t la función de persistencia[60].

Además, operando según el planteamiento expuesto en la ecuación (3.3), se deduce[61]:

$$KN_t = s_t \, p_t \, KB_{t-1} + I_t \tag{3.10}$$

Finalmente, siguiendo a Mayes y Young (1994), otra manera de plantear el cálculo del stock de capital bruto en este primer escenario es:

$$KB_t = \sum_{i=0}^{B-1} (I_{t-i} - R_{t-i}) + KB_{t-B} \tag{3.11}$$

donde KB_{t-B} representa el valor del stock de capital bruto inicial y B informa del número de años transcurridos desde la realización de la estimación que constituye el punto de partida[62].

El segundo escenario que puede identificarse se caracteriza por la disponibilidad de una amplia serie temporal de las inversiones realizadas hasta la fecha considerada, pudiéndose estimar las leyes de supervivencia (o en su caso la de mortalidad) y persistencia (o en su caso

[60] Siguiendo la terminología propuesta por Velázquez (1995).

[61] Algunos autores, como Velázquez (1995), asignan a s_t y p_t una cuantía que resulta de calcular las medias ponderadas de los valores que adopten los cocientes entre las funciones de supervivencia y persistencia para cada par de años consecutivos ($j+1$ y j) comprendidos en el intervalo $[1,V]$, donde V representa la vida máxima del activo.

[62] Cuando B supere a la duración máxima de la vida útil (V) de la categoría de activos considerada, entonces el cálculo del stock se sustentará en la acumulación de las inversiones ocurridas desde el período t-V, deduciendo los retiros ocurridos.

la de depreciación) que resultan adecuadas para las mismas, con el sustento de consideraciones teóricas y/o empíricas.

En este contexto, la ecuación (3.1) se puede reescribir de manera que el cálculo del stock de capital bruto se sustente en las inversiones realizadas durante los períodos anteriores. Siguiendo el planteamiento realizado por O'Mahony (1993a), Mayes y Young (1994), un activo se mantiene útil durante V años y transcurrido ese tiempo se retira. Así pues, la ecuación puede plantearse de manera que el cálculo del stock de capital bruto dependa únicamente de las inversiones brutas registradas a partir del período t-V y de la tasa de retiros r_i del activo después de i períodos de haberse efectuado la inversión. De esta forma, se obtiene:

$$KB_t = \sum_{i=0}^{V} I_{t-i} (1 - r_i) \qquad (3.12)$$

Asimismo, operando de igual modo que en la expresión (3.7) puede reformularse la ecuación (3.12) introduciendo la función de supervivencia s_i:

$$KB_t = \sum_{i=0}^{V} I_{t-i}\, s_i \qquad (3.13)$$

De igual modo, puede plantearse el stock de capital neto a partir de la serie de inversiones brutas y la tasa de depreciación d_i, verificándose:

$$KN_t = \sum_{i=0}^{V} I_{t-i}\ \ s_i (1 - d_i) \qquad (3.14)$$

La expresión (3.14) también puede presentarse incorporando la función de persistencia p_i, resultando:

$$KN_t = \sum_{i=0}^{V} I_{t-i}\, s_i\, p_i \qquad (3.15)$$

No obstante, aunque se ha demostrado que este planteamiento permite prescindir del conocimiento del stock bruto KB_{t-V-1} y de las inversiones realizadas antes del período t-V, algunos autores[63] han preferido realizar un planteamiento más general estableciendo que:

$$KB_t = \sum_{i=0}^{\infty} I_{t-i}\, s_i \qquad (3.16)$$

y

$$KN_t = \sum_{i=0}^{\infty} I_{t-i}\, s_i\, p_i \qquad (3.17)$$

Cabe precisar que las ecuaciones (3.16) y (3.17) no entran en conflicto con las ecuaciones (3.13) y (3.15), ya que el MIP únicamente plantea la contabilización de las inversiones que todavía se encuentran en uso, por tanto su aplicación conlleva de manera implícita la exclusión del proceso acumulativo de las inversiones realizadas en el intervalo [t-∞,t-V).

Martín y Moreno (1991), también presentan un desarrollo en el que el stock de capital bruto se obtiene a partir de la adición de las inversiones pasadas que todavía se encuentran en uso. Siguiendo este enfoque, las ecuación (3.16) puede replantearse del siguiente modo:

$$KB_t = \sum_{i=0}^{\infty} (I_{t-i} - R_{t-i}) \qquad (3.18)$$

donde I_{t-i} es la inversión realizada en el año t-i y R_{t-i} los activos adquiridos en t-i que se han retirado entre este año y el año t.

[63] Como por ejemplo, Velázquez (1995).

Asimismo, si se plantea el cálculo del stock de capital neto mediante la suma de la inversión pasada que aún no se ha retirado en el año t, deduciendo la proporción de ésta que ha desaparecido como consecuencia de la depreciación, se llega a:

$$KN_t = \sum_{i=0}^{\infty} (I_{t-i} - R_{t-i})\ (1 - d_{t-i}) \qquad (3.19)$$

donde, como ya se ha indicado anteriormente, d_{t-i} es la tasa de depreciación.

Finalmente, para concluir esta presentación elemental de la formulación del MIP, se puede deducir la expresión que adopta cuando se expresa en precios corrientes y se considera más de un sector y más de una categoría de activos. Entonces, recordando que KN_t designa el stock de capital neto en el período t expresado en precios corrientes, $I_{k,m,t-i}$ representa las inversiones brutas correspondientes al sector k y a la categoría de activos m realizadas en el período t-i expresadas en precios constantes, $s_{k,m,i}$ es la función de supervivencia (es decir, la proporción de la inversión que todavía se encuentra en uso en el período i), $p_{k,m,i}$ es la función de persistencia del activo (proporción del activo en uso no depreciado) y $D_{k,m,t-i}$ es el deflactor, se verifica:

$$KN_t = \sum_{k=1}^{K} \sum_{m=1}^{M} \sum_{i=0}^{V} I_{k,m,t-i}\ s_{k,m,i}\ p_{k,m,i}\ D_{k,m,t-i} \qquad (3.20)$$

III.3.2.3. Elementos básicos para el desarrollo de la aplicación del MIP.

Tras haber expuesto los planteamientos metodológicos en los que se sustenta la aplicación del MIP, puede constatarse que en esta presentación se ha hecho referencia a algunos conceptos (como el de vida útil de los activos, las funciones de retiros y supervivencia, las funciones de depreciación y persistencia, etc) que han sido presentados someramente. Por tanto, ahora resulta de interés retomar su presentación con el objetivo de ampliarla.

III.3.2.3.1. Duración de la vida útil de los activos.

Como resulta obvio, los bienes que por su naturaleza pueden considerarse como capital fijo, no pueden ser objeto de un uso indefinido. Esto es así como consecuencia del desgaste que experimentan al ser utilizados y porque pasan a ser obsoletos con el transcurrir del tiempo.

Para poder abordar la definición de vida útil, cuando se trabaja con la categoría de los activos fijos reproducibles, debe discernirse entre bienes elementales y bienes complejos.

Los bienes elementales se presentan como una unidad en sí mismos, por tanto, no se conciben como un conjunto integrado por diversas partes en las que el envejecimiento pueda darse con distintas velocidades. En este caso, la duración de vida para un determinado activo se puede definir como su duración media de utilización en condiciones normales (Le Laidier *et al*, 1991). Asimismo, se debe tener presente que el período durante el cual el activo permanece en el stock no resulta independiente de las condiciones de explotación, de conservación, etc[64,65].

Cuando se trabaja con bienes que por su naturaleza pueden considerarse complejos, debe tenerse presente que éstos se componen de elementos que presentan diversas duraciones de vida. Por tanto, para estudiar la duración de vida de un activo que constituye un bien complejo, se requiere información sobre las duraciones que presenta cada uno de los elementos que lo integran. Además, dada la naturaleza de estos activos, en ocasiones resulta necesaria la introducción de coeficientes de ponderación para asignar pesos relativos a cada una de las partes integrantes.

---

[64] De este modo, como indica Lock (1985), trabajando con el valor esperado se contempla la posibilidad de que las vidas útiles de los diversos bienes, que componen una categoría de activos, puedan presentar evoluciones distintas.

[65] Cette y Szpiro (1988) identifican como determinantes de la duración de la vida útil de los equipamientos, el uso, las condiciones de mantenimiento, la coyuntura y la obsolescencia.

No obstante, a pesar de haber expuesto las diferencias entre bienes elementales y complejos, a partir de ahora la exposición se ceñirá exclusivamente al caso de los bienes elementales, con el objetivo de simplificar la presentación de las funciones matemáticas recogidas en los epígrafes III.3.2.3.2. y III.3.2.3.3.

Así pues, cuando se mencione la duración de vida útil de un determinado activo se estará haciendo referencia al período que permanece en uso dicho activo[66]. De este modo, como indican Mas *et al* (2000), se entiende por vida útil media *el período de tiempo durante el cual se espera que el bien de capital permanezca incorporado en el stock y no aquel período de tiempo que se considera contablemente por razones financieras o fiscales*[67].

Asumiendo que los activos fijos reproducibles no pueden ser utilizados de manera indefinida, se plantea la necesidad de estimar las duraciones de vida útil media de las subcategorías consideradas y, también, de determinar la distribución que caracteriza el comportamiento probabilístico de la mortalidad de cada una de ellas[68]. Sin embargo, tras haber identificado este objetivo, Frenken (1997) y Meinen *et al* (1999) constatan que en la mayoría de los países se suele disponer de bastante información sobre el flujo de entradas (inversión) en el capital fijo, mientras que la disponibilidad de datos sobre las salidas (retiros) resulta deficitaria.

En este contexto, cuando se aborda el estudio de las vidas útiles de los activos debe tenerse presente que, como indica Jaffey (1997) y, también, Meinen y Verlinden (1997), la calidad de las estimaciones obtenidas mediante la aplicación del MIP depende en gran medida de la

[66] Algunos autores, como Le Laidier *et al* (1991) han utilizado el término *duración de vida económica* para designar a este período.

[67] Young y Musgrave (1980) matizan que en determinadas ocasiones, la vida física (el período durante el cual resulta factible el uso físico del activo) puede resultar más prolongada que la vida económica (el período de tiempo durante el que se produce el uso económico del activo).

[68] Pérez *et al* (1995) recuerdan que la adopción del MIP presupone aceptar que *es posible calificar los diferentes tipos de activos en categorías uniformes y amplias según su tasa de mortalidad.*

precisión conseguida en la determinación de la duración de vida útil de las diferentes categorías de activos[69,70]. Esto es así, como convienen Cope (1998), Meinen (1998) y West (1998), entre otros, porque la vida útil media es uno de los principales parámetros cuyo valor debe determinarse cuando se plantea la aplicación del método MIP.

Por tanto, como se desprende de lo expuesto hasta el momento, resulta crucial la asignación de recursos para aumentar el conocimiento sobre las duraciones de vida de los activos. Sin embargo, como comentan Meinen *et al* (1999), cuando se discutieron las mejoras que podían introducirse en las estimaciones de las vidas útiles de los activos, en la primera *Conference on Capital Stock Measurement*, que tuvo lugar en Canberra en el año 1997, se puso en evidencia que las prácticas usuales de las agencias estadísticas en este campo se encuentran condicionadas por los altos costes que caracterizan a algunos de los métodos que podrían contribuir a la mejora de estas estimaciones.

En este contexto, teniendo en cuenta que la precisión de las estimaciones realizadas con el MIP se encuentra estrechamente relacionada con la adecuación de los valores asignados a las vidas útiles medias de cada una de las categorías de activos, resulta de interés revisar las diversas fuentes de datos que se encuentran disponibles para estimar dichos valores. Así, se comprueba que las principales fuentes utilizadas por los países de la OECD (1993; 1999) para obtener información sobre las vidas útiles de los activos son (ABS, 1997): las prescripciones de las autoridades tributarias; la contabilidad empresarial; los registros administrativos; las opiniones de expertos y las estimaciones realizadas en otros países.

[69] Mayes y Young (1994) informan que a principios de los ochenta la *United Kingdom Central Statistical Office* llegó a la conclusión de que las estimaciones que realizaba del stock de capital fijo se encontraban sobredimensionadas. Y, según explican, este error se produjo por la no consideración de la reducción que habían experimentado las vidas útiles de los activos que componen el stock de capital.

[70] Koumanakos (1998) ha estudiado el impacto que pueden tener los valores asignados a las vidas útiles de los activos en los ratios de crecimiento del capital bruto, cuando se opera con el MIP, demostrando su relevancia.

En muchos países las autoridades tributarias establecen el período temporal durante el cual la depreciación de varios tipos de activos puede, bajo condiciones normales, deducirse de los beneficios antes de aplicar las tasas impositivas. En un informe preliminar elaborado por el *Canberra Group on Capital Stock Statistics* (OECD, 1999), se informa que muchos países, entre los que se encuentran Australia, Estados Unidos, Alemania y Gran Bretaña, entre otros, han utilizado esta fuente de datos para estimar las vidas útiles medias de aquellos activos para los que no se dispone de otra fuente, o para contrastar la credibilidad de las estimaciones obtenidas con otros métodos. Sin embargo, debe precisarse que esta fuente únicamente resulta útil cuando puede asumirse que estos datos son reales, por haber sido obtenidos a partir de investigaciones que se repiten periódicamente[71,72].

Una fuente de información alternativa la constituyen los datos que pueden extraerse de los registros de la contabilidad empresarial, pues en ellos se suele proporcionar información sobre las vidas útiles que se utilizan para imputar la depreciación a los activos. Sin embargo, aunque en Singapur y Australia se han utilizado las vidas útiles consignadas en los libros contables de las empresas (OECD, 1999), West (1998) discute su adecuación en el caso de Gran Bretaña[73].

Otra opción, cuando las agencias gubernamentales mantienen registros administrativos para determinados tipos de activos (automóviles, aeronaves, buques, etc), consiste en utilizar estos datos para estimar sus vidas útiles.

---

[71] Cope (1998), en un estudio realizado en Nueva Zelanda, compara las estimaciones de las vidas útiles estimadas a partir de los datos obtenidos mediante la realización de una encuesta con las que proporcionan las autoridades fiscales, concluyendo que éstas últimas suelen ser más bajas que las que resultan de la observación directa.

[72] Ritter (1997) opina que las vidas fiscales establecidas en Alemania son más pequeñas que las vidas útiles que deberían utilizarse actualmente para elaborar sus cuentas nacionales.

[73] West (1998) informa que, tras realizar una encuesta a doscientas empresas, entre 1994 y 1995, se observó que a menudo los activos permanecían en uso o almacenados, mucho tiempo después de aparecer completamente depreciados en los libros contables.

No obstante, aunque las tres fuentes que se acaban de presentar han sido utilizadas en diversos países para determinar el valor del parámetro vida útil media para algunos activos fijos, debe destacarse que una práctica muy generalizada consiste en tomar como base de algunas de las estimaciones los dictámenes realizados por expertos (OECD, 1999). Estos datos pueden resultar útiles cuando el término se utiliza para designar los informes elaborados por personal técnico familiarizado con determinados tipos de activos o, también, la información que pueden suministrar las empresas que producen algunas categorías de activos. Sin embargo, West (1998) afirma que estos datos no disfrutan del mismo nivel de precisión que aquellos que se obtienen mediante un método de observación directa, aunque considera que pueden resultar de utilidad para contrastar si las hipótesis introducidas en la especificación del MIP se encuentran en consonancia con la realidad[74]. Asimismo, debe tenerse en cuenta que en determinadas ocasiones la utilización de este término puede no ser más que un eufemismo que se utiliza para designar las conjeturas de los estadísticos responsables de la elaboración de las series del stock de capital (OECD, 1999).

Finalmente, debe mencionarse que otra opción consiste en recurrir a las estimaciones realizadas en otros países[75]. Suele ser una práctica habitual que, cuando los países abordan las estimaciones del stock de capital por primera vez, revisen la literatura especializada para identificar las vidas medias que se están utilizando. Asimismo, estos datos también suelen revisarse para comprobar que las estimaciones que se utilizan no difieren mucho de las aplicadas en países limítrofes y/o semejantes[76]. En este caso, Meinen *et al* (1999) enfatizan que el establecimiento de este tipo de comparaciones únicamente puede considerarse viable cuando se haya contrastado previamente que las características de los activos y su ámbito de

[74] West (1998) refiere la utilización de esta fuente de datos, realizada por el *National Institute of Economic and Social Research* (Mayes y Young, 1994) por encargo de la *United Kindom Office for National Statistics*, para evaluar la adecuación de las estimaciones realizadas con el MIP en Gran Bretaña.

[75] Todsen (1997) indica que esta solución se ha aplicado en Noruega en la elaboración de sus cuentas nacionales.

[76] Cope (1997) refiere una práctica de este tipo en Nueva Zelanda.

aplicación resultan completamente equiparables.

Tras haber analizado las características de los datos preexistentes, suministrados por las fuentes que acaban de presentarse, debe evaluarse la posibilidad de obtener datos mediante la realización de encuestas. En consecuencia, esta opción depende en última instancia de que los encuestados dispongan de registros en los que se encuentre consignada la información sobre todas las transacciones operadas con los activos fijos, incluyendo los retiros y las enajenaciones de activos de segunda mano (ABS, 1998). Cuando esta información se encuentra disponible se puede recopilar mediante la realización de encuestas y confeccionar una base de datos completa que ha de permitir deducir las vidas útiles y los patrones de comportamiento que caracterizan a los retiros de los activos. No obstante, en la práctica se comprueba que la obtención de datos realizando una encuesta puede resultar cara y, por otro lado, las limitaciones en los datos que disponen los encuestados puede hacer inviable la estimación precisa de las vidas útiles. Así, por ejemplo, West (1998) indica que en la mayoría de las empresas no se conserva la información sobre las características de los retiros que se han realizado, pues no resulta indispensable para su propio funcionamiento, ni para cumplir con las regulaciones contables, ni tampoco con fines tributarios.

Después de presentar las características de esta fuente de datos y las dificultades que plantea recurrir a ella, resulta de interés comentar las soluciones de este tipo que han sido exploradas en diversos países. En consecuencia, dada su relevancia, debe presentarse en primer lugar la experiencia desarrollada en Holanda, donde se plantea la estimación precisa de las vidas útiles como uno de los principales productos de la metodología DOC. Por ello, desde el año 1991 se realizan encuestas de retiros (Smeets y Hove, 1994), cuyos datos fueron utilizados en una primera instancia para estimar directamente las vidas útiles de los activos. Actualmente, la agencia estadística holandesa utiliza una aproximación indirecta sustentada en un modelo de inferencia (Meinen *et al*, 1999), que toma como inputs las estadísticas que se elaboran sobre la FBCF, el stock de capital y los retiros. Esta solución plantea que si se comprueba que el

patrón observado de comportamiento de los retiros puede aproximarse mediante una distribución de probabilidad, pueden estimarse los parámetros que proporcionen el mejor ajuste a dicho patrón. En primer lugar, la manera de proceder en esta solución consiste en plantear la estimación de los ratios de incertidumbre, definidos éstos como el riesgo que tiene un activo de ser retirado en cada uno de los años que suceden a su instalación. Seguidamente, los ratios de incertidumbre se utilizan para estimar los parámetros de la distribución Weibull que proporciona la mejor aproximación a como se han producido los retiros de un determinado activo. De este modo, asumiendo una función de distribución Weibull se utilizan los datos de las encuestas para estimar los mejores parámetros para la función de incertidumbre integrada a partir de la especificación de la siguiente relación lineal:

$$\ln \left(\sum_{i=t-x_k}^{t} \frac{R_{t,i}}{KB_{t,i} + R_{t,i}} \right) = \beta + \alpha \ln(x_k) + E_{H,k}$$

siendo $KB_{t,i}$ el stock de capital bruto para los activos de la generación i que se encuentran en uso el 31 de diciembre del año t, $R_{t,i}$ los retiros de activos de la generación i que han tenido lugar en el año t, x_k es la vida útil actual del k-ésimo retiro observado y $E_{H,k}$ es el término de error que mide la diferencia entre el modelo Weibull asumido y los ratios de incertidumbre calculados a partir de los datos obtenidos directamente a partir del procedimiento de encuesta.

A partir de las estimaciones obtenidas para α y β, se deducen las estimaciones de los dos parámetros que caracterizan a la distribución Weibull: el de forma y el de escala. De este modo, se caracteriza completamente la especificación de la distribución Weibull que garantiza el mejor ajuste. Finalmente, la estimación de la vida útil media del activo fijo estudiado puede calcularse utilizando la fórmula para determinar la media de una distribución Weibull[77].

[77] Ver Meinen (1998) para disponer de una presentación completa de las ecuaciones utilizadas en esta solución metodológica.

Por otro lado, en Gran Bretaña, también se ha investigado recientemente la viabilidad de realizar una encuesta sobre retiros. Con este fin se visitaron doscientas empresas y se evaluó si éstas estaban en disposición de porporcionar datos sobre la fecha de adquisición de los activos, su descripción y el momento en que fueron retirados (ONS, 1997c). Tras evaluar los resultados obtenidos, West (1998) concluye que los registros de datos mantenidos por las empresas no constituyen una base útil para la observación directa de las vidas útiles de determinados activos fijos, como por ejemplo las instalaciones y la maquinaria[78]. No obstante, este autor considera que será posible corregir las vidas útiles medias que se aplican en el MIP cuando el método de observación directa que se está explorando permita obtener estimaciones regulares del stock de capital.

Statistics New Zealand (1997) también ha estudiado la posibilidad de determinar las vidas útiles medias a partir de los datos obtenidos realizando encuestas. Con este objetivo se ha diseñado una encuesta por muestreo en la que, además de recoger datos sobre la depreciación de los activos fijos, se pide a los encuestados información sobre los retiros. Este estudio, como indica Cope (1998), aún se encuentra en una fase preliminar pero también pone en evidencia la dificultad que entraña conseguir este tipo de datos.

Para completar este epígrafe, tras haber presentado las diversas fuentes de datos preexistentes y, también, de nueva extracción, deben tomarse en consideración algunos aspectos que resultan relevantes cuando se opera con las estimaciones de las vidas útiles.

Así, Blades (1991) introduce una voz crítica, cuando indica que algunas de las estimaciones de la edad de los activos utilizadas por las agencias nacionales de estadística se han obtenido a partir de estudios realizados con una finalidad fiscal por lo que dichas estimaciones reflejan escasamente la duración física, o bien mediante la obtención de muestras cuyo tamaño

[78] De igual modo, O'Mahony (1993a) estima que la obtención de información fiable sobre la vida útil de los activos resulta difícil de obtener, pues sus poseedores no suelen ser capaces de precisar la fecha en la que fueron retirados en el pasado.

resultaba insuficiente para proporcionar resultados que fueran estadísticamente representativos, o bien se han determinado a partir de opiniones de expertos que a menudo no constituían más que suposiciones. De acuerdo con este planteamiento, O'Mahony (1993a) considera que estas circunstancias dificultan las comparaciones internacionales de las vidas medias útiles con las que se opera[79].

No obstante, cuando se introduce una reflexión sobre la comparabilidad de las estimaciones de las vidas útiles medias con las que se opera en diferentes países, debe reseñarse que no sólo las metodologías inadecuadas pueden conducir a la obtención de vidas medias útiles que resulten más o menos discrepantes entre sí. Meinen (1998) considera que las diferencias entre las estimaciones de las vidas útiles medias de los diversos países, pueden encontrar su razón de ser en factores medio ambientales. Por ello, teniendo en cuenta que el clima, la cultura, u otros elementos, pueden tener una incidencia relevante, considera necesario que cada país elabore unas estimaciones que resulten apropiadas para su propio contexto.

Asimismo, Meinen y Verlinden (1997) y Cope (1998) han constatado que los activos pueden presentar vidas útiles significativamente diferentes cuando se emplean en diversos sectores económicos de un mismo país. En consecuencia, cuando se planteen las estimaciones deberán tenerse en cuenta las características de los contextos productivos-tecnológicos en los que se desarrolla el uso de los activos considerados[80]. Complementariamente, debe apuntarse que, como ya verificaron Atkinson y Mairesse (1978), cuando se intentan comparar diversas estimaciones de la vida útil que han sido obtenidas en distintos momentos del tiempo, debe

[79] O'Mahony (1993b, 1996) destaca que las vidas útiles medias utilizadas por las diversas oficinas estadísticas, presentan notables variaciones. Así por ejemplo, refiere el caso de la vida útil media de las estructuras de transportes y comunicaciones, indicando que en los EE.UU. se ha establecido en 42 años, en Gran Bretaña en 67 años, en Alemania en 41 años, en Francia en 40 años y en Japón en 37 años.

[80] Oliner (1996) explica que la vida útil media de un equipo de producción puede variar según el sector industrial en el que se utiliza. Así, por ejemplo, tomando como referencia los datos del Departamento de Comercio de los EE.UU. (BEA, 1993), cuando los equipos metalúrgicos se utilizan para la producción de materias primas tienen una vida útil media estimada de veintisiete años y cuando se utilizan para la producción de vehículos de motor ésta se ve reducida a catorce años.

considerarse el efecto que el progreso técnico y los ciclos económicos pueden tener sobre la vida útil media de los activos. Por tanto, debe tenerse presente que determinados activos pueden verse desplazados antes de finiquitar su vida útil, por la aparición de nuevos activos que resultan más eficientes y más rentables en términos económicos. Así pues, la duración de la vida útil de los activos se acorta tras una aceleración de la obsolescencia o se alarga cuando se experimenta una ralentización en las inversiones de reemplazamiento[81,82,83].

Por último, para cerrar esta rápida panorámica de los conceptos básicos relativos a la duración de la vida útil de los activos fijos reproducibles, debe introducirse una breve reflexión sobre la perdurabilidad a lo largo del tiempo de las estimaciones realizadas.

Teniendo en cuenta que las vidas útiles de los activos están correlacionadas con los movimientos de precios relativos, las modificaciones en la demanda del producto obtenido mediante la utilización de estos activos, la eficiencia de la gestión, las decisiones adoptadas para el mantenimiento de los activos, la obsolescencia imprevista, etc, resulta obvio que éstas pueden fluctuar según el período temporal que se tome como referencia para su determinación[84]. Por ello, el *Canberra Group on Capital Stock Statistics* (OECD, 1999)

---

[81] Por ejemplo, en el caso de Francia, Raoul y Rouchet (1980) establecen que a mediados de los años setenta se produjeron variaciones en la duración de la utilización de los equipos productivos y, también, cambios de ritmo en su renovación.

[82] En el volumen metodológico elaborado por la OECD (1993), que lleva por título *Methods Used by OECD Countries to Measure Stock of Fixed Capital*, se concluye que la composición de los stocks de capital productivo tienden a modificar su composición, aumentando la proporción de activos con duraciones de vida relativamente más cortas.

[83] En coyunturas de crisis económica pueden producirse liquidaciones de empresas que provoquen retiros prematuros de activos (ONS, 1997b).

[84] Así, por ejemplo, las estimaciones del stock de capital productivo de Australia y de Gran Bretaña se fundamentan en la hipótesis de unas duraciones de vida, para la mayoría de los activos, que menguan progresivamente desde la década de los años cincuenta (OECD, 1993). De igual modo, cuando Ritter (1997) presenta los datos con los que opera el *Statistisches Bundesamt*, informa que las vidas útiles medias de determinadas categorías de activos (entre las que se encuentran la de maquinaria y equipos, la de edificios residenciales y la edificios no residenciales) se han visto progresivamente recortadas entre la década de los años cincuenta y la década de los años noventa.

recomienda que se revisen periódicamente los valores asignados a las vidas útiles medias.

III.3.2.3.2. Funciones de retiro.

Tras haber presentado el concepto de vida útil de un activo, su relevancia analítica y las dificultades que plantea su medición, debe recordarse que el MIP estima el stock de capital bruto referido a un año determinado, acumulando las inversiones ya realizadas y deduciendo el valor acumulado de las inversiones que ya han sido retiradas. Por tanto, para aplicar este método que simula la acumulación debe identificarse el modelo que caracteriza la distribución de los retiros en torno a la vida útil media. Para determinar esta función y los parámetros que la caracterizan, debe analizarse la distribución estadística que presenta la variable tiempo de vida útil en una población de activos lo suficientemente grande, en condiciones de empleo y de obsolescencia que puedan calificarse como normales[85].

Considerando un conjunto de activos que forman parte de una población homogénea, como indica Sanz (1989), cuando se plantea el análisis de los retiros y la supervivencia puede identificarse una variable aleatoria T que informa del tiempo de utilización o vida útil que corresponde a cada uno de ellos.

El problema fundamental que se plantea en el análisis de los retiros se deriva de que la variable tiempo de utilización T sólo es observable si se prolonga la observación de un activo hasta el momento en que éste es retirado.

Los principales modelos estocásticos asociados al estudio del fenómeno de la supervivencia se expresan, normalmente, en función de dos variables referentes a hechos contrarios, sobrevivir a una edad concreta o no hacerlo. La variable *superar un tiempo de utilización*

[85] Esto es así, ya que los retiros pueden estar motivados por razones técnicas (daños accidentales, averías, etc) o económicas (aparición de tecnologías más eficientes, cambios en los precios relativos de los sustitutos técnicos, etc).

concreto t tiene como dominio los números reales positivos (R^+) comprendidos en el intervalo (t,V), siendo *V* aquella edad cuya probabilidad de ser superada es igual a 0, y que suele denominarse edad límite. Por otra parte el suceso contrario, la variable *no superar un determinado tiempo de utilización t*, tiene como dominio los reales positivos pertenecientes al intervalo (0,t). Lógicamente, al tratarse de dos sucesos contrarios, su suma ha de proporcionar la totalidad de los valores posibles que puede tomar la variable tiempo de utilización (0,V).

El tratamiento de las dos variables que se han presentado suele realizarse mediante la definición de una tercera variable, denominada usualmente *edad de retiro* (R). La edad de retiro es una variable continua definida en el intervalo (0,V), cuya función de distribución:

$$F(t) = P(R \leq t)$$

indica la probabilidad de no sobrevivir al momento *t*, es decir la probabilidad de que se encuentre retirado al finalizar el período *t*.

La distribución de probabilidad de *T*, por tanto, puede expresarse como una función de los retiros o como una función de supervivencia. De este modo, en términos de retiros, puede establecerse que:

$$t \in (0,V)$$
$$F(t) = P(R \leq t)$$
$$con\ F(0) = 0 \quad y \quad F(V) = 1$$

Lógicamente, la probabilidad del suceso contrario, sobrevivir a la edad t, puede determinarse a partir de la expresión (Chang y Rao, 1993):

$$S(t) = 1 - F(t)$$

obteniéndose que:

$$S(t) = P(R>t)$$

De este modo, la distribución de probabilidad que caracteriza al comportamiento aleatorio de la variable tiempo de utilización, puede quedar determinada por su función de supervivencia:

$$S(t) = P[T>t] \qquad 0 < t < \infty$$

por tanto, esta función proporciona la probabilidad de que el activo sobreviva al momento *t*.

Después de haber introducido algunas nociones básicas sobre las funciones de los retiros y las funciones de supervivencia, deben abordarse más detalladamente las soluciones que pueden adoptarse cuando se pretende modelizar el comportamiento probabilístico de la variable vida útil T [86].

Si se revisan las modelizaciones de la distribución de los retiros que han sido realizadas por las diversas agencias nacionales de estadística, se comprueba que se registra una gran diversidad en las especificaciones asignadas[87]. Revisando estas aportaciones pueden identificarse las funciones más relevantes:

a) Función de salida simultánea o modelo de muerte súbita.

[86] Debe precisarse que la modelización del comportamiento probabilístico de la variable *T*, se especificará exclusivamente mediante la función de retiro. Esta decisión se sustenta en el interés por garantizar la simplicidad en la presentación. No obstante, como ya se ha demostrado, debe considerarse que en este ámbito la traslación a un enfoque en el que la presentación se sustente en las funciones de supervivencia, no resulta excesivamente compleja pues se verifica la relación: $s_t = (1 - r_t)$.

[87] Esta circunstancia ha sido consignada por diversos autores (como Koumanakos (1980), Biorn *et al* (1985), Lebastard (1989), Le Laidier *et al* (1991), Delestré (1985), Mayes y Young (1994), Velázquez (1995), O'Mahony (1996), Jacob *et al* (1997), Meinen *et al* (1998), Blades (1998a), etc) y, también aparece reflejada en el *Draft Manual on Managenet of Capital Stocks* (OECD, 1999) elaborado por el *Canberra Group on Capital Stock Statistics*.

b) Función estrictamente lineal.

c) Función lineal retardada.

d) Función lognormal.

e) Función gamma.

f) Función winfrey.

g) Función weibull.

Antes de proceder a su análisis pormenorizado, conviene recordar que la problemática que conlleva la elección de la función de retiro adecuada no resulta independiente de la estimación de la vida útil media (Delestré, 1985). Algunos autores, como O'Mahony (1993b) y Maddison (1992), consideran que las vidas útiles medias son el parámetro más relevante cuando se discute la especificación del MIP, mientras que la influencia de la modelización de los retiros resulta menos crucial. Sin embargo, Meinen (1998) defiende que la elección de la función de retiros puede tener, junto con la estimación de las vidas útiles medias, un importante impacto en la medición del stock de capital.

Seguidamente, tras haber planteado estas consideraciones, se presentan las principales funciones que han sido utilizadas para modelizar el comportamiento de los retiros de los activos fijos reproducibles.

a) Función de salida simultánea o modelo de muerte súbita.

Cuando el modelo de los retiros se caracteriza por presentar muy poca dispersión, las duraciones de vida pueden considerarse iguales (Le Laidier *et al*, 1991). En este caso, puede asumirse una hipótesis según la cual los activos fijos adquiridos en un mismo momento del tiempo t, se retiran simultáneamente del stock llegado el momento V, sin que se haya producido ningún retiro en el intervalo $[t,V]$. A este modelo se le ha denominado de la muerte súbita o de salida simultánea y su aplicación requiere que resulte factible la clasificación de

los diferentes activos en categorías uniformes según su tasa de mortalidad.

Así pues, en esta función se supone que los activos se retiran del stock cuando llegan al final de su vida útil V. Por tanto, su función de retiros es:

$$r_x = \begin{cases} 0 & si\ x < V \\ 1 & si\ x = V \\ 0 & si\ x > V \end{cases}$$

Esta modelización de los retiros fue utilizada en el pasado en Francia (INSEE, 1984)[88], en Japón (O'Mahony, 1996), en Canadá (Wells, 1997) y en Gran Bretaña (ONS, 1997b). Sin embargo, actualmente se encuentra en desuso, pues no resulta plausible asumir que todos los activos de una deteminada generación se retiren del stock cuando alcancen la vida útil media establecida para la categoría a la que pertenencen (OECD, 1999).

b) Función estrictamente lineal.

En este modelo se presupone que los activos fijos reproducibles se retiran a una tasa igual y constante, desde el momento en que se instalan hasta que se alcanza su vida máxima V [89]. De este modo, su función de retiros adopta la forma:

$$r_x = \begin{cases} 0 & si\ x = 0 \\ \left(\frac{1}{V}\right) & si\ 0 < x \leq V \\ 0 & si\ x > V \end{cases}$$

[88] Este tipo de modelización de los retiros ha sido utilizada en Francia para la evaluación del capital fijo de las ramas no mercantiles.

[89] Velázquez (1995) plantea la igualdad $V = 2V_m$, siendo V_m la vida útil media del activo.

Ningún país de la OECD utiliza actualmente esta función de retiros para elaborar sus estadísticas regulares del stock de capital, aunque en Canadá se ha aplicado para realizar valoraciones alternativas del stock de capital que permitan evaluar la incidencia de la función de retiros seleccionada en los datos estimados (OECD, 1993; 1997).

c) Función lineal retardada.

Es una variante de la función estrictamente lineal, que se caracteriza porque los retiros tienen lugar en un período más corto, en torno a la vida útil media V_m. Su función de retiros es:

$$r_x = \begin{cases} 0 & si\ x \leq aV_m \\ \left(\dfrac{1}{(b\ -\ a)\ V_m}\right) & si\ aV_m < x \leq bV_m \\ 0 & si\ x > bV_m \end{cases}$$

Este tipo de modelización se utiliza en Gran Bretaña desde 1975, suponiendo que los activos fijos se retiran según una tasa constante durante un período comprendido entre el 80% y el 120% de la vida útil media (ONS, 1997b). En Nueva Zelanda se han utilizado cuatro tipos de funciones lineales retardadas, en las que los retiros se producen en un intervalo que abarca desde un ±25% hasta un ±83% de la vida útil media (OECD, 1993). Asimismo, Meinen *et al* (1999), miembros del departamento de cuentas nacionales de la agencia estadística holandesa, recomiendan la utilización de esta función basándose en sus propias experiencias.

Tras haber revisado estos tres primeros modelos, quedan pendientes de revisión las funciones de densidad campaniformes, que difieren entre sí por tener distintos grados de asimetría y curtosis. Estas funciones, que se presentan a continuación, son la lognormal, gamma, winfrey y weibull.

d) Función lognormal.

En esta distribución, el logaritmo de la variable se distribuye según una normal. Así pues, la distribución de retiros resulta de la forma:

$$r_x = \frac{1}{x}\,\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\,\frac{1}{\sigma}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Logx - \mu}{\sigma}\right)^2\right]$$

$$si \quad 0 \leq x \leq \infty$$

En Francia, se ha aplicado un modelo de simulación de la acumulación de las inversiones que contempla una ley de retiros lognormal para la evaluación del capital fijo de las ramas mercantiles (Le Laidier *et al*, 1991; INSEE, 1994). En Dinamarca también se ha utilizado esta función, aunque su aplicación ha quedado restringida al caso de los edificios no residenciales (Jensen, 1997).

e) Función gamma.

La variable aleatoria X tiene una distribución gamma si, estando definida para todos los valores reales comprendidos entre 0 e infinito, la función de densidad que caracteriza su distribución de retiros reviste la forma:

$$r_x = \begin{cases} \dfrac{\theta^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)}\, x^{\alpha-1}\exp(-\theta x) & si \quad x \geq 0\ ;\ \alpha,\theta > 0 \\ \\ 0 & en\ otro\ caso \end{cases}$$

siendo α y θ parámetros positivos y $\Gamma(\alpha)$ la integral euleriana de segunda especie[90]. La

[90] Para ampliar esta información se puede recurrir a la presentación de la distribución gamma y sus propiedades, realizada por Johnson y Kotz (1970).

distribución gamma puede presentar diversos perfiles para distintos valores de α y θ [91].

La función de densidad gamma ha sido la seleccionada en Alemania para modelizar diversas distribuciones de retiros[92].

f) Función winfrey.

Winfrey (1935) estudió en la *Engineering School* del *Iowa State College* la distribución de los retiros de ciento setenta y seis grupos de activos de capital fijo en el sector industrial de los Estados Unidos[93]. A partir de este análisis identificó dieciocho funciones de densidad con el objetivo de modelizar distintos comportamientos en los retiros y, de este modo, proporcionar un punto de partida sólido para poder identificar la curva teórica que mejor recogiese el comportamiento real de los retiros de un determinado activo fijo reproducible[94].

Esta familia de curvas puede desagregarse, según la forma de la distribución, en: siete funciones simétricas (*S*), cinco asimétricas por la derecha (*R*) y seis asimétricas por la izquierda (*L*) [95]. Para simplificar la presentación teórica, en este apartado únicamente se hará

---

[91] Como indica Lützel (1977), los estimadores máximo verosímiles para los parámetros α y θ son: $\alpha_e=V_m^2/S^2$ y $\theta_e=\alpha/x$; siendo x el año del retiro, V_m la vida útil media y S^2 la varianza de los retiros.

[92] Pueden consultarse los trabajos de Lützel (1977) y Ritter (1997), para conocer las especificaciones de esta función que utiliza el *Statistiches Bundesamt*.

[93] Debe destacarse que la aportación realizada por Winfrey planteó la modelización de una familia de funciones de retiro, tomando como sustento una sólida base de datos empíricos referida a una gran cantidad de activos. Lo inusual de este planteamiento, como indica la OECD (1993), radica en que las selecciones de las funciones de retiros que se realizan en los diversos países suelen apoyarse tan sólo en los datos obtenidos para un reducido número de activos.

[94] Mas *et al* (1993), recuerdan que el trabajo realizado por Winfrey encuentra sustento en la aportación realizada por Karl Pearson (Elderton, 1927). Asimismo, Blades (1998a) indica que Winfrey tomó como base para sus curvas los modelos desarrollados por los actuarios de seguros (Kurtz, 1930).

[95] En Tengblad y Westerlund (1976) se proporciona la representación gráfica de toda la famila de curvas de retiro Winfrey.

referencia de manera general a las distribuciones de retiros simétricas (que suelen estar identificadas por la letra *S* y un subíndice asignado en función del coeficiente de curtosis que toma valores desde *0* (curva con menos apuntamiento) hasta *6* (curva con más apuntamiento)[96].

Las distibuciones winfrey simétricas (*S*), que son las más simples, pueden deducirse partiendo de una relación del tipo:

$$k = \frac{\beta_1 (\beta_2 + 3)^2}{4 (4\beta_2 - 3\beta_1) (2\beta_2 - 3\beta_1 - 6)}$$

donde β_1 representa un coeficiente de asimetría y β_2 un coeficiente de curtosis, que se obtienen a partir de las expresiones:

$$\beta_1 = \frac{(m_3)^2}{(m_2)^3}$$

y

$$\beta_2 = \frac{m_4}{m_2}$$

siendo m_2, m_3 y m_4, los momentos muestrales respecto a la media de segundo, tercer y cuarto orden respectivamente.

[96] Esta decisión se ha tomado tras observar la complejidad de las curvas asimétricas (*L0, L1, L2, L3, L4, L5, R1, R2, R3, R4* y *R5*), en las que se requieren como mínimo doce parámetros para su especificación y, asimismo, tras comprobar que este tipo de distribuciones no se encuentran entre las que han sido utilizadas por los países de la OECD para modelizar los retiros de las carreteras. En cualquier caso, Blades (1998a) proporciona información sobre las distribuciones winfrey asimétricas.

De este modo, cuando k=0, β_1=0 y β_2<3, se identifica la expresión de la función que caracteriza a la familia de curvas winfrey simétricas (*S*):

$$y_x = y_o \left[1 - \frac{x^2}{a^2}\right]^m$$

donde y_x designa la ordenada de la función de densidad cuando la edad es x (tomando como origen la edad media), y_o la ordenada de la curva de frecuencia en su moda, x la edad y, por último, a y m los parámetros.

El *Canberra Group on Capital Stock Statistics* (OECD, 1999) plantea que, como ya se ha indicado anteriormente, la relevancia de esta familia de curvas radica en que fueron dearrolladas para reflejar el comportamiento de los retiros de determinadas categorías de activos. Asimismo, Blades (1998a) considera que su difusión se ha visto favorecida por la ausencia de estudios similares más recientes[97]. De este modo, si se revisa la utilización de esta distribución en la modelización del MIP, se comprueba que ha sido utilizada en diversos países de la OECD. Este es el caso, por ejemplo, de Estados Unidos (Munnell, 1990c), Australia (ABS, 1997), Suecia (Wolf, 1997a) y Dinamarca (1997).

Sin embargo, teniendo en cuenta que no existen en la actualidad muchos de los activos que fueron observados empíricamente por Winfrey y, también, que la estructura actual de los precios relativos de los factores puede ser significativamente distinta a la que caracterizó al periodo en que fueron deducidas, Blades (1998a) se pregunta si su aplicación puede continuar considerándose adecuada. Esta duda parece haber sido resuelta por el *Canberra Group on Capital Stock Statistics*, que ha recomendado recientemente la utilización de algunas de sus especificaciones (S_2 y S_3) para aquellos países que no disponen de evidencia empírica alguna.

[97] Sesenta años después de que apareciesen publicadas las distribuciones winfrey, Oliner (1996) ha concluido a partir de los datos obtenidos en una encuesta sobre retiros de maquinaria, que la distribución observada podría ser vista aproximadamente como una winfrey S_3.

g) Función weibull.

La distribución weibull se caracteriza por ser de fácil utilización (OECD, 1999) y, como han demostrado diversas investigaciones (Meinen *et al*, 1999), puede replicar satisfactoriamente los diversos modelos empíricos que caracterizan a los retiros. Dada esta versatilidad, la agencia estadística holandesa la ha utilizado para modelizar el comportamiento de los retiros de diversas categorías de activos (Meinen, 1998).

La distribución de retiros se identifica con una distribución de weibull, cuando el modelo probabilístico que los caracteriza presenta la forma:

$$r_x = \begin{cases} \dfrac{\alpha}{\theta^{\alpha}} x^{\alpha-1} \exp[-(x/\theta)^{\alpha}] & si \quad x>0\ ;\ \alpha,\theta>0 \\ \\ 0 & en\ otro\ caso \end{cases}$$

La distribución de weibull es una familia de distribuciones que, al igual que el caso de la distribución gamma, depende de dos parámetros: el de forma α y el de escala θ.

III.3.2.3.3. Funciones de depreciación.

De la misma manera que los modelos de retiros permiten efectuar la previsión para la renovación de las inversiones, las funciones de depreciación posibilitan la determinación de las amortizaciones. La identificación de estos modelos resulta crucial para la estimación del stock de capital neto mediante el MIP, ya que su cómputo conlleva la deducción del valor acumulado de la depreciación[98].

[98] Esta circunstancia resulta manifiesta en las ecuaciones 3.2 y 3.3

Tras explicitar la relevancia que conlleva la determinación del grado de depreciación de los activos en relación con su edad, resulta necesario acotar el concepto de amortización o más precisamente el concepto de consumo de capital fijo (CCF). Con este objetivo, debe indicarse que la amortización mide la depreciación económica acaecida en el curso del período considerado por un bien de capital fijo detentado por una determinada unidad[99]. Por tanto, en este ámbito, se detecta nítidamente la necesidad de modelizar las alteraciones que pueden producirse en los servicios que proporcionan los activos, como consecuencia del transcurso del tiempo, el desgaste motivado por el uso o la obsolescencia técnica que experimentan (Velázquez, 1995).

Así pues, tras haber revisado en el epígrafe anterior algunas de las funciones a las que se puede recurrir para captar la estructura de los retiros de los activos fijos reproducibles, ahora se plantea la necesidad de identificar qué función de depreciación (d_t) resulta adecuada para reflejar la pérdida de valor del activo en un determinado momento del tiempo[100]. Triplett (1996), como Hulten (1990), indica que el tratamiento de la depreciación ha sido uno de los aspectos más controvertidos en la medición de los stocks de capital[101].

Como indica Blades (1998b) la determinación de la depreciación resulta difícil, pues suele disponerse de poca información sobre el valor de mercado de los activos en el período que abarca desde el momento de su adquisición hasta aquél en el que son retirados. Esta circunstancia, según explica, ha conducido a que se asuma que dicho valor declina de un modo sistemático entre ambas fechas. Asimismo, como ha puesto de manifiesto el *Canberra Group on Capital Stock Statistics* (OECD, 1999), debe explicitarse que esta problemática se

[99] Esto es así cuando se verifica una utilización normal del mismo y una obsolescencia previsible.

[100] En una segunda etapa, se puede obtener la función de persistencia (p_t) planteando: $p_t = 1 - d_t$.

[101] Triplett (1996) considera que dicho debate tuvo su momento cumbre en 1972, cuando se produjo la confrontación entre los criterios de Denison (1972) y los de Jorgenson y Griliches (1972), pero éste todavía no ha sido resuelto completamente en la literatura.

plantea tanto para quienes elaboran las cuentas nacionales como para aquéllos que hacen lo propio con las contabilidades empresariales.

En este contexto, se comprueba que las agencias estadísticas suelen utilizar, en sus aplicaciones del MIP, modelizaciones de la depreciación de tipo lineal o geométrico. En cambio, en el caso de la contabilidad empresarial, además de estos dos, se han desarrollado otras soluciones alternativas. De entre ellas, debe destacarse la que constituye la aplicación del método denominado de la suma de dígitos, pues ha quedado contrastada su aplicabilidad en el ámbito de la contabilidad patrimonial (OECD, 1999)[102]. Por todo ello, puede concluirse que las principales opciones que se plantean en este ámbito de trabajo, cuando se pretende escoger la función de depreciación adecuada, son:

a) Método lineal.
b) Método de la suma de dígitos.
c) Método geométrico.

A continuación, se presentarán las características de cada uno de ellos y, también, algunas derivaciones en su utilización que resultan especialmente relevantes.

a) Método lineal.

Siguiendo este modelo de depreciación se supone que el capital se deprecia en la misma cuantía cada año. Por tanto la adopción de este criterio implica la aplicación de una tasa constante durante toda la vida del activo. Si se reparte el coste de adquisición inicial (I) *prorrata temporis* entre las unidades de tiempo que componen su duración de vida útil (V), resulta una depreciación (I/V) para cada uno de los períodos. Por tanto, la función de

[102] Blades (1998b) proporciona información sobre otros métodos que han sido aplicados en la contabilidad empresarial, pero que no resultan aptos por requerir información empresarial específica de difícil acceso para los compiladores de las cuentas nacionales.

depreciación toma la forma[103]:

$$d_x = \begin{cases} 0 & si\ x = 0 \\ \left(\frac{1}{V}\right) & si\ 0 < x \leq V \end{cases}$$

siendo x la edad del activo.

Koumanakos *et al* (1999) indican que la aplicación del método de depreciación lineal, que es el más simple, es una de las que se encuentran más generalizadas. Así, por ejemplo, como recuerdan Mas *et al* (1993) y Pérez *et al* (1995), EUROSTAT recomienda la utilización de este criterio en el Sistema Europeo de Cuentas Integradas (SEC). De igual modo, Blades (1998b), tras realizar una análisis comparativo de distintos métodos de depreciación, ha acabado concluyendo que el método lineal es el que proporciona un mejor ajuste para los mayoría de los patrones de comportamiento de la depreciación real. Asimismo, Meinen *et al* (1999), toman como base este trabajo, para proponer este tipo de modelización cuando plantean sus recomendaciones para aplicar el MIP.

Si se revisa la utilización de esta modelización en los desarrollos del MIP realizados por las diversas agencias estadísticas nacionales, se comprueba que ha sido aplicada en los Estados Unidos por el BEA (Munnell, 1990c; Baltagi y Pinnoi, 1995), en Gran Bretaña (ONS, 1997a), en Australia (ABS, 1997), en Noruega (Todsen, 1997), en Dinamarca (Jensen, 1997), en Suecia (Tengblad, 1993), Alemania (Ritter, 1997), entre otros.

b) Método de la suma de dígitos.

Con este modelo se asume que el valor de mercado decrece en una cuantía que declina

[103] Mayes y Young (1994), junto a Jacob *et al* (1997), entre otros, contemplan la utilización del criterio de depreciación lineal en sus estimaciones del stock de capital neto, operando con su correspondiente función de persistencia. En este caso dicha función queda caracterizada por la expresión: $p_x = (1 - (x/V))$ cuando $0 \leq x \leq V$.

linealmente a lo largo del período de vida del activo. De este modo, la depreciación acumulada a lo largo de la vida útil del activo iguala a su valor inicial. Así pues, la función utilizada en este caso para identificar la depreciación que debe imputarse a una inversión (I) con una edad x, es:

$$d_x = \begin{cases} 0 & si\ x = 0 \\ \dfrac{V - x + 1}{\left(\dfrac{V(V+1)}{2}\right)} & si\ 0 < x \leq V \end{cases}$$

En la primera versión del manual sobre gestión de stocks de capital (OECD, 1999), elaborado por el *Canberra Group on Capital Stock Statistics*, se presenta a este método como una buena opción para aproximar los patrones de depreciación de los activos fijos, destacando su adecuación para ser utilizado por las agencias estadísticas para estimar el CCF.

c) Depreciación geométrica.

Este método conlleva asumir que el valor de mercado de los activos decrece en un ratio constante en cada período. Por tanto, en este planteamiento se presupone una utilización más intensiva del activo fijo en los primeros años de su vida activa, por lo que cantidad depreciada es mayor en los años iniciales y decrece progresivamente en los sucesivos períodos[104]. Además, como consiste en aplicar un ratio de depreciación constante al valor inicial del activo, resulta idóneo para imputar la depreciación al stock de capital existente en el período

[104] Velázquez (1995) considera que la adopción de este criterio de depreciación resulta más realista que la del procedimiento lineal, cuando se modeliza la caida en el flujo de servicios derivado de un bien de capital, ya que en un gran número de activos fijos reproducibles el flujo de servicios cae mucho al principio de su vida útil y luego esta caída se ralentiza.

anterior. La expresión que caracteriza al modelo es[105]:

$$d_x = \begin{cases} 0 & si\ x = 0 \\ \frac{R}{V}\left(1 - \frac{R}{V}\right)^{x-1} & si\ 0 < x \leq V \end{cases}$$

siendo R/V el factor de depreciación, V la vida útil y R el ratio de declinación[106,107].

Cuando se revisa la literatura existente, se comprueba que existen diversas maneras de calcular el ratio de declinación R:

c.1) La primera opción consiste en operar con la especificación que suele referirse en la literatura económica anglosajona como, ya que implica que la depreciación calculada en el primer período es el doble de la que se obtendría en el método lineal. Esta solución consiste en asignar el valor 2 a R.

Koumanakos *et al* (1999) han utilizado esta especificación, comparándola con la metodología empleada por el BEA en los Estados Unidos, cuando exploran la metodología que puede resultar más adecuada para modelizar la depreciación de los activos fijos en Canadá. De igual modo, en Suecia se ha elaborado una especificación del MIP, alternativa a la utilizada anteriormente (Tengblad y Westerlund, 1976), en la se introduce el criterio del *double*

---

[105] Berndt (1991), Stevens (1994) y Jacob *et al* (1997), refieren la utilización del criterio de depreciación geométrico para realizar las estimaciones del stock de capital neto. A este método, nombrado por estos autores como *exponential decay*, le corresponde una función de persistencia caracterizada por la expresión: $p_x = (1 - \delta)^x$ cuando $x \geq 0$. En este caso, δ designa el ratio de depreciación de los activos.

[106] Hulten y Wykoff (1980) apuntan que puede resultar más adecuada la utilización de un modelo de depreciación decreciente, proponiendo la utilización de un método al que denominan *declining balance depreciation*. Según este criterio el modelo que caracteriza la depreciación durante los dos primeros tercios de la vida útil del activo es: $d_x = (1{,}5/V)\ (1 - (1{,}5/V))^{x-1}$

[107] Martín y Moreno (1991) afirman que la mayoría de los trabajos que utilizan el MIP para el cálculo del stock de capital definen la tasa de depreciación como una función de la vida útil de los activos (V), del tipo R/V, donde R suele tomar los valores 1, 1.5 y 2.

declining balance.

c.2) Otra posibilidad consiste en asignar a R un valor que asegure que, al final de la vida útil del activo (V), un determinado porcentaje (g) de su valor aún no haya sido depreciado. Para cumplir con este objetivo, el valor de R puede calcularse a partir de (OECD, 1999):

$$R = V\,(1 - g^{1/V})$$

c.3) Por último, resulta relevante presentar la solución adoptada por el *Bureau of Economic Analysis* en Estados Unidos. En este caso, se utiliza la evidencia empírica que proporcionan los estudios de los precios de los activos de segunda mano para determinar el valor de R. (Fraumeni, 1997).

Tras haber revisado las diversas maneras de calcular el ratio de declinación R, debe introducirse una reflexión sobre un aspecto crucial que caracteriza a esta distribución y debe ser tenido en cuenta cuando ésta se utiliza en el MIP. Esto es así debido a que el método de depreciación geométrica, en su especificación genérica, implica que el activo no se encuentre totalmente depreciado al alcanzar su vida útil. De este modo, cuando se opera con esta función la cuantía de la depreciación asignada en cada período conlleva que el valor del activo decrecezca asintóticamente. La evidencia de esta circunstancia explica que su traslación empírica se encuentre caracterizada por la adopción de diversas soluciones metodológicas.

Una posible solución consiste en que, en el último año de la vida útil del activo, se agregue su valor residual a la depreciación calculada para dicho período. Esta práctica se ha implementado en diversos países que utilizan depreciación geométrica en sus estimaciones con el MIP. En estos países, siguiendo la solución presentada antes en *c.2*, se suele calcular el valor de R que comporta que al final de la vida útil del activo quede un diez por ciento (g = 0.1) de su valor sin depreciar (OECD, 1999).

Como alternativa a la opción del método de depreciación geométrica finita, que acaba de presentarse, existe otra solución que plantea ajustar arbitrariamente el ratio de depreciación geométrica para que el valor inicial del activo esté completamente depreciado cuando se alcanza el final de su vida útil. Esta solución es la que suele referirse como método de depreciación geométrica ajustada. Koumanakos *et al* (1999) describen una aplicación del método en Canadá, que plantea la introducción de un ajuste en la función de distribución que garantice que queda definida un área unitaria por debajo de la distribución truncada. Esta opción supone un proceso de depreciación más acelerado durante parte de la vida del activo.

Frente a estas dos soluciones, debe presentarse la adoptada por el BEA en los Estados Unidos para elaborar sus nuevas estimaciones del stock de capital. En este caso, a diferencia de los anteriores, se considera conveniente calcular el CCF utilizando una función de depreciación geométrica no truncada (Katz y Herman, 1995; Fraumeni, 1997; Jorgenson, 1999). Aunque no parece plausible asumir que los activos continúen contribuyendo a la producción *ad infinitum*, se argumenta la conveniencia de esta modelización explicando que a aquellos activos que tienen vidas útiles cortas les corresponden ratios de declinación (R) elevados y, en consecuencia, su contribución resulta despreciable poco después de alcanzar la vida útil media. Por otro lado, cuando se opera con aquellos activos cuyas vidas útiles pueden considerarse largas, como los edificios y otras infraestructuras, los valores asignados a sus ratios de declinación son mucho más reducidos, por lo que continúan influyendo significativamente en el nivel del stock de capital neto más allá de la vida útil media.

Finalmente, para completar esta revisión de las principales opciones que se plantean en este ámbito de trabajo, cuando se pretende escoger la función de depreciación adecuada, puede presentarse un patrón de depreciación que ha sido poco utilizado en las especificaciones del MIP. Éste es el método de depreciación retardada o hiperbólica, que ha sido aplicado por el *U.S. Bureau of Labor Statistics* (1983) y, también, por Ball *et al* (1993) , para elaborar sus

estimaciones del stock de capital. La expresión que caracteriza a este modelo es[108]:

$$d_x = \begin{cases} 0 & si\ x = 0 \\ \dfrac{V - (x - 1)}{V - \beta\,(x - 1)} - \dfrac{V - x}{V - \beta\, x} & si\ 0 < x \leq V \end{cases}$$

siendo x la edad del activo, V su vida útil y β el parámetro de curvatura[109].

III.3.2.4. Modelos de simulación de la acumulación.

Después de haber realizado la presentación conceptual y metodológica de la duración de la vida útil de los activos, de las funciones de retiro y de las funciones de depreciación, recogidas respectivamente en los epígrafes III.3.2.3.1 a III.3.2.3.3, ahora se plantea la necesidad de revisar los vínculos existentes entre duración de vida, retiros y amortización.

Llegados a este punto, conviene recordar que la metodología que conlleva la implementación del MIP sustenta la obtención de las estimaciones del stock de capital, en un determinado momento del tiempo, en la identificación de un modelo de simulación de la acumulación de las inversiones precedentes. De este modo, se plantea la agregación del valor que presentan las inversiones pasadas, debiendo considerar los retiros y la depreciación de los activos en cada período, para obtener una estimación (en términos netos) del stock de capital existente. Por tanto, en el contexto esbozado, estos vínculos se pueden resumir estableciendo que, con el transcurso del tiempo, los flujos de inversión generan flujos de amortización y, ulteriormente, generan flujos de retiros al encontrarse completamente amortizados al final de su período de utilización.

---

[108] Jacob *et al* (1997), también utilizan este criterio de depreciación en sus estimaciones del stock de capital, identificando su correspondiente función de persistencia, que en este caso queda caracterizada por la expresión: $p_x = (V - x) / (V - \beta)$ cuando $0 \leq x \leq V$.

[109] Ball *et al* (1993) y Koumanakos *et al* (1999) indican que en las aplicaciones corriente del método de depreciación retardada, el valor de β es igual a 0.75 para las infraestructuras y 0.5 para la maquinaria y equipamientos.

Tras haber introducido de manera general la problemática aquí tratada, puede abordarse con una mayor grado de concreción la revisión de algunos de los modelos de acumulación que sustentan las principales soluciones adoptadas para la implementación del MIP. Cuando el análisis se ciñe a la búsqueda de modelos que resulten adecuados para los activos fijos reproducibles, pueden identificarse diversas opciones. Siguiendo a Mairesse (1972), Lebastard (1989), Le Laidier *et al* (1991), éstas se concretan en:

a) Modelo de muerte súbita.

b) Modelo general.

c) Modelo con tasa de amortización constante.

d) Modelo con tasa de retiro constante.

Antes de revisar cada uno de estos modelos de acumulación, reflexionando sobre la elección del modelo, la estimación de sus parámetros y las condiciones de su utilización, conviene recordar que dichos modelos resultan de la solución de las ecuaciones 3.1 y 3.2, que ya han sido presentadas[110]. Asimismo, antes de profundizar en sus desarrollos, cabe precisar que la presentación de los resultados se realiza en términos discretos para conferir una mayor simplicidad, encontrándose condicionada dicha ilustración por la supuesta disponibilidad de la serie de las inversiones I(t) referida a un período suficientemente largo. No obstante, para ilustrar el desarrollo de un modelo de acumulación formulado en tiempo contínuo, puede consultarse el Anexo I en el que se presenta el caso particular del modelo general.

[110] Si se quiere adoptar una formulación contínua, entonces las dos ecuaciones se formulan como ecuaciones diferenciales. De este modo:

$$d[KB(t)]/dt = I(t) - R(t)$$

$$d[KN(t)]/dt = I(t) - D(t)$$

III.3.2.4.1. El modelo de muerte súbita.

Si se comparan los diversos modelos de acumulación que se pueden plantear para estimar el valor de los activos fijos producidos, se comprueba que el modelo de muerte súbita es el más simple. En este modelo se asume una hipótesis sobre la inversión (I_t), que resulta muy restrictiva[111]. Según esta hipótesis, todos los equipos tienen una misma duración de vida (V), y ésta se considera constante en el tiempo[112]. Por consiguiente, la utilización de este modelo tan sólo se encuentra justificada cuando se utilizan nomenclaturas de los activos que se caracterizan por presentar una gran homogeneidad interna.

De acuerdo con este modelo, la inversión realizada en el momento *n* comportará un retiro único en la fecha *n+v*, verificándose esta relación para cualquier valor de *n*. Por tanto, en el modelo de muerte súbita el retiro (*R*) que se produce en la fecha *n* corresponde a la inversión (*I*) efectuada en la fecha *n-v*. Así pues:

$$R_n = I_{n-v} \tag{3.21}$$

y, partiendo de la igualdad recogida en la ecuación (3.1), se deduce que:

$$KB_n = KB_{n-1} + I_n - R_n =$$

$$= (I_{n-1} + I_{n-2} + ... + I_{n-(v-1)} + I_{n-v}) + I_n - I_{n-v}$$

De este modo, se verifica que el capital bruto en la fecha *n* se encuentra constituído por la agregación de las inversiones que aún no han sido retiradas.

---

[111] No obstante, en opinión de diversos autores, este modelo conduce en determinados casos a resultados bastante satisfactorios a pesar de ser el más simple. Por tanto, uno de los factores que puede justificar la elección de esta metodología puede ser la simplicidad de los cálculos que conlleva (Le Laidier *et al*, 1991).

[112] En Francia, el modelo de muerte súbita se utiliza en el SECN base 1980 para la estimación del capital fijo en las administraciones públicas y privadas (ramas no mercantiles). Las duraciones de vida empleadas son de 10 años (materiales de transporte), 18 años (otros materiales), 30 años (edificaciones). También se utiliza en Italia para la estimación del capital fijo productivo (Lebastard, 1989).

Así pues, se puede escribir:

$$KB_n = \sum_{i=0}^{v-1} I_{n-i} \qquad (3.22)$$

Para abordar la evaluación del capital neto, se debe determinar cuál debe ser la regla de cálculo de la amortización[113].

Cuando se aplica un criterio de amortización lineal, considerando que la cuantía de la inversión realizada en la fecha n es I, deberá amortizase en cada período, desde $n+1$ hasta $n+v$, una cantidad constante (I/v). Tomando como referente la fecha $n+i$ (siendo $i<v$), la amortización acumulada correspondiente a dicha inversión será $(I.i)/v$ y la inversión neta en esta fecha podrá determinarse entonces a partir de: $I.(1-i/v)$. Según este planteamiento, por tanto, en el momento $n+v$ se amortiza la cantidad I/v, produciéndose el retiro simultáneo de la inversión I realizada en el momento n (Lebastard, 1989).

En este contexto, el capital neto puede calcularse agregando las inversiones pasadas y disminuyéndolas según sus amortizaciones. Considerando una duración de vida v, el sumatorio debe abarcar desde el período $n-v$ hasta n.

Por tanto:

$$KN_n = \sum_{i=0}^{v-1} I_{n-i} \, [1 - i/v] \qquad (3.23)$$

Para determinar la amortización en la fecha n, deben sumarse las amortizaciones de las inversiones que aún no se han retirado. De acuerdo con el criterio seleccionado se deduce que:

[113] Lebastard (1989) y Le Laidier *et al* (1991), indican que en este caso debe adoptarse la convención de una amortización lineal sobre la duración de vida.

$$A_n = \sum_{i=1}^{v} \frac{I_{n-i}}{v} \qquad (3.24)$$

Recordando la expresión (3.22), puede reformularse la ecuación (3.24) obteniéndose:

$$A_n = \frac{KB_{n-1}}{v}$$

De este modo se constata que basta con disponer de la serie de las inversiones para poder evaluar las restantes componentes del modelo.

Para concluir la presentación del modelo de acumulación denominado de muerte súbita, debe indicarse que su aplicación tan sólo se encuentra justificada en aquellos casos en los que las nomenclaturas utilizadas garanticen que en el nivel en el que se efectúa el cálculo pueda postularse una gran homogeneidad del activo y, por tanto, una identidad en las duraciones de vida. Por tanto, la implementación de este método no resulta adecuada cuando debe operarse con nomenclaturas muy generales, pues en este caso no resulta muy realista plantear la identidad de las duraciones de vida.

III.3.2.4.2. El modelo general.

Como indican Lebastard (1989), Le Laidier *et al* (1991), tras haber presentado el modelo de muerte súbita, se observa que resulta muy restrictiva la introducción de una hipótesis según la cual todos los activos presentan la misma duración de vida. Esta circunstancia conduce a la reflexión sobre la utilidad que pueda conllevar plantear un modelo de acumulación menos restrictivo. De este modo, teniendo en cuenta que los activos pertenecen a diferentes categorías de bienes, puede suponerse su heterogeneidad, aunque se siga postulando la homogeneidad

en las duraciones de vida en el seno de cada una de estas categorías[114].

Por tanto, cuando se formula el modelo general de acumulación se conviene que tras considerar las duraciones de vida de los activos, éstos se caracterizan porque:

Una proporción p_1 de los activos presenta una duración de vida de *1*.
Una proporción p_2 de los activos presenta una duración de vida de *2*.
.. ..

constante en el tiempo, o bien se puede introducir otra interpretación del modelo más ajustada a la realidad general según la que se considera que los equipos son heterogéneos con una duración de vida aleatoria.

Antes de desarrollar el segundo escenario que se acaba de esbozar, conviene recordar que en este caso la duración de vida se encuentra caracterizada por una distribución de probabilidad a la que se va a identificar como P. [117]

Por tanto, p_i representa la probabilidad de que una inversión realizada en la fecha n se retire en la fecha $n+i$, siendo esto así para cualquier valor de n.

Asimismo, por ser P una distribución de probabilidad, deberán verificarse las siguientes condiciones:

$$p_i > 0$$

$$\sum_{i=1}^{\infty} p_i = 1$$

Continuando la presentación del modelo general, llega el momento de abordar el análisis de los retiros y el capital bruto. Así, tras haber precisado que la duración de vida se encuentra caracterizada por una distribución de probabilidad P, se puede considerar que dada una inversión I_{n-i} que ha sido realizada en la fecha n-i, ésta puede descomponerse en:

a) Una proporción $[p_1 + p_2 + \ldots + p_{i-1}]$ que ha sido retirada antes de la fecha n.

b) Una proporción p_i se retira en la fecha n, representando $I_{n-i}\, p_i$ la cuantía del retiro.

c) Y, finalmente, una proporción $[p_{i+1} + p_{i+2} + \ldots]$ que aún no ha sido retirada en la

[117] Se plantea ahora un problema, cuya resolución deviene necesaria, que radica en identificar cuál es la ley de probabilidad que mejor caracteriza la duración de vida para una determinada categoría de activos.

fecha *n*, siendo la parte de la inversión que resta pendiente de retiro:

$$I_{n-i} \sum_{j=i+1}^{\infty} p_j$$

De este modo, se puede calcular el retiro que debe producirse en la fecha n, sumando las partes de las inversiones I_{n-i} que deberán ser retiradas en el momento *n*. Por tanto, puede plantearse que:

$$R_n = \sum_{i=1}^{\infty} I_{n-i}\, p_i$$

De manera análoga, el capital bruto en la fecha *n* puede calcularse mediante la agregación de las partes de las inversiones I_{n-i} que aún no han sido retiradas en la fecha *n*. Así, se obtiene:

$$KB_n = \sum_{i=0}^{\infty} I_{n-i} \left(\sum_{j=i+1}^{\infty} p_j \right)$$

En lo referente a las reglas de amortización y a la determinación del capital neto en el contexto del modelo general, según Lebastard (1989) y Le Laidier *et al* (1991), resulta apropiado adoptar la convención de una amortización lineal durante la vida útil del equipo.

Interpretando los coeficientes p_i como los porcentajes correspondientes a cada una de las duraciones de vida *i*, dada una determinada inversión I_{n-i} efectuada en la fecha *n-i*, se puede establecer que:

a) Las proporciones $[p_1, \ldots, p_{i-1}]$ se encontrarán totalmente amortizadas en la fecha *n*.

b) La proporción p_i se amortizará por una cuantía *1/i* en el momento *n*.

c) Las proporciones $[p_{i+1}, p_{i+2}, ...]$ se amortizarán respectivamente por una cuantía $(1/(i+1), 1/(i+2), ...)$ en la fecha *n*.

En este contexto, puede determinarse la amortización de la inversión I_{n-i} en la fecha *n*, mediante la expresión:

$$I_{n-i} \left(\sum_{j=i}^{\infty} \frac{p_j}{j}\right)$$

Asimismo, la amortización acumulada en la fecha *n* de la inversión efectuada en la fecha *n-i*, es:

$$I_{n-i} \left[\sum_{j=1}^{i} p_j + \sum_{j=i+1}^{\infty} p_j \frac{i}{j}\right] \qquad \textbf{(3.25)}$$

Por otro lado, considerando que:

$$\sum_{j=1}^{i} p_j = 1 - \sum_{j=i+1}^{\infty} p_j$$

puede reescribirse la ecuación (3.25), obteniéndose:

$$I_{n-i} \left((1 - \sum_{j=i+1}^{\infty} p_j) + (\sum_{j=i+1}^{\infty} p_j \frac{i}{j})\right) =$$

$$= I_{n-i} \left(1 - \sum_{j=i+1}^{\infty} (p_j - p_j \frac{i}{j}\right) =$$

$$= I_{n-i} \left(1 - \sum_{j=i+1}^{\infty} (1 - \frac{i}{j}) p_j\right)$$

que representa la parte de la inversión que ya se encuentra amortizada en el momento *n*.

Por lo tanto, en el momento *n*, puede identificarse la siguiente expresión de cálculo para la inversión neta:

$$I_{n-i} \sum_{j=i+1}^{\infty} p_j \left(1 - \frac{i}{j}\right) \qquad \textbf{(3.26)}$$

Si se consideran todas las inversiones globalmente, se puede plantear el cálculo de la amortización total A_n en la fecha *n*, como la suma de las amortizaciones correspondientes a las inversiones efectuadas en las fechas *n-i*.[118] De este modo, agregando las diversas expresiones que configuran la amortización acumulada de la inversión I_n, se obtiene:

$$A_n = \sum_{i=1}^{\infty} I_{n-i} \left(\sum_{j=i+1}^{\infty} \frac{p_j}{j}\right)$$

Para la determinación de la expresión de cálculo del capital neto en la fecha *n*, se conviene que dicha fórmula debe contemplar la agregación de las inversiones realizadas en el pasado disminuidas según sus amortizaciones. Tomando como referencia lo expuesto en la expresión (3.26), puede plantearse que el capital neto verifica la siguiente relación:

$$KN_n = \sum_{i=0}^{\infty} I_{n-i} \left(\sum_{j=i+1}^{\infty} p_j \left(1 - \frac{i}{j}\right)\right)$$

Así pues, como se ha demostrado, el modelo general de acumulación queda plenamente caracterizado por las cuatro relaciones siguientes:

$$R_n = \sum_{i=1}^{\infty} I_{n-i}\, p_i \qquad \textbf{(3.27)}$$

[118] Donde *i* presenta un recorrido que abarca desde uno hasta infinito.

$$KB_n = \sum_{i=0}^{\infty} I_{n-i} \left(\sum_{j=i+1}^{\infty} p_j \right) \tag{3.28}$$

$$A_n = \sum_{i=1}^{\infty} I_{n-i} \left(\sum_{j=i}^{\infty} \frac{p_j}{j} \right) \tag{3.29}$$

$$KN_n = \sum_{i=0}^{\infty} I_{n-i} \left(\sum_{j=i+1}^{\infty} p_j \left(1 - \frac{i}{j}\right) \right) \tag{3.30}$$

Finalmente, como indica Lebastard (1989), cuando se encuentra disponible la serie temporal de las inversiones realizadas, debe abordarse la tarea de modelizar la ley de mortalidad (o de duración de vida) de éstas, en función de consideraciones teóricas y/o empíricas[119]. Tras la resolución adecuada del problema que plantea dicha modelización, podrán evaluarse las componentes del modelo: R_n , KB_n , A_n y KN_n.

Cuando se disponga de una (o más) estimaciones de capital bruto (o neto), sin tener completa la serie cronológica de inversiones, deberá realizarse una modelización en la que se ajuste la relación entre las variables: R_n , KB_n , A_n y KN_n . Con la inclusión de esta ecuación suplementaria, deberá resultar factible determinar la ley de mortalidad, sobre la que no se ha formulado ninguna hipótesis explícitamente y, a posteriori, la estimación de las variables del modelo para las ecuaciones (3.27) a (3.30)[120].

[119] Como ya se ha indicado en el epígrafe III.3.2.3.2., las distribuciones de probabilidad escogidas por los diversos institutos nacionales de estadística para modelizar la ley de mortalidad de las inversiones, son clásicas en el ámbito de la Estadística. Así, entre las escogidas se encuentran: la distribución lognormal (Francia), winfrey (EE.UU., Suecia), gamma (Alemania), lineal retardada (Gran Bretaña), etc.

[120] También el modelo de la muerte súbita participa de esta lógica. Como puede comprobarse, si se ajusta a las relaciones de base (3.1) y (3.2) una relación del tipo:

$$A_n = \varphi \, KB_{n-1}$$

entonces el modelo se encuentra definido por una ley de muerte súbita con una duración de vida igual a $1/\varphi$.

III.3.2.4.3. Modelo con tasa de amortización constante.

Cuando sólo se dispone de algunas estimaciones puntuales del capital neto, se impone la necesidad de completar la modelización incluyendo una ecuación suplementaria que relacione la amortización con el capital neto y que permita determinar la ley de mortalidad, sobre la que no se introduce ninguna hipótesis explícita. De este modo se podrá calcular el capital y la inversión.

Lebastard (1989) introduce la hipótesis de que la amortización global es decreciente. Por tanto, la amortización A_n en la fecha n se concibe como una fracción constante α del capital neto en la fecha precedente *(n-1)*.[121]

Por tanto, ahora el modelo se encuentra definido por las siguientes ecuaciones[122]:

$$KN_n = KN_{n-1} + I_n - A_n$$

$$A_n = \alpha\ KN_{n-1}$$

En este caso las incógnitas son los parámetros p_i de la ley de mortalidad de las inversiones, que se trata de expresar en función de α. Resolviendo el modelo se podrán calcular los retiros y el capital bruto. Así pues, la primera etapa que deberá cubrirse para la resolución del modelo consistirá en expresar las p_i en función de α.

---

[121] En este epígrafe, la nomenclatura utilizada para designar a la tasa de amortización en las ecuaciones será α.

[122] La ecuación de comportamiento

$$A_n = \alpha\ KN_{n-1}$$

implica que las amortizaciones son lineales en los niveles elementales (para una duración de vida p_i), pero decrecientes a nivel global.

Para obtener la expresión de la ley de mortalidad en función de las tasas de amortización, se parte de las expresiones de A_n y KN_n, ya presentadas en el epígrafe del modelo general, debiendo reescribirse la ecuación de comportamiento en función de las p_i. De este modo, se concluye que:

$$A_n = \sum_{i=1}^{\infty} I_{n-i} \sum_{j=i}^{\infty} \frac{p_j}{j} = \alpha \left(\sum_{i=0}^{\infty} I_{n-1-i} \sum_{j=i+1}^{\infty} p_j \frac{(j-i)}{j}\right) = \alpha \left(\sum_{i=1}^{\infty} I_{n-i} \sum_{j=1}^{\infty} p_j \frac{(j-i+1)}{j}\right)$$

Esta relación, según establece Lebastard (1989), deberá verificarse para toda la serie de inversiones, siendo idénticos los coeficientes de las I_{n-i}. Por consiguiente, para todo i, se obtiene que:

$$\sum_{j=i}^{\infty} \frac{p_j}{j} = \alpha \sum_{j=i}^{\infty} p_j \frac{(j-i+1)}{j} \qquad \textbf{(3.31)}$$

Reescribiendo la expresión (3.31) para $i+1$, resulta:

$$\sum_{j=i+1}^{\infty} \frac{p_j}{j} = \alpha \sum_{j=i+1}^{\infty} p_j \frac{(j-i-1+1)}{j} \qquad \textbf{(3.32)}$$

A continuación, planteando y resolviendo la diferencia entre (3.31) y (3.32), se verifica que:

$$\frac{p_i}{i} = \alpha \frac{p_i}{i} + \alpha \sum_{j=i+1}^{\infty} \frac{p_j}{j}$$

y, operando se llega a:

$$(1-\alpha) \frac{p_i}{i} = \alpha \sum_{j=i+1}^{\infty} \frac{p_j}{j} \qquad \textbf{(3.33)}$$

Si se reescribe la ecuación anterior para *i-1*, se tiene:

$$(1-\alpha)\ \frac{p_{i-1}}{i-1} = \alpha \sum_{j=i}^{\infty} \frac{p_j}{j} \qquad \textbf{(3.34)}$$

y, calculando la diferencia entre (3.33) y (3.34):

$$(1-\alpha)\ \left(\frac{p_{i-1}}{i-1} - \frac{p_i}{i}\right) = \alpha\ \frac{p_i}{i} \qquad \textbf{(3.35)}$$

Así, a partir de la expresión (3.35), se deduce que se puede calcular la amortización en un período mediante:

$$\frac{p_i}{i} = (1 - \alpha)\ \frac{p_{i-1}}{i-1}$$

por tanto, se llega a la solución general siguiente:

$$\frac{p_i}{i} = (1 - \alpha)^{i-1}\ p_1$$

Considerando el caso particular en que $p_1=\alpha$, entonces el modelo se encuentra definido por una ley de duración de vida de la forma:

$$p_i = i\ \alpha\ (1 - \alpha)^{i-1}$$

Si se introduce la expresión identificada para p_i en R_n, KB_n, A_n y KN_n, pueden identificarse las siguientes expresiones:

$$R_n = \sum_{i=1}^{\infty} I_{n-i}\ i\ \alpha\ (1 - \alpha)^{i-1} \qquad \textbf{(3.36)}$$

$$KB_n = \sum_{i=0}^{\infty} I_{n-i}\ \alpha\ (i + 1)\ (1 - \alpha)^i \qquad \textbf{(3.37)}$$

$$A_n = \sum_{i=1}^{\infty} I_{n-i}\ \alpha\ (1 - \alpha)^{i-1} \qquad \textbf{(3.38)}$$

$$KN_n = \sum_{i=0}^{\infty} I_{n-i}\ (1 - \alpha)^i \qquad \textbf{(3.39)}$$

Tras haber podido identificar las relaciones recogidas en las ecuaciones (3.36), (3.37), (3.38) y (3.39), la segunda etapa que deberá considerarse para la resolución del modelo consistirá en abordar la estimación del parámetro α. No obstante, como se puede comprobar, operando con este modelo no se puede determinar α si no se dispone de información complementaria.

Para resolver el problema que plantea la estimación del parámetro, se pueden identificar dos vías de actuación. La primera de ellas, plantea la estimación de α a partir de la duración de vida media V_m. Por lo tanto, la aplicación de éste método requiere la disponibilidad de información sobre la duración de vida de los activos estudiados.

La duración de vida media V_m, para una determinada categoría de activos, se obtiene como la media ponderada (según las p_i) de las duraciones de vida elementales i.

Así pues:

$$V_m = \sum_{i=1}^{\infty} i\ p_i =$$

$$= \sum_{i=1}^{\infty} i\ (i\ \alpha\ (1 - \alpha)^{i-1})$$

y, por tanto se llega a:

$$V_m = \alpha \sum_{i=1}^{\infty} i^2 (1 - \alpha)^{i-1}$$

pudiéndose identificar la relación:

$$V_m = \frac{2}{\alpha} - 1$$

Así pues, si se dispone, a partir de otras fuentes adicionales, de la información necesaria para determinar la duración media de vida (V_m) del capital, se puede estimar α planteando:

$$\alpha = \frac{2}{1 + V_m}$$

La segunda vía de actuación que puede plantearse para resolver el problema que resulta de la necesidad de estimar el parámetro α, encuentra su sustento básico en la utilización de evaluaciones exógenas del capital neto[123].

De este modo, ahora se van a suponer conocidas las cuantías de KN_t y KN_n, siendo $n>t$, y la serie de las inversiones realizadas entre estas dos fechas.

Asimismo, considerando la relación:

$$KN_n = (1 - \alpha)\, KN_{n-1} + I_n$$

se puede deducir la siguiente expresión:

$$KN_n = I_n + (1 - \alpha)\, I_{n-1} + \ldots + (1 - \alpha)^{n-t-1} I_{t+1} + KN_t$$

[123] Para obtener estas evaluaciones exógenas se puede recurrir, por ejemplo, a la realización de estudios empíricos sustentados en encuestas.

Por consiguiente, se demuestra que a partir del conocimiento de los stocks KN_t y KN_n, y de la serie de inversiones realizadas en el período que abarca de *t* a *n*, se puede determinar el valor de α que ajusta mejor los datos disponibles. Así pues, debe realizarse una aproximación por tanteo para asignar el valor que corresponde a α en esta ecuación[124].

III.3.2.4.4. Modelo con tasa de retiro constante.

En el modelo de acumulación anterior se ha introducido una tasa de amortización constante. De esta manera, se amortiza una proporción constante del capital neto en cada período. De igual modo, se puede diseñar un modelo en el que se adopte la convención de suponer que se retira una parte constante del capital bruto en cada período.

En este caso, el modelo se encuentra definido por las ecuaciones siguientes:

$$KB_n = KB_{n-1} + I_n - R_n$$

$$R_n = \beta \; KB_{n-1}$$

Este modelo se caracteriza por su semejanza formal con el precedente, adoptando una ley de duración de vida de la forma:

$$p_i = \beta \; (1-\beta)^{i-1}$$

Ahora, de igual modo que en el modelo con tasa de amortización constante, para resolver el problema que plantea la estimación del parámetro β, se presentan dos posibilidades. En primer lugar, el parámetro β se puede expresar en función de la duración media de vida (V_m),

[124] En el SECN base 80, se utiliza el modelo con tasa de amortización constante para estimar el stock de capital en construcciones residenciales. Y, se opera estimando el valor de α que se ajusta mejor a los datos que proporcionan las encuestas de vivienda 1973, 1978 y 1984. De este modo se le asigna un valor α=1,68%

obteniéndose:

$$V_m = \sum_{i=1}^{\infty} i\, p_i = \beta \sum_{i=1}^{\infty} i\, (1-\beta)^{i-1} = \frac{1}{\beta}$$

por tanto,

$$\beta = \frac{1}{V_m}$$

Y, finalmente, se plantea la posibilidad de estimar el parámetro β partiendo de la evaluación exógena del capital bruto en dos fechas diferentes y, también, de la serie temporal de las inversiones acaecidas entre esas dos fechas.

III.3.2.5. Algunos elementos de reflexión sobre el empleo del MIP.

Tras haber presentado los principios en los que encuentra sustento el MIP, sus principales desarrollos metodológicos, la amplia difusión de su utilización, etc., resulta de interés tratar desde una perspectiva crítica algunos aspectos que deben tomarse en consideración cuando se va a utilizar este método.

Como ya se indicó en el epígrafe III.3.2.1., la implementación del MIP conlleva la identificación de modelos de acumulación que proporcionen estimaciones del stock de capital, simulando el proceso de agregación de las inversiones pasadas que aún no han alcanzado el final de su vida útil. Esta manera de operar plantea la necesidad de disponer de la información que proporcionan las series de inversión, las estimaciones de las duraciones de vida de los activos y, por último, las leyes de supervivencia y depreciación cuya utilización se juzga adecuada para las categorías de activos estudiadas.

Por lo tanto, tomando en consideración lo que se acaba de exponer, resulta obvio que antes de seleccionar el MIP para obtener las estimaciones del valor de los stocks, debe evaluarse la existencia y/o disponibilidad de los inputs de información imprescindibles para garantizar su operatividad.

Así pues, aunque el conocimiento de la serie cronológica de la inversión acontecida resulta crucial para poder desarrollar esta metodología, no debe menospreciarse la importancia que debe otorgarse a la determinación de la vida útil media de los activos y, de igual manera, a la identificación ajustada de las funciones de supervivencia y depreciación.

En consecuencia, como indican Mayes y Young (1994), debe tenerse presente que las estimaciones de los stocks basadas en el MIP se encuentran caracterizadas por su sensibilidad con respecto a los supuestos asumidos en su construcción[125]. Otros autores ya se habían manifestado con anterioridad en el mismo sentido. Hibbert *et al* (1977), cuando estudiaron la utilización del MIP para la obtención de estimaciones del stock de capital fijo en Gran Bretaña, concluyeron que la necesidad de realizar supuestos sobre la duración de vida de los activos podía identificarse como una fuente de posibles errores[126]. De igual modo, Lock (1985), Miller (1990), Jaffey (1990, 1997), Tengblad (1993) y Meinen y Verlinden (1997), entre otros, han planteado la necesidad de disponer de información fiable sobre la longitud de vida de los activos y, asimismo, han alertado sobre la inadecuación de la hipótesis de constancia de las duraciones de vida en un marco temporal sujeto a transformaciones tecnológicas que se suceden con celeridad.

[125] Mayes y Young (1994) llegan a esta conclusión tras revisar las estimaciones del stock de capital fijo de las empresas, obtenidas por la *Central Statistical Office* en Gran Bretaña. Tras evaluar la utilización del MIP con esta finalidad, plantean una reflexión orientada a mejorar dichas estimaciones. Entre las principales conclusiones que aportan estos autores puede destacarse la denuncia de la poca solidez empírica de los supuestos implícitos en algunos de los desarrollos tradicionales del MIP.

[126] Consecuentemente, Hibbert *et al* (1977), aconsejaban que se otorgara una mayor dotación de recursos a las tareas destinadas a la obtención de información empírica sobre las duraciones de vida de los activos y su estabilidad a lo largo del tiempo.

Si se revisan las distribuciones de retiros que han sido utilizadas por las agencias estadísticas nacionales, se observa que, como se puso en evidencia en el epígrafe III.3.2.3.2, se han utilizado diversas modelizaciones. Ante esta evidencia, algunos autores, entre los que se encuentran Blades (1991), Maddison (1992) y O'Mahony, relativizan la influencia que pueda tener la función de retiro seleccionada en la estimación del stock de capital, por considerar que el parámetro más relevante en el MIP es la vida útil media. Sin embargo, en otros trabajos (Meinen, 1998; Meinen *et al*, 1999) se defiende que la vida útil media de los activos no es el único parámetro relevante, pues la elección de la función de retiro puede tener un notable impacto sobre el crecimiento y el nivel del stock de capital.

Por otro lado, cuando se utiliza una especificación del MIP en la que se parte de una estimación inicial del stock de capital, Stevens (1994) afirma que estos valores iniciales suelen recoger errores sustanciales.

Tras referir de manera general las principales dificultades que resultan del proceso de adopción de los supuestos subyacentes en un estimación obtenida mediante el MIP, debe repararse en algunas críticas que se han formulado sobre la comparabilidad de las estimaciones obtenidas por diversas instituciones y/o equipos de investigación que han utilizado este método.

O'Mahony (1996), por ejemplo, indica que las estimaciones del stock de capital que obtienen los diferentes institutos nacionales de estadística, resultan difícilmente comparables como consecuencia de la diversidad que se registra en los supuestos que han sido introducidos en el cómputo de cada una de ellas. No obstante, cabe precisar que las reservas que manifiesta O'Mahony (1993a) no encuentran tan sólo su punto de referencia en la heterogeneidad que presentan las estimaciones de las vidas útiles utilizadas por las diferentes agencias de estadística, sino que también pueden atribuirse a la desconfianza que le inspira la información en la que se basan las estimaciones oficiales.

Otros autores, como es el caso de Mas *et al* (1994), advierten que las comparaciones internacionales basadas en estimaciones del stock de capital realizadas mediante el MIP, pueden resultar problemáticas ya que este metodología posibilita la contabilización de unos mayores costes de producción como mayores dotaciones de capital.

Finalmente, para completar este epígrafe resulta de interés consignar las advertencias que realizan Draper y Herce (1993, 1994) para el uso del MIP, cuando identifican las dificultades que plantea estimar el stock de infraestructuras públicas. Estos autores, plantean que este método implica que el precio de compra de una unidad de capital, que se utiliza para ponderar cada unidad del stock, refleja el valor descontado de sus beneficios marginales presentes y futuros. Considerando que este supuesto sólo se satisface en presencia de mercados perfectamente competitivos, recuerdan que en la realidad el gobierno no está sujeto a restricciones competitivas o de mercado y, por tanto, el precio no refleja la productividad marginal del capital público. No obstante, según indican, en el caso de los gobiernos locales se restauran relativamente las condiciones competitivas, ya que han de atraer (o evitar) la deslocalización de familias y empresas.