REVISTA ESPANOLA DE FINANCIACIÓN Y CONTABILIDAD
Vol. XVII, n. 54
1987
pp. 721-731

Ana Apilluelo Martín
Profesora de Economía Financiera y Contabilidad y Contabilidad de la E.U.E.E. de Pamplona

Federico Leach Albert
Catedrático de Economía Financiera y Contabilidad de la E.U.E.E. de Zaragoza

UNA PERSPECTIVA «DISTINTA» PARA ENJUICIAR LA DURACION DE LOS EQUIPOS

En el presente artículo tratamos de estudiar la duración óptima de un equipo desde una perspectiva que llamamos distinta por su origen y por sus planteamientos.

Mientras la generalidad de los criterios relativos a la duración óptima de los equipos nacieron en el marco de la economía de la empresa (1), en el marco de la contabilidad surgieron hace años, con independencia de aquéllos y sin relación de conocimiento de los mismos, unos modelos que aunque no tenían por objetivo primordial la determinación de la duración óptima de los equipos, sino el cálculo de las amortizaciones, incluían la determinación de la duración óptima como premisa previa para el cálculo de aquéllas.

Ana Apilluelo puso de manifiesto al otro firmante de este artículo las analogías y diferencias entre ambos modelos y el interés que podría tener el hacer un estudio simultáneo de los mismos sometiéndolos a un análisis crítico comparativo. Ese estudio constituye el objeto del presente trabajo.

(1) Ver, por ejemplo, A. KAUFFMANN: *Métodos y modelos de investigación de operaciones,* Ed. CECSA, México, 1976. V. FIGUERA ANDÚ: *Renovación de equipos industriales,* Ed. Hispano Europea, Barcelona. J. V. PUIG ANDREU y J. J. RENAU PIQUERAS: *Análisis y evaluación de proyectos de inversión,* Ed. Hispano Europea, Barcelona, 1984.

1. Duración óptima y amortización sin cómputo de intereses

El cálculo de la duración óptima sin cómputo de intereses en el ámbito de la economía de la empresa y en el campo de la contabilidad condujo a planteamientos prácticamente idénticos, aunque nacidos con independencia los unos de los otros. La obviedad y carácter elemental de los mismos, así como la falta de aspectos diferenciales entre ellos que despierten interés, nos hizo pensar en ignorarlos; pero el convencimiento de que todas las historias deben ser relatadas desde el principio y que a partir de estos planteamientos aparece una bifurcación que puede resultar interesante, nos decide a hacer una referencia siquiera escueta a ellos.

El profesor Kauffman, en un modelo que es ya clásico (2), plantea la siguiente ecuación que nos determina el coste por unidad de tiempo de una función:

$$F(t) = -A_0\varphi(t) + \Psi(t) + A_0$$

en la que A_0 es el coste de adquisición del equipo, $A_0\varphi(t)$ su valor residual del tiempo y $\Psi(t)$ su coste acumulado.

Naturalmente, el coste medio de la producción lograda con la máquina será:

$$F(t)/t = 1/t[A_0 - A_0\varphi(t) + \Psi(t)]$$

y el tiempo óptimo lo obtendremos derivando e igualando a cero la anterior función partiendo del supuesto de que se trata de funciones continuas y derivables.

El planteamiento que en el campo de la contabilidad hacíamos era similar, con algunas diferencias que analizaremos (3).

Partíamos de que a lo largo de la vida de la instalación —para una situación de estabilidad monetaria y sin transformaciones tecnológicas— el coste de producción k habría de ser el mismo en todo momento. Las diferencias en el coste de funcionamiento habríamos de compensarla con una oportuna distribución de las amortizaciones, de modo que el coste de producción fuese siempre el mismo, como corresponde a una

(2) A. Kauffmann: op. cit., pág. 241.

(3) Ver F. Leach: *La determinación económica de la amortización contable*, Logroño, 1964. Id. *La eficacia del capital*, Zaragoza, 1986.

sociedad en la que hay estabilidad de precios; de lo contrario se estaría dando una imagen de buena administración —incierta al principio de la vida de la máquina, compensada como una mala imagen al final— que no se correspondería con la realidad de la gestión.

Aceptada la hipótesis de que los costes han de ser los mismos a lo largo de toda la vida de la instalación, cuáles serán éstos dependerá del tiempo de su duración, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$k(t)=[V_0+\int^t_0 C(t)dt-V(t)]/(t-t_0)$$

donde $k(t)$ son los costes fijos para toda la duración de la instalación, pero que varían en función del tiempo t de duración de la instalación. Naturalmente, la instalación se mantendrá en servicio el tiempo que minimice el coste medio de funcionamiento, que será siempre el mismo dado que nos encontramos en una economía estabilizada.

V_0 es el valor inicial de la instalación.

$V(t)$ el valor residual de la instalación.

$t-t_0$ es, naturalmente, el tiempo transcurrido desde el momento de adquisición t_0 hasta el momento t en que termina su existencia el equipo.

Al ser t variable, el momento t que minimice $k(t)$ será el de duración óptima del equipo; $dk(t)/dt_0$ nos dará la solución. $\int^t_0 C(t)$ representa los costes acumulados que Kauffmann denominaba $\Psi(t)$.

La única referencia de este planteamiento respecto al anterior nace, como hemos dicho, de que aquí la determinación de la duración óptima no era un fin en sí mismo, sino una cuestión previa para el cálculo de las amortizaciones, y esto tiene importantes consecuencias como veremos a continuación.

2. El cómputo de intereses

Cuando Kauffman y, en general, los economistas de la empresa tratan de determinar la duración óptima de los equipos con cómputo de intereses, siguen un modelo distinto del contable, al que después nos referiremos; y aquí sí que empiezan a aparecer las diferencias. Véamoslo (4).

(4) J. V. Andereu y J. J. Renau: op. cit., pág. 200.

Si $F(t)$ es el valor actualizado de todas las inversiones-costes que supone una determinada inversión, tendremos:

$$F(t) = \int_0^T C(t) \cdot e^{-\delta t}\, dt - R(T)\, e^{-\delta T} + A \qquad [1]$$

Siendo:

T, momento de terminación de la vida útil del equipo.

$R(t)$, valor residual de la instalación.

A, valor de adquisición del equipo.

δ, tasa de interés aplicada a interés continuo.

El criterio seguido en este modelo para determinar su duración óptima es el de formar una cadena hasta el infinito de equipos de idéntica naturaleza que sucesivamente van sustituyendo, cuya suma es finita dado el carácter decreciente de los valores, y tomar como valor óptimo de la duración del equipo aquel que minimice los valores actuales de la cadena. El camino seguido en el campo de la contabilidad ha sido distinto. Las diferencias nacen de dos circunstancias:

1.ª No se sigue el método de encadenamiento de procesos hasta el infinito, sino que se busca el coste medio mínimo dentro del intervalo de duración del primer equipo.

2.ª El hecho de que en el modelo contable la determinación de la duración óptima no sea un fin, sino un medio, para la determinación de la amortización, permite calcular el valor teórico de la inversión en cada momento de su vida, lo que tiene una gran importancia en una economía dinámica en la que constantemente hay que estar rectificando el rumbo para adaptarlo a circunstancias cambiantes.

Para explicar el modelo contable empezaremos por la interpretación más simplificada del mismo, que es la que tiene más similitud con el modelo de Kauffmann y que es, también, el que tiene menos virtualidad diferenciadora en su aplicación.

En este modelo partimos de un coste de venta a precio de mercado K; este precio de venta en el mercado tendrá que ser igual a la suma de los costes de funcionamiento de la empresa.

$$K = \hat{C}(t) + [V_0 - A(t)]i + [dA(t)/dt] \qquad [2]$$

Siendo $\hat{C}(t)$ la función estimada de costes, de funcionamiento de la instalación, excluidos costes de oportunidad y amortizaciones; $[V_0-A(t)]$ i=costes de oportunidad, siendo $A(t)$ la función de amortización acumulada; $[dA(t)/dt]$ el coste de amortización en momento t.

Para cada valor de K, habrá un tiempo t en el que se cumpla la ecuación

$$V_0=A(t)+\hat{V}(t) \qquad [3]$$

siendo $V(t)$ el valor residual.

La ecuación [2] nos permite calcular $A(t)$ para cada valor K; por ello nos permite obtener $A(t, K)$ en función del tiempo y de K.

Si consideramos t y K variables, el valor de t que minimice K en

$$V_0=A(t, K)+V(t)$$

nos dará la duración óptima del equipo.

Si comparamos este planteamiento con el [1], tenemos que ambos han de conducir a la obtención del mismo tiempo óptimo de duración; sin embargo, el modelo [1] elude la obtención de la función $A(t)$ de amortización que aquí se obtiene y que como veremos tiene una gran virtualidad en la determinación del tiempo de duración óptima en una economía dinámica. En este sentido, es de notar que el modelo [1] no tiene validez más que para una economía estática, y aun en ésta, si bien permite la determinación óptima de la duración del equipo, no permite la determinación del beneficio atribuible a cada ejercicio al no haber determinado los costes de amortización correspondientes al mismo.

Cálculo de la duración de equipo en una economía dinámica

En una economía dinámica en la que se prevé una evolución en los costes $\hat{C}(t)$ y en los precios de mercado en los que el coste fijo K es sustituido por otro con evolución estimada $K\cdot\hat{K}(t)$, tenemos que las ecuaciones anteriores se convierten en

$$K\cdot\hat{K}(t)=\hat{C}(t)+[V_0V_0(t)-A(t)]i+dA(t)/d(t)$$

$$V_0\cdot V_0(t)=A(t)+\hat{V}(t)$$

Siendo $V_0(t)$ el valor por el que hay que multiplicar el valor inicial a efectos de reposición cuando éste es distinto del valor inicial.

Estimación continuada del valor de la empresa y factores de incertidumbre

Con el modelo anterior la determinación de la función de amortización y, por tanto, del valor de la inversión, según el principio de gestión continuada, es función de $\hat{C}(t)$, $\hat{K}(t)$, $\hat{V}_0(t)$ y $V(t)$. Toda incertidumbre respecto de la evolución del valor de la instalación queda reducida a sus componentes más elementales, $\hat{C}(t)$, $\hat{K}(t)$, $\hat{V}_0(t)$ y $\hat{V}(t)$, pudiéndose afirmar que en la determinación del valor de la empresa no hay más factores de incertidumbre que las que resultan de la estimación de estas funciones.

Dado que la función de precios de venta en el mercado tiende a igualarse en todo momento con los costes de funcionamiento a lo largo de la vida de la empresa, nunca hay beneficio extraordinario en función de la fase de amortización en que se encuentra la instalación; únicamente puede haber beneficios extraordinarios que resulten de las particulares condiciones de la empresa y que, en cualquier caso, se perciben a lo largo de toda la vida de la instalación si las previsiones *ex ante* coinciden con los resultados *ex post.* Estos beneficios resultan de que tenemos una función de coste $\hat{K} \cdot K(t)$ paralela, aunque algo inferior el precio de mercado a lo largo de toda la vida del equipo.

Si se producen desviaciones respecto de las previsiones, la empresa tiene que realizar modificaciones constantes de su rumbo mediante menos estimaciones de $\hat{C}(t)$, $\hat{K}(t)\hat{V}_0$ y $\hat{V}(t)$, y nuevas determinaciones de $A(t)$.

Con la fórmula [1] no tenemos ninguna posibilidad de seguir el rumbo del valor de la empresa en una situación dinámica, aparte de que aun en una situación estática se hace imposible la valoración de la instalación a lo largo de su vida de acuerdo con el principio de gestión continuada, que, naturalmente, es distinto del valor de mercado excepto en el momento de la reposición.

Desde nuestro punto de vista, el modelo dinámico contable que hemos expuesto tiene especial interés en el estudio de la obsolencencia. Para ello vamos a empezar por considerar el tratamiento que se hace por los profesores de Economía de la Empresa.

Tratamiento de obsolescencia según el principio del mínimo adverso

Siguiendo la exposición de los profesores J. V. Puig, Andreu y J. J. Renau Piqueras (4) con un criterio que es común a numerosos profesores de Economía de la Empresa, vemos que la obsolescencia viene representada por el segmento *LR* en la siguiente figura:

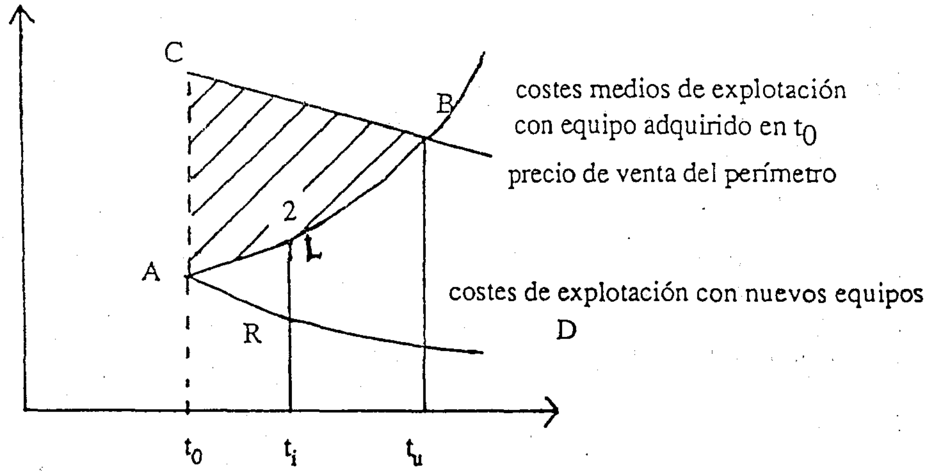

FIG. 1

En el punto t_0 adquirimos un equipo cuyos costes van creciendo a medida que va transcurriendo el tiempo como consecuencia del desgaste del mismo, más reparaciones, etc., según la línea *AB*.

En el punto *A*, que representa el momento en que adquirimos el equipo, que suponemos que es el mejor equipo que hay en el mercado, nos encontramos en la línea *AD*, que representa los costes con nuevos equipos; a medida que va transcurriendo el tiempo nuestra línea de costes va separando de la línea de costes de los nuevos equipos, con diferencia que en el tiempo t_i será igual a *LR*.

Simultáneamente, va disminuendo el beneficio de la empresa hasta el punto *B*; la superficie rayada representa el beneficio bruto obtenido durante la vida del equipo.

El empresario lucha entre el deseo de tener un equipo lo más eficiente posible para seguir en lo posible la curva *AD* y el problema que representa la imposibilidad de sustituir continuamente los equipos, pues ello «dispararía» los costes de amortización.

Estos planteamientos dieron lugar al desarrollo de la técnica del mínimo adverso en las que se trata de contraponer el beneficio del menor coste de la técnica más eficiente con el menor coste de la menor amortización (5); siguiendo la representación de la figura anterior del libro de Puig y Renau y su propia exposición, tenemos que la distancia *LR* representa en términos de Terborgh la «inferioridad del servicio», que se va incrementando hasta que en el punto *B* se sustituye la máquina o instalación por otra más eficiente porque el «freno» que representa el coste de las mayores amortizaciones de una instalación nueva queda separado por el excesivo coste que representa la «inferioridad del servicio». Este planteamiento que se conoce con el del «mínimo adverso», desarrollado por Machinery and Allied Products Institute (MAPI), entendemos que puede ser afrentado con mayor vigor con el modelo dinámico que anteriormente hemos expuesto, en el que en todo momento aparece la amortización y los costes de oportunidad dentro de un coste único que hay que minimizar.

Para empezar, vamos a hacer una reconsideración de la figura anterior para adaptarla a hipótesis que juzgamos más reales.

En primer lugar, el carácter decreciente de la curva *AD* entendemos que no es real y obedece a planteamientos sostenidos ya por Bohm-Baverk (6), en las que partía de la hipótesis de que los adelantos técnicos se traducen en una disminución de los costes; esto indudablemente es así si partimos de ley de bronce de los salarios; pero en una situación moderna en la que los trabajadores deben ser, y normalmente son, los principales beneficiarios de las transformaciones tecnológicas, los aumentos de productividad no tienen por qué traducirse en disminución del precio a pesetas constantes, sino en el mantenimiento del mismo mientras crecen las retribuciones salariales; evidentemente, los precios no pueden bajar en todos los sectores a pesetas constantes.

En una sociedad moderna, a precios constantes, la línea *AD* tiende a ser horizontal. Será creciente en los sectores en los que los incrementos de productividad son menores que los medios y en los que, por tanto, los aumentos de precios no podrán ser absorbidos por los incrementos de productividad del sector, sino repercutidos, en los que los incrementos de productividad son mayores que los medios. La variación relativa

(5) Ver, por ejemplo, ANDRÉS SUÁREZ SUÁREZ: *Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa,* págs. 230 y siguientes, Pirámide, 1980.

(6) EUGEN BOHM BAVERK: *Capital e interés,* Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires, 1947, pág. 486.

de los precios permite una cierta homogeneidad en las retribuciones en los distintos sectores.

Por las mismas razones expuestas, la curva de los precios será creciente o decreciente según la productividad de los distintos sectores.

La zona rayada de la figura 1 representa los beneficios brutos. Si la curva *AB* representa los costes de funcionamiento de la inversión sin incluir las amortizaciones, la zona rayada representará los costes de amortización y de oportunidad $\pm$ beneficios extraordinarios de la empresa, ya que en una situación de libre concurrencia los beneficios ordinarios quedan incluidos dentro de los costes de oportunidad si en éstos se incluye la prima de riesgo.

Tratamiento de la obsolencencia con el modelo dinámico

Decir que en el punto *B* debe reponerse la instalación encierra una cierta dosis de inexactitud, dado que en la cuerva de costes *AB* no se han incluido los costes de amortización y los de oportunidad, que constituyen un componente muy importante del coste; por eso nosotros, siguiendo el modelo dinámico antes expuesto, preferimos trabajar con las tres funciones, $\hat{C}(t)$, $[V_0-A(t)]i$ y (dA/dt), simultáneamente.

En este planteamiento, tendremos:

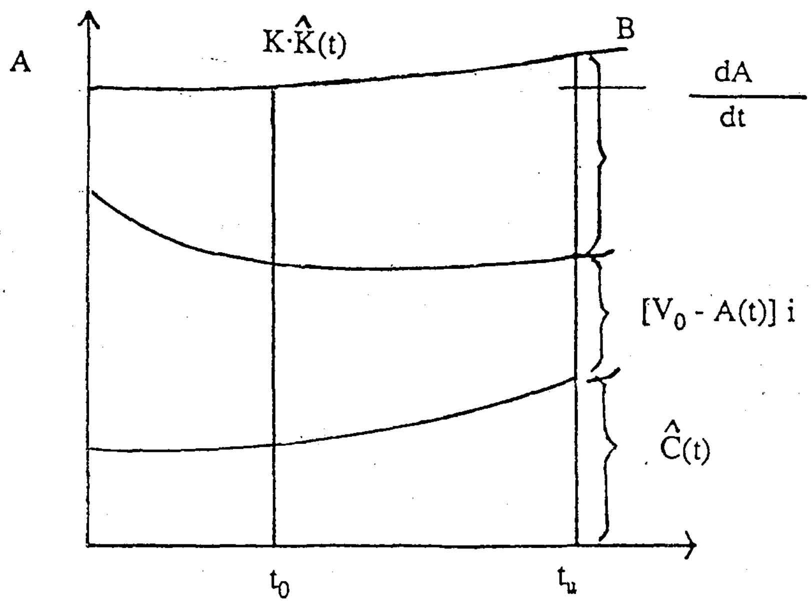

FIG. 2

Las curvas *CB* y *AB* de la figura 1 se superponen, ya que al incluir entre los costes las amortizaciones y los costes de oportunidad en el conjunto del mercado no puede haber diferencia entre el precio de venta y el precio de coste. En alguna empresa en particular podría haber alguna diferencia que representaría los $\pm$ beneficios extraordinarios que resultaran de las particulares condiciones de la empresa. Estos beneficios extraordinarios resultarían de una función de costes $K \cdot K(t)$ ligeramente por debajo de la de mercado.

La curva *AB* la hemos representado ligeramente creciente por suponer que se trata de un sector en el que los incrementos de productividad son menores que en el promedio de los sectores y, por tanto, sus trabajadores fuerzan incrementos de retribuciones superiores a sus incrementos de productividad para mantener un nivel de retribuciones similar al de los otros sectores.

De acuerdo con el modelo dinámico antes expuesto, el valor de t_n en el que se ha de sustituir el equipo será el que minimice K y, por tanto, el que a lo largo de la vida de la instalación mantenga una línea de costes más baja dentro de las familias de curvas $K \cdot K(t)$, considerando a K como variable.

Por simplificar, hemos supuesto a todas las curvas paralelas; podrían no serlo, y en este caso sustituiríamos la familia de curvas $K \cdot \hat{K}(t)$ por la $K \cdot \hat{f}(K, t)$.

El planteamiento que exponemos lo consideramos más correcto que el habitualmente utilizado; entendemos que tiene las siguientes ventajas:

1.ª Determina la duración óptima del equipo con referencia a los costes totales, con inclusión de los costes de amortización y de oportunidad, evitando el error en que se incurre al determinar la duración óptima en función de los costes de funcionamiento solamente.

En el modelo expuesto por Terborgh aparece una fase de grandes beneficios al principio de la instalación y muy pocos beneficios brutos al final —nulos en el momento de sustitución—, que serían negativas si se tratase de beneficios netos. Evidentemente, con este planteamiento no es posible una administración correcta de los equipos, pues siempre aparecerá como buena en la primera fase y mala en la segunda.

2.ª Con el modelo dinámico expuesto las amortizaciones se reparten a lo largo de la vida de la instalación de modo que, en todo momento, el total de costes de la empresa se ajusta a los precios de mercado$\pm$los beneficios extraordinarios propios de la empresa; si las previsiones no se cumplen, las funciones $\hat{C}(t)$, $\hat{K}(t)$, $\hat{V}_0(t)$ y $V(t)$ pueden ser reestimadas en cada ejercicio corrigiendo las estimaciones anteriores sobre duración y amortización del equipo.

De este modo, cuando varias instalaciones situadas en distintas empresas se solapan en el tiempo, en todas ellas se está trabajando a los mismos costes mínimos siguiendo la curva $K \cdot K(t)$ propias de cada empresa, cualquiera que sea la edad de la instalación, siempre que se encuentre dentro del período óptimo de duración de la misma.

Es de notar que si en la figura 1, en lugar de considerar el beneficio bruto consideramos el beneficio neto, previa incorporación de los costes de oportunidad y amortización, el área de beneficio global será cero$\pm$los beneficios extraordinarios en su caso de cada empresa; y salvo que la distribución de las amortizaciones y de los costes de oportunidad la hagamos con arreglo a los criterios que hemos propuesto, nos encontraríamos con la contradicción de que durante la segunda mitad de la vida óptima del equipo se estaría trabajando con pérdidas y durante la otra mitad con beneficios, con lo que la contabilidad no sería indicativa de la marcha de la empresa.

Si además consideramos que el punto B de la figura 1 es el punto de intersección con la curva de la demanda de una curva de costes incompleta que no incluye costes de oportunidad y amortizaciones y que, por tanto, «no determina la función óptima del equipo», parece clara la conveniencia de introducir en los estudios de duración de los equipos el modelo dinámico que hemos expuesto.