ENFOQUES ALTERNATIVOS PARA EL ESTUDIO DE LOS PROYECTOS MIXTOS DE INVERSION

Bernardo García-Bernalt Alonso
Santiago Rodríguez Vicente
Federico Cesteros Muñoz

RESUMEN.—Nuestro objetivo con el presente artículo es hacer un estudio general de las soluciones propuestas por Jean y Merret y Sykes para el cálculo de la rentabilidad de cierto tipo de proyectos mixtos de inversión. Para ello, en una primera parte, fijaremos el concepto de las tasas obtenidas por los citados autores, ofreciendo, además, condiciones de existencia y unicidad para las mismas, así como su relación con otros criterios de selección de inversiones. En un segundo término, analizaremos la estrecha relación existente entre ambos métodos, que se observa ya desde su planteamiento, y que tendrá reflejo en un teorema de compatibilidad de los mismos, caso de ser aplicables simultáneamente.

Introducción

Si bien son ciertos los condicionamientos y limitaciones de los criterios de selección de inversiones en condiciones de certeza, no es menos cierta la abundancia de literatura sobre el tema y la importancia de estos criterios en la práctica. Es, precisamente, en este terreno, donde distintos estudios (1), con resultados homologables en varios países, ponen de manifiesto que el criterio de selección de proyectos de inversión más utilizado es el TIR.

Entre las posibles causas de la común aceptación de este criterio pueden estar tanto su sencillo cálculo, como la fácil comprensión del concepto, así como el hecho de que no plantea el problema de la determinación a priori del rendimiento mínimo a exigir.

Es, sin embargo, un hecho sobradamente conocido y comentado, que el criterio TIR se muestra inconsistente en el análisis de ciertos tipos de proyectos: los mixtos[1]. No es en ninguna medida sorprendente este hecho, por cuanto que éste tipo de proyectos presentan, simultáneamente, aspectos de financiación e inversión, y la aplicación a los mismos del citado criterio supone exigir la igualdad entre coste de capital y tanto de reinversión. No cabe duda de que este problema tiene una solución muy precisa desde el punto de vista algebraico, pero su significado económico es nulo, por la carencia del mismo que tiene su planteamiento.

Si buen autores como Schneider (18) califican este tipo de proyectos de inversión como irrelevantes, creemos que no se puede dudar de su importancia. Cualquier proyecto cuyo cese ocasione unas pérdidas en el último período es, como se sabe, mixto, y fácilmente se nos ocurren ejemplos de este tipo.

Un intento de estudio más exhaustivo, dentro de la literatura clásica, de los proyectos de inversión mixtos se debe a Teichroew, Robichek y Montalbano (21), donde, además, se halla una definición precisa de los mismos. Ahora bien, su solución, basada en el concepto de saldo o balance, presenta importantes dificultades operacionales, e incluso conceptuales. Es sabido que la relación funcional que se obtiene entre rentabilidad y coste del capital, depende de la estructura de signos de los distintos saldos y, en ocasiones, éstos no pueden ser determinados a priori. Nos encontramos, pues, con un problema de circularidad, que ha provodado distintos trabajos. Entre ellos destacamos el de Azofra Palenzuela y Miguel Hidalgo (3), donde queda patente el hecho de que, en general, el signo de algunos saldos no es algo fijo e intrínseco, sino que depende de una de las dos variables que intervienen en la relación funcional (en este artículo se fijan en intervalos del coste del capital).

Así, a los serios problemas operacionales que plantea el método de los saldos, se añade el hecho de que la función que se obtiene al igualar el último saldo a 0 está definida a trozos, lo cual dificulta, considerablemente, su manejo.

Frente a esta solución, y basadas en el mismo eje fundamental del carácter de inversión y financiación de todo proyecto mixto, se hallan las de Jean (8) y Merret-Sykes (13). Mientras la primera de ellas es aplicable a todo tipo de proyecto, una

1 La definición de proyecto mixto, así como la de puro, simple, saldo de un proyecto, etc., serán omitidas, puesto que están ampliamente tratadas en la literatura relativa al tema.

vez que se garanticen ciertas hipótesis mínimas, la segunda sólo será aplicable a proyectos con desembolsos iniciales y finales, no intermedios.

El objeto de este trabajo es realizar un análisis de ambas propuestas de solución, buscando condiciones de existencia y unicidad por una parte, y, por otra, las relaciones existentes entre las mismas, que conducirán a la propuesta de un método mixto de valoración que encierra, creemos, todas las ventajas del criterio TIR: la no exigencia de determinación a priori de la rentabilidad, la sencillez en el cálculo, y la claridad del concepto.

2. Criterio de la tasa de rentabilidad interna modificada, o de Jean

2.1. *Planteamiento del método*

Como método de selección y valoración de inversiones, alternativo al de Teichroew, Robichek y Montalbano, Jean, en su «Teoría analítica de la financiación» (8) propone una solución que, como veremos, guarda algunos puntos de contacto con aquel.

Esquemáticamente, el método consiste en calcular el valor final de la inversión, TV (o valor terminal en la terminología de Jean); utilizando dos tipos distintos: uno para la capitalización de los flujos negativos y desembolso inicial, que, en general, será el coste del capital k, y otro para la de los flujos positivos, r.

En definitiva, si el proyecto de inversión tiene el esquema

$$Q_0 \qquad\qquad Q_1 \qquad\qquad Q_2 \qquad\qquad Q_n$$

$$TV = \sum_{i=0}^{n} Q_i \,(1 + b_1)^{n=1} \text{ donde } \begin{array}{l} b_i = k \text{ si } Q_i < 0 \\ b_i = r \text{ si } Q_i > 0 \end{array}$$

De este modo, al igual que en el método de los saldos, se obtiene una relación funcional entre el tipo de reinversión y el coste del capital para la empresa.

2.2. *La tasa de reinversión de Jean, existencia y unicidad, comparación con el TIR*

La tasa de rentabilidad interna modificada, o de Jean, será para cada coste del capital fijo k' el valor r', que es solución de la ecuación

$$TV = 0$$

Aparentemente, la igualdad TV = 0 (para un k fijo e igual a k') presentará una problemática similar a la del TIR, pues plantea una ecuación en r de grado n-i (siendo i el primer flujo positivo), que podría tener más de una solución admisible o, incluso, ninguna.

A continuación ofreceremos una proposición que asegura la existencia y unicidad de la tasa de Jean para cierto tipo de inversiones, cuestión que se omite en la bibliografía consultada. Pero antes de ésto, y para evidenciar que las hipótesis que exigiremos no son en absoluto restrictivas, es necesario explicitar el sentido económico que tiene esta tasa modificada.

La expresión del valor TV, supone la existencia parelela de un proyecto de inversión y otro de financiación «ideales». Mediante este segundo suponemos que los fondos empleados (los flujos negativos), provienen de una fuente en la que el tipo a pagar por los préstamos es k, amortizándose este préstamo al final de la vida de la inversión, mediante un sólo desembolso. Por otra parte, los fondos generados por la inversión (flujos positivos), se invertirán en el otro proyecto a un tipo r, recibiéndose el total de los fondos acumulados al término del proyecto. La suma de ambas acumulaciones es, obviamente el valor terminal, y supuesto k, conocido y fijo, la tasa de Jean nos dará el rendimiento mínimo que habremos de exigir a la inversión alternativa, para que no se produzcan pérdidas en la ejecución del proyecto de inversión.

Hecha esta observación, si la solución r' de TV = 0 fuera negativa; resulta evidente que la inversión será siempre rentable aún cuando no se reinviertan los flujos positivos, con lo que el significado económico de las raíces negativas de la ecuación es nulo. El problema se centra pues en asegurar la existencia y unicidad de una tasa de Jean positiva, cuestión que aclara la proposición anunciada.

Proposición

Es condición necesaria y suficiente para que un proyecto de inversión tenga una tasa de Jean positiva y única, que la suma del valor final de los flujos negativos (capitalizados a un tanto k' conocido) sea mayor en valor absoluto que la suma de los flujos positivos.

En la expresión TV = 0, separamos los flujos positivos y negativos, con lo que adoptará esta forma

$$\sum_{k=1}^{t} Q_{i_k}(1+r)^{n-i_k} - \sum_{j=1}^{S} Q_{i_j}(1+k')^{n-i_j} = 0$$

con ($Q_{ik} = Q_{ij}$). Evidentemente los coeficientes de las potencias de r son todos positivos mientras que el término C independiente será

$$C = \sum_{k=1}^{t} Q_{i_K} - \sum_{j=1}^{S} \overline{Q}_{i_j}(1+k')^{n-i_j}$$

Por el teorema de Descartes, la expresión TV = 0 tendría una sola raíz real positiva, si y sólo si C es negativo, es decir, si

$$\sum_{j=1}^{s} \overline{Q}_{ij} (1+k')^{\overline{n-i_j}} \quad > \quad \sum_{k=1} Q_k, \text{ q.e.d.}$$

(El caso de igualdad nos daría la solución r = 0, y el resto de las soluciones reales serían negativas).

Observación

Como hicimos referencia estas hipótesis no resultan en absoluto restrictivas, puesto que, en caso de no verificarse, aun cuando los flujos positivos no se reinviertan el proyecto de inversión siempre sería viable.

Manteniéndonos aún en la hipótesis de que tenemos un coste del capital fijo k', la tasa de Jean r' de una inversión nos dará una medida de su rentabilidad en el sentido indicado anteriormente, es decir, la inversión será aceptable siempre que r' sea menor que la tasa efectiva de rendimiento de la inversión alternativa r_o, es decir, indica el mínimo de rentabilidad que ha de proporcionarnos la inversión alternativa, para que el proyecto sea aceptado. Obviamente en el caso en que r_o sea menor que r' nos veremos obligados a rechazar la inversión, y, finalmente el caso $r_o = r'$ conduciría al hecho de que el proyecto proporciona un beneficio nulo.

La propia definición de la tasa de Jean conduce a pensar que puede ser un criterio diferenciador para inversiones con el mismo TIR (o TIR generalizado)[2], por las operaciones que se supone se realizan con los distintos flujos. De hecho, es así; como prueba el ejemplo que veremos más adelante, en el que ofrecemos 4 inversiones puras (2 simples y 2 no simples) con el mismo TIR, para las que, sin embargo, la tasa de Jean es distinta en cada caso, para un coste de capital fijo.

Antes de ofrecerlo, hemos de hacer una observación: a la vista de la ecuación TV = 0, se deduce que, si el coste del capital es superior al TIR, entonces la r de Jean había de ser, asimismo, superior al TIR, es decir la inversión alternativa debe poseer una tasa efectiva de rentabilidad superior a la propia rentabilidad interna del proyecto, lo cual conduce, obviamente, a que se desestime[3]. Esta observación trivial permite, sin embargo, afirmar que los criterios del TIR y de Jean, en el caso

2. Como se sabe, la existencia y unicidad de un TIR positivo, sólo está garantizada en el caso de que la inversión sea pura. Así, en lo que resta de esta sección nos referimos a este tipo de inversiones.

3. Si bien en el caso de que $r_o > r'$ se habría de aceptar el proyecto, si a su vez r. > TIR, una buena política financiera aconseja lo contrario, ya que la empresa invertiría sus recursos en el proyecto alternativo, al ser su «rendimiento» mayor que el del proyecto objeto de estudio.

de que se puedan aplicar simultáneamente (cosa que no siempre ocurre, puesto que hay inversiones puras que no tienen tasas de Jean positivas para ciertos costes de capital), no se contradicen, por cuanto que, obviamente, en el caso descrito, k' > TIR, obtendríamos una tasa diferencial negativa, que obligaría a rechazar el proyecto.

Pasemos, pues, al ejemplo anunciado

	Q0	Q1	Q2	Q3
A	-300	100	100	254
B	-100	50	84	–
C	-300	-100	300	302
D	-200	-200	300	273

En los cuatro ejemplos el TIR es (redondeando las milésimas) del 0,2.

Supongamos un coste de capital fijo k' = 0,17. En este caso, la tasa de Jean para cada proyecto es

para A = 0,086 para B = 0,057
para C = 0,05 para D = 0,07

Luego el orden de preferencia según el criterio de Jean sería:

1º C
2º B
3º D
4º A

Conviene señalar, en este momento, que esta jerarquización de proyectos no tiene por qué coincidir con la que proporcionaría el criterio del VAN, para un tanto del 0,17, cuestión que no debe resultar sorprendente, por cuanto que por una parte, en el cálculo del VAN no se contemplan los aspectos de inversión y financiación que aparecen simultáneamente en todo proyecto de inversión, y por otra, por las especiales condiciones acerca de la política de financiación y reinversión de los flujos por negativos y positivos que exige el criterio de Jean.

En el ejemplo anterior, los VAN respectivos serían

$$\text{VAN A} = 17;\ \text{VAN B} = 4;\ \text{VAN C} = 22;\ \text{VAN D} = 19$$

que, como vemos, jerarquiza los proyectos de manera muy distinta.

De modo análogo a lo anterior, si dos proyectos tienen igual tasa de Jean, y se les puede aplicar el criterio del TIR, es decir, son puros, éste puede diferenciar uno de otro. Prácticamente cualquier caso de inversión simple proporcionaría una prueba de este hecho.

2.3. *El coste del capital de Jean. Existencia y unicidad. Comparación con el TIR*

Hasta este momento, hemos utilizado la igualdad TV = 0, para obtener, dado un coste del capital fijo, el umbral mínimo de rentabilidad que se ha de exigir a la inversión alternativa. Pero, evidentemente, este problema se puede dualizar. Es decir, supuesta conocida la tasa de inversión de los flujos positivos, r', ¿cuál es el valor de k que hace TV = 0, y qué significado tiene?

Si este valor es k', esto indicaría que en el caso de que en el proyecto de financiación alternativo la tasa de interés tomara ese valor, nuestra inversión tendría un beneficio nulo. Asimismo, si este tipo de interés fuera mayor que k', al aumentar los intereses del préstamo se obtendría una pérdida, y por el contrario, al disminuirlos, un beneficio positivo. Así pues, la k de Jean, para r' conocida, especifica el máximo coste de capital que se puede admitir en el proyecto de financiación alternativo para que éste sea viable, de este modo, entre dos inversiones, según este criterio, se optará por aquélla que tenga un k' mayor, pues aumentaría la brecha entre el tipo de mercado real, y el máximo que se pueda admitir.

Al igual que ocurría en el caso anterior, la ecuación TV = 0, para un r = r' fijo, presenta la misma problemática en cuanto al nº de soluciones, pues estas podrían ser reales, complejas, múltiples, etc.

Obviamente, la existencia de una solución negativa carece de todo significado económico; una inversión con k', no es, en absoluto viable. De este modo, hemos de fijar, paralelamente a como hicimos antes, una condición necesaria y suficiente para la existencia de una sola solución positiva. La proposición siguiente, completamente análoga a la anterior, precisa este hecho.

Proposición

Es condición necesaria y suficiente para que un proyecto de inversión tenga una k de Jean positiva y única que la suma de los valores finales de los flujos positivos (reinvertidos con una rentabilidad r' conocida) sea mayor que el valor absoluto de la suma de los flujos negativos.

La demostración es completamente paralela a la de la proposición 1, y, por tanto, consecuencia del teorema de Descartes.

Asimismo, parece claro el hecho de que las hipótesis exigidas no excluyen sino inversiones carentes de sentido, pues de darse la desigualdad contraria, la inviabilidad del proyecto es evidente.

La conexión de la k de Jean con el TIR en el caso de que éste se pueda aplicar, es decir, en inversiones puras, es muy estrecha. Tanto que ambos criterios se pueden identificar en este caso.

En efecto. Suponamos una inversión pura. Para simplificar la notación, denotaremos por N_i ($i \in I$) el valor absoluto de cada flujo negativo y por P_j ($j \in J$) cada flujo positivo ($I \cap J = 0$; $I \cup J = 0,1 \ldots n$).

Esta inversión, por ser pura, tiene un único TIR positivo, R.

Suponemos conocido r', es decir el tipo de reinversión, y hallemos el coste de capital máximo que podemos admitir, que se obtendrá de la ecuación

$$TV = 0 \Rightarrow \sum_{i \in I} N_i (1+k)^{n-i} = \sum_{j \in J} P_j (1+r')^{n-j}$$

Por definición, el TIR, R, verifica

$$\sum_{i \in I} N_i (1+R)^{n-i} = \sum_{j \in J} P_j (1+R)^{n-j}$$

Respecto al valor de la tasa de reinversión r', pueden ocurrir 3 situaciones:

1. $r' > R$ (es decir, el proyecto alternativo posee una rentabilidad efectiva superior al tipo de rendimiento interno).
   En ese caso,

   $$\sum_{j \in J} P_j (1+r')^{n-j} > \sum_{i \in I} N_i (1+R)^{n-i}$$

   por lo tanto, el valor de k, k', que iguala el valor terminal a), ha de ser mayor que R, es decir, podemos admitir proyectos de financiación alternativos con un coste del capital incluso superior al TIR de la inversión.
2. $r' = R$. Es decir, el proyecto alternativo tiene una tasa de reinversión igual al TIR; en ese caso $k = R$, es decir, el coste del capital máximo admitido será precisamente R, coincidiendo plenamente con el criterio TIR.
3. $r' < R$, esta situación, obliga a que k sea menor que R, en la medida que se obtenga de la ecuación, sin entrar, por tanto, en contradicción con el criterio de decisión del TIR.

Hasta este momento nuestro análisis se ha centrado en 2 situaciones distintas. En la primera de ellas suponíamos conocido el coste del capital, y en la segunda la tasa efectiva de reinversión. Pero sin embargo, la ecuación $TV = 0$, establece una importantísima relación funcional (muy a menudo implícita) entre k y r, relación que, opuestamente a lo que ocurre por el método de los balances, también existe en las inversiones puras, pues, como hemos visto insistentemente, éstas presentan también aspectos de financiación e inversión, dentro de las hipótesis de Jean.

Manteniendo la notación anterior, esta relación funcional viene dada en la ecuación

$$\sum_{j \in J} P_j (1+r)^{n-j} - \sum_{i \in I} N_i (1+k)^{n-j} = 0 \doteq f(k, r) \; (N_i > 0 \, \forall_i \; P_j > 0 \forall_j)$$

La simple inspección de la función conduce al hecho evidente de que a aumentos de r corresponden aumentos de k y viceversa (con r y k positivos), es decir, un aumento en la tasa de reinversión conduce a un aumento en el coste de la financiación y recíprocamente.

Por la disparidad de formas que puede tomar esta funciójn, dependiendo de la inversión concreta que se trate, un estudio en profundidad de la relación funcional exigiría el análisis de cada caso, a la búsqueda de la información que se desee, como la determinación de umbrales, etc.

Antes de concluir este apartado dedicado al criterio de Jean, queremos insistir en un hecho que se ha señalado con anterioridad: se está estudiando la rentabilidad con dos tipos distintos, pero, asimismo, se supone que los flujos de caja negativos, financiados mediante un préstamo, no pueden amortizarse antes de la finalización del proyecto. Es claro, que esto lleva implícita una política de financiación en la empresa, pudiendo existir otras muchas, entre otras, por ejemplo, reintegrar los flujos negativos junto con sus intereses, todos o en parte, tan pronto como se tengan flujos positivos para hacerlo, o bien devolverse lo antes posible el desembolso inicial, dejando el reintegro de los flujos negativos (que pueden financiarse quizá por otros medios) para el final. De hecho, el método de los saldos entraña hipótesis similares.

3. La solución de Merret y Sykes

La inconsistencia del criterio TIR para inversiones mixtas, aparte de la solución de Jean, provocó el trabajo de A.J. Merret y A. Sykes (13). La idea inicial, que guarda estrechos puntos de contacto con lo anterior, es la consideración de los aspectos de financiación e inversión que posee, simultáneamente, todo proyecto mixto.

Así, es inevitable la consideración del coste del capital para la empresa, pero a diferencia de la solución de Jean, supondremos que este es conocido y fijo (de ahora en adelante K). De este modo nos acercaremos al planteamiento de la parte 2.2. de este trabajo, y la tasa de rentabilidad que obtengamos, tendrá, forzosamente, estrechos puntos de contacto con la denominada tasa de rentabilidad de Jean, a pesar de las evidentes diferencias de planteamiento de ambos métodos.

Es evidente que el factor determinante del carácter mixto de un proyecto de inversión es la existencia de flujos negativos, aparte del desembolso inicial, aun cuando esta existencia no constituya una condición suficiente para éste (es sobradamente conocido el hecho de que existen inversiones puras que no son simples). Sin embargo, sí podemos asegurar que si los últimos flujos son negativos la inversión será mixta, por cuanto que, obligatoriamente, el penúltimo saldo ha de ser positivo.

Parte del trabajo de Merret y Sykes se centra en este tipo de inversiones, con flujos negativos sólo en los últimos períodos de las mismas. Más concretamente, se analizan inversiones con el siguiente esquema:

$$\begin{array}{cccccccc} N_0 & P_1 & \ldots & P_s & N_{s+1} & \ldots & N_{s+t} \end{array}$$

donde

$$N_0, \quad N_{s+1}, \quad \ldots \quad , N_{s+t} < 0$$
$$P_1, \quad \ldots, \quad P_s \geq 0$$

Estos autores transforman la citada inversión en una simple, que considerarán equivalente, cuyo TIR se tomará como la tasa de rendimiento interno de la inversión original. A este TIR lo denotaremos, de ahora en adelante, por TMS (Tasa de Merret y Sykes).

El proceso de transformación es el que sigue:

Sea K el coste del capital, y j el mayor subíndide que verifique la desigualdad:

$$P'_j = P_j + N_{s+t}\,(1+K)^{s+t-j} + \ldots + N_{s+1})/\,(1+K)^{\,s+1-j} + P_s/\,(1+K)^{s-j} + \ldots + P_{j+1}/\,(1+K) \geq 0$$

La inversión simple equivalente, cuyo TIR se ha de determinar es:

$$\begin{array}{cccc} N_0 & P_1 \ \ldots & P_{1+i} & P'_j \end{array}$$

Es claro que, al igual que en el caso de Jean, esta equivalencia encierra una política de inversión y financiación por parte de la empresa. Efectivamente: a partir del flujo positivo P, desaparece el aspecto de inversión del proyecto, por cuanto que la empresa dejará P_j-P'_j para amortización de los flujos negativos, junto a los flujos positivos posteriores, sin reinvertir tampoco el excedente P'_j. De hecho, se pasa el instante de valoración de la inversión a j.

Con objeto de seguir una metodología similar a la de los apartados anteriores, estudiaremos, a continuación, condiciones de existencia y unicidad para la TMS.

Proposición

Sea un proyecto de inversión

$$\begin{array}{cccccccc} N_0 & P_1 & \ldots & P_s & N_{s+1} & \ldots & N_{s+t} \end{array}$$

donde

$$N_0, \quad N_{s+1}, \quad \ldots, \quad N_{s+t} \quad < \quad 0$$
$$P_1, \quad \ldots, \quad P_s \quad > \quad 0$$

La condición necesaria y suficiente para que exista una única TMS positiva para un coste del capital k es que exista un j tal que

$$P'_j \geq 0$$

Y además: $$N_0 + P_1 + ... + P'_j \geq 0$$

Efectivamente: si se verifican las condiciones del teorema, el proyecto equivalente sería simple (en el sentido de Suárez (19)), y tendría un único TIR positivo.

Si por el contrario no se verificaran, o bien la inversión equivalente tendría todos los flujos negativos, o bien su tasa sería negativa, sin más que observar que la función de la misma VAN = 0 es monótona decreciente para r positivo, y toma valor negativo si r es nulo.

Aparentemente la restrictividad de la hipótesis es nula. Si el valor de las pérdidas futuras que produce la inversión, convenientemente valoradas, y sumando al desembolso inicial supera la suma de los ingresos, incluso sin actualizar, la inversión no puede ser viable. Pero hay que notar la existencia de dos puntos de valoración distintos, j y el origen, o de otro modo, el distinto tratamiento que reciben los últimos flujos negativos y el desembolso inicial.

Antes de seguir adelante, resulta sumamente sencillo ampliar la aplicabilidad de este método a otro tipo de inversiones: aquéllas en que son negativos los primeros y últimos flujos, es decir, del tipo:

$$N_0 \quad ... \quad N_t \qquad P_{t+1} \quad ... \quad P_{t+s} \qquad N_{t+s+1} \quad ... \quad N_{t+s+u}$$

$(N_j < 0; P_i \geq 0)$

Es claro que conocido el coste del capital K, y siguiendo criterios similares, este proyecto sería equivalente a:

$$N'_0 \qquad P'_1 \quad ... \quad P'_S \qquad N'_{s+1} \quad ... \quad N'_{s+u}$$

donde: $N'_0 = N_0\,(1+K)^t + N_1\,(1+K)^{t-1} + ... + N_t$

$P'_i = P_{t+i};\ N'_j = N_{t+j}$

Es decir, la nueva inversión considera la suma de todos los flujos iniciales valorados en t como el desembolso inicial.

Aun cuando no es el objetivo de este apartado, es sencillamente demostrable que, tras esta transformación, la relación funcional que obtendríamos por el método de Jean no varía.

Como señalan Domínguez Machuca y Durbán Olivà (7), la metodología propuesta por Merret y Sykes no es válida si existen flujos negativos intermedios, por cuanto que sólo podría capitalizarse de los períodos anteriores a éstos la parte del flujo neto correspondiente a los saldos positivos.

Con esta observación, la transformación del proyecto mixto en uno simple se consigue por técnicas bastante distintas a las aquí expuestas, basadas en el concepto de saldo. De hecho, se transforman los flujos para que los saldos positivos pasen a ser nulos, lo cual, entre otras cuestiones, exige el perfecto conocimiento de la estructura de signos de los diferentes balances, cuestión nada trivial.

Por otra parte, en este caso, dificultades operacionales aparte, los supuestos de trabajo difieren enormentente de los utilizados por Jean por lo que las conexiones con el método propuesto por éste son más que dudosas, y, desde luego, marginales en la cuestión que nos ocupa. De cualquier modo, el desarrollo de este método de conversión se puede encontrar en el citado trabajo de Domínguez Machuca y Durbán Oliva, y una exposición más exhaustiva en el de Azofra Palenzuela y Miguel Hidalgo (3), donde, además, aparecen claramente explícitas las conexiones con el método de Teichroew, Robichek y Montalbano (21).

4. La compatibilidad de los métodos de Jean y Merret-Sykes

Como hemos indicado más arriba, el criterio de Merret y Sykes gira en torno al mismo planteamiento que el de la tasa de reinversión de Jean, aún cuando los resultados tienen, obviamente, una interpretación muy diferente. En este apartado pretendemos precisar cuál es esta relación, que como veremos, puede calificarse de relación de complementariedad. Pero como paso previo es absolutamente indispensable asegurar la aplicabilidad simultánea de ambos criterios.

En principio, dados los estrechos contactos conceptuales, podría suponerse que el campo de aplicabilidad es idéntico en los dos casos. Ahora bien, la existencia de dos puntos de valoración distintos en el proceso de Merret y Sykes, y de uno solo en el de Jean, motiva el que las proposiciones enunciadas más arriba sobre existencia y unicidad, caso de ser aplicables simultáneamente, no sean equivalentes. Existen inversiones que poseen una única TJ positiva, y sin embargo no admiten la aplicación del método de Merret y Sykes, y viceversa.

Este hecho queda probado en los siguientes contraejemplos.

Contraejemplo 1. – Sea el proyecto de inversión:

-1	16	-16

Para un coste del capital del 0,05, la tasa de Jean obtenida es de 0,07. Sin embargo, el proyecto equivalente en el sentido de Merret y Sykes es -1 ⊢——⊣ 0,76, que, como se observa no tiene una TIR positiva.

Contraejemplo 2. – Sea el proyecto de inversión:

-1	100	-10

Para un coste del capital de 0,10, el proyecto simple equivalente es -10 90,9 cuya TIR es de 8,09. Sin embargo, para ese mismo coste, el umbral de rentabilidad de Jean es negativo.

Así pues, en principio, una de las razones de la complementariedad de ambos criterios o métodos de valoración es la no aplicabilidad simultánea de los mismos en algunos casos. Pero, como veremos, la relación es mucho más estrecha.

En el momento de hacer esta comparación y resueltos los problemas de aplicabilidad, hemos de recordar el supuesto de existencia paralela de un proyecto de inversión y otro de financiación «ideales» que exige el método de Jean. Fijado el coste del capital, la TJ indicará la rentabilidad mínima que se debe exigir al proyecto de inversión alternativo para que el proyecto problema sea viable. Es evidente que, en este momento habría que valorar la rentabilidad de esa inversión ideal para determinar si supera o no el umbral indicado, y puesto que en multitud de ocasiones se puede carecer de otro proyecto aparte del que se somete a examen, deberíamos valorar la rentabilidad del propio proyecto de inversión. Aparentemente, pues, en el caso de no existencia de proyectos diferenciales de inversión, la tasa de rentabilidad de Jean, por sí sola, no resuelve el problema de valoración encontrándonos en un círculo vicioso. Más adelante trataremos nuevamente este tema.

Por el momento, con los métodos apuntados podemos resolver el problema, complementando el criterio de Jean con el de Merret y Sykes. Es decir, una vez determinado el umbral mínimo de Jean, TJ, para k fijo, hallaremos el TMS para ese mismo k. Si el tipo obtenido supera el umbral de Jean la inversión será viable, y en caso contrario se rechazará.

Es obvio que este método, que de ahora en adelante denominaremos «método mixto de valoración», puede, a priori, presentar un problema de incompatibilidad. Es necesario precisar si se puede producir el caso en que TMS supera el umbral de Jean (la inversión se aceptaría por el método mixto), y, sin embargo, es menor que k (con lo que se rechazaría por el método de Merret y Sykes).

Antes de determinar si es posible que se produzcan este tipo de situaciones, valoraremos tres proyectos distintos de inversión con el método propuesto.

Ejemplo 1.—

-300 200 200 -50

La relación funcional obtenida por Jean es:

$$-300\,(1+K)^3 + 200\,(1+r)^2 + 200\,(1+r) \;-50 = 0$$

Para K = 0,17, el umbral mínimo es de 0,2.

Para ese mismo coste del capital, la inversión equivalente según Merret y Sykes es:

-300 200 157

Así, la TMS es de 0,13, menor que el umbral de Jean, por lo que se rechazaría el proyecto.

Ejemplo 2.—

-300	250	200	-50

Siguiendo una metodología similar, para K = 0,17:

TJ = 0,11; TMS = 0,25, con lo que se aceptaría el proyecto.

Ejemplo 3.—

-300	200	219	-50

Para K = 0,17, TJ = 0,17 y TMS = 0,17, con lo que el proyecto sería indiferente.

Estos tres ejemplos abarcan todas las posibles posiciones entre TMS y TJ, y en ellos, como se observa, no se produce la contradicción a la que hacíamos referencia más arriba: el criterio mixto y el de Merret y Sykes coinciden.

Trataremos a continuación, de generalizar estos resultados, con lo cual, no sólo probaremos la compatibilidad de los criterios de Jean y Merret-Sykes, sino que también resolveremos el problema de circularidad que planteaba, aparentemente, el método de Jean. Este resultado se recoge en el siguiente teorema fundamental:

Teorema de compatibilidad.—Sea un proyecto de inversión

N_0	P_1 ...	P_s	N_{s+1} ...	N_{s+t}

$(N_j < 0; P_i \geq 0)$

tal que admite, para un coste del capital fijo, k, una única TJ = r positiva, y una única TMS positiva r'. Considerando r' como la rentabilidad del proyecto de inversión (alternativo para Jean), los criterios de Jean y Merret y Sykes coinciden, es decir:

I.—SI r' > r, entonces r' > k
II.—SI r' < r, entonces r' < k
III.—SI r' = r, entonces r' = k

Demostración.—Por definición, r verifica:

$$1.\quad P_1(1+r)^{s+t-1} + \ldots + P_s(1+r)^t = -N_0(1+k)^{t+s} - N_{s+1}(1+k)^{t-1} - \ldots - N_{s+t}$$

Análogamente, r' verifica:

$$2.\quad N_0(1+r')^j = P_1(1+r')^{j-1} + \ldots + P_{j-1}(1+r') + P'_j = 0$$

siendo

3. $P'_j = P_j + P_{j+1}/(1+k) + ... + P_s/(1+k)^{s-j} + N_{s+1}/(1+k)^{s+1-j} + ... + N_{s+t}/(1+k)^{s+t-j} \geq 0$

y j el mayor subíndice que verifica la inecuación (3).
Si r' > r, sustituyendo en (1).

4. $P_1(1+r')^{s+t-1} + ... + P_s(1+r')^t > -N_0(1+k)^{t+s)}-N_{s+1}(1+k)^{t-1} -...- N_{s+t}$

De (2) y (3) se deduce:

5. $P_1(1+r')^{j-1}(1+k)^{s+t-j} + ... + P_{j-1}(1+r')(1+k)^{s+t-j} + P_j(1+k)^{s+t-j} + ... + + ... + P_s(1+k)^t = -N_0(1+r')^j(1+k)^{s+t-j}-N_{s+1}(1+k)^{t-1} -...- N_{s+t}$

Si r' < k, de (4) y (5) se deduce:

6. $-N_0(1+r')^j(1+k)^{s+t-j}-N_{s+1}(1+k)^{t-1} -...-...N_{s+t}P_1(1+r')^{s+t-1} + ... + + ... + P_s(1+r')^t > N_0(1+k)^{t+s}-N_{s+1}(1+k)^{t-1} -...- N_{s+t}$

es decir:

$-N_0(1+r')^j(1+k)^{s+t-j} > N_0(1+k)^{t+s}$

Hecho que contradice que r' < k, con lo que queda probado I.

Si r > r', la desigualdad 4 cambia de sentido. Si se verificara r' > k, cambiaría de sentido, asimismo, la desigualdad 6, de donde:

$-N_0(1+r')^j(1+k)^{s+t-j} < -N_0(1+k)^{t+s}$

Que entra en contradicción con que r' > k, y prueba II.

El caso III es consecuencia inmediata de los dos anteriores.

Con este teorema de compatibilidad queda establecida la estrecha relación entre los métodos de los autores que nos ocupan, hecho que, como indicamos, constituye uno de los motivos fundamentales de este trabajo. Asimismo, la tasa de Jean, que no puede calificarse, en ningún momento de tasa de rendimiento interno, pasa a fijar umbrales para un tipo de tasa que sí puede ser calificada así.

Antes de concluir, queremos destacar el hecho de que la elección de las formas de financiación y los criterios de reinversión dependerán de multitud de variables, muchas de ellas exógenas al propio proyecto. Pero, en todo caso, sea cual sea la opción que se tome, es claro que, mediante una metodología análoga a la propuesta, se puede realizar un análisis de rentabilidad, con o sin inversiones referenciales, de costes de financiación admisibles, etc.

Bibliografía

1. ABRIL PEREZ, Luisa: «Criterios formales de selección de inversiones empleados en España». *B.E.E.* n. 97. Abril 1976.
2. AGOSTINI JASPARI, Lorenzo: «Los criterios de selección de inversiones y su aplicación en la empresa española». *B.E.E.* n. 105. Diciembre 1978.

3. AZOFRA PALENZUELA, V; DE MIGUEL HIDALGO, A. «El problema de la inconsistencia del criterio de la tasa interna de rendimiento y una propuesta de solución». *Anales de Estudios Económicos y Empresariales*. Valladolid 1987.
4. CONDE LOPEZ, Alejandro: «Tratado sobre inversiones». *Ed. INDEX*. Madrid 1976.
5. CRISTOBAL ZUBIZARRETA, J. María. «El criterio de la pseudotasa de retorno en las inversiones no puras». *Esic Market* n. 36. Septiembre-diciembre 1981.
6. CRISTOBAL ZUBIZARRETA, J.M. «El problema de la unicidad de tasa de retorno de una inversión: una aproximación». *Gestión científica* n. 1. 1983.
7. DOMINGUEZ MACHUCA, J.A., y DURBAN OLIVA, S. «La tasa real de inversiones de los flujos netos de caja generados en los proyectos de inversión». *Revista de Economía política*. n. 90. Enero-abril 1982.
8. JEAN, W.H. «Teoría analítica de la financiación». *Editorial Ariel*. Barcelona 1976.
9. JORDANO PEREZ, Juan. «Panorama y literatura sobre selección de inversiones». *B.E.E.* n. 105. Diciembre 1978.
10. MAO JAMES, T.C. «Análisis financiero». *Editorial El Ateneo*. Buenos Aires 1975.
11. MARTIN DAVILA, M. «Problemática del cálculo de la rentabilidad en operaciones de inversión/financiación: una nueva aproximación». *Esic Market* n. 45. Febrero-septiembre 1984.
12. MARTIN DAVILA, M. «El tipo de rendimiento interno generalizado y su aplicación en la programación de inversiones». *En Temas actuales de gestión de empresas*. C.U.R. Sevilla 1986.
13. MERRET, A.J., y SYKES, A. «The Finance and Analysis of Capital Projects». *Longman*. Londres 1963.
14. MONTLLOR, J. «Proyectos mixtos y proyectos agregados». *B.E.E.* n. 115. Abril 1982.
15. PEUMANS, H. «Valoración de proyectos de inversión». *Ed. Deusto*. Bilbao 1976.
16. PRIETO PEREZ, E. «Decisiones de inversión». *Revista española de financiación y contabilidad*. n. 17. Julio-septiembre 1976.
17. PUIG ANDREU, J.V.; RENAU PIQUERAS, J.J. «Análisis y evaluación de proyectos de inversión175. *Ed. Hispano Europea*. 1981.
18. SCHNEIDER, E. «Teoría de la inversión. Cálculo de la economicidad». *El Ateneo*. Buenos Aires 1956.
19. SUAREZ SUAREZ, Andrés S. «Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa». *Ed. Pirámide*. Madrid 1983.
20. TARRAGO, F. «Decisiones de inversión en la empresa. Cálculo de economicidad de los proyectos». *Ed. Hispano Europea*. Barcelona 1978.
21. TEICHROEW, ROBICHEK y MONTALBANO: «An analysis of criteria for investment and financing decissions under certainty». *Management Science*. Nov. 1975.