Sustento del uso justo de Materiales Protegidos

derechos de autor para fines educativos

UCI

Universidad para la Cooperación Internacional

UCI

Sustento del uso justo de materiales protegidos por derechosde autor para fines educativos

El siguiente material ha sido reproducido, con fines estríctamente didácticos e ilustrativos de los temas en cuestion, se utilizan en el campus virtual de la Universidad para la Cooperación Internacional – UCI - para ser usados exclusivamente para la función docente y el estudio privado de los estudiantes en el curso Gestión de Proyectos I perteneciente al programa académico Maestría en Inocuidad de Alimentos.

La UCI desea dejar constancia de su estricto respeto a las legislaciones relacionadas con la propiedad intelectual. Todo material digital disponible para un curso y sus estudiantes tiene fines educativos y de investigación. No media en el uso de estos materiales fines de lucro, se entiende como casos especiales para fines educativos a distancia y en lugares donde no atenta contra la normal explotación de la obra y no afecta los intereses legítimos de ningún actor .

La UCI hace un USO JUSTO del material, sustentado en las excepciones a las leyes de derechos de autor establecidas en las siguientes normativas:

a- Legislación costarricense: Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos, No.6683 de 14 de octubre de 1982 - artículo 73, la Ley sobre Procedimientos de Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual, No. 8039 – artículo 58, permiten el copiado parcial de obras para la ilustración educativa.
b- Legislación Mexicana; Ley Federal de Derechos de Autor; artículo 147.
c- Legislación de Estados Unidos de América: En referencia al uso justo, menciona: "está consagrado en el artículo 106 de la ley de derecho de autor de los Estados Unidos (U.S,Copyright - Act) y establece un uso libre y gratuito de las obras para fines de crítica, comentarios y noticias, reportajes y docencia (lo que incluye la realización de copias para su uso en clase)."
d- Legislación Canadiense: Ley de derechos de autor C-11– Referidos a Excepciones para Educación a Distancia.
e- OMPI: En el marco de la legislación internacional, según la Organización Mundial de Propiedad Intelectual lo previsto por los tratados internacionales sobre esta materia. El artículo 10(2) del Convenio de Berna, permite a los países miembros establecer limitaciones o excepciones respecto a la posibilidad de utilizar lícitamente las obras literarias o artísticas a título de ilustración de la enseñanza, por medio de publicaciones, emisiones de radio o grabaciones sonoras o visuales.

Además y por indicación de la UCI, los estudiantes del campus virtual tienen el deber de cumplir con lo que establezca la legislación correspondiente en materia de derechos de autor, en su país de residencia.

Finalmente, reiteramos que en UCI no lucramos con las obras de terceros, somos estrictos con respecto al plagio, y no restringimos de ninguna manera el que nuestros estudiantes, académicos e investigadores accedan comercialmente o adquieran los documentos disponibles en el mercado

editorial. sea directamente los documentos, o por medio de bases de datos científicas, pagando ellos mismos los costos asociados a dichos accesos.

CAPÍTULO 16

Criterios de evaluación de proyectos

En los capítulos anteriores se han revisado todos los aspectos relativos a la preparación de la información que posibilitará evaluar un proyecto en función de las oportunidades opcionales disponibles en el mercado. En este sentido, la evaluación comparará los beneficios proyectados asociados a una decisión de inversión con su correspondiente flujo de desembolsos proyectados.

El objetivo de este capítulo es analizar las principales técnicas de medición de la rentabilidad de un proyecto individual. Para ello se hará el supuesto, que en el próximo capítulo se abandona, de que se está en un ambiente de certidumbre.

Fundamentos de matemáticas financieras

Las matemáticas financieras manifiestan su utilidad en el estudio de las inversiones, puesto que su análisis se basa en la consideración de que el dinero, sólo porque transcurre el tiempo, debe ser remunerado con una rentabilidad que el inversionista le exigirá por no hacer un uso de él hoy y aplazar su consumo a un futuro conocido. Éste es lo que se conoce como *valor tiempo del dinero*.

En la evaluación de un proyecto, las matemáticas financieras consideran a la inversión como el menor consumo presente y a la cuantía de los flujos de caja en el tiempo como la recuperación que debe incluir esa recompensa.

La consideración de los flujos en el tiempo requiere la determinación de una tasa de interés adecuada que represente la equivalencia de dos sumas de dinero en dos periodos diferentes.

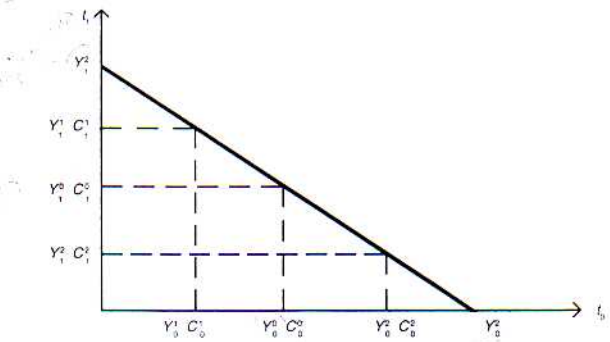
Para apreciar los conceptos de valor del dinero en el tiempo, flujos capitalizados y flujos descontados, considérese el gráfico 16.1. Supóngase una persona con un ingreso presente de Y_0^0, representado en el eje del momento presente t_0, y un ingreso futuro de Y_1^0, representado en el eje del tiempo futuro (periodo próximo) t_1. Con ambos ingresos, es posible un consumo actual C_0^0 y un consumo futuro C_1^0. Sin embargo, también es posible un consumo C_0^1 actual, que permitirá ahorros potencialmente invertibles en alguna oportunidad que genere un interés i, de tal manera que en el periodo 1 el ingreso Y_1^0 se vería incrementado a Y_1^1. Esto es:

$$Y_1^1 = (C_0^0 - C_0^1)(1 + i) + Y_1^0 \qquad (16.1)$$

La abstención de un consumo presente espera una recompensa futura representada por i, Por tanto:

$$(C_0^0 - C_0^1) < (Y_1^1 - Y_1^0).$$

Gráfico 16.1



Si se ahorrase todo el ingreso actual, vale decir, si no hubiera consumo en el periodo cero, el ingreso futuro esperado máximo sería el representado por Y_1^2 en el gráfico, donde:

$$Y_1^2 = Y_0^0 (1 + i) + Y_1^0 \tag{16.2}$$

De igual forma, el consumo actual se puede incrementar recurriendo a préstamos, por ejemplo, a cuenta de futuros ingresos. En el gráfico, un consumo actual de C_0^2 reduce la capacidad de consumo futuro a C_1^2, donde :

$$(C_0^2 - C_0^0)\,(1 - i) = (C_1^0 - C_1^2)$$

y donde:

$$C_0^2 = C_0^0 + \frac{C_1^0 - C_1^2}{(1 + i)} \tag{16.3}$$

El máximo consumo actual está limitado, entonces, por el punto Y_0^2 de gráfico, o sea,

$$Y_0^2 = \frac{C_1^0}{(1 + i)} \quad C_0^0 \tag{16.4}$$

Bien puede apreciarse que la línea que une Y_0^2 con Y_1^2 representa el lugar geométrico de todas las combinaciones de consumo presente y futuro equivalentes en términos de valor tiempo del dinero. El valor capitalizado es Y_1^2, que, en consecuencia, representa el mismo atractivo que Y_0^2 para el inversionista, en términos de valoración de sus flujos de ingreso en el tiempo.

Al representar la recta alternativas idénticas en preferencias de consumo actual y futuro, puede medirse el valor del dinero en el tiempo en cualquiera de sus puntos. Por simplicidad de cálculo, convendrá hacerlo o en Y_1^2 o en Y_0^2. Hacerlo en Y_1^2 es calcular un valor capitalizado, mientras que hacerlo en Y_0^2 es calcular un valor actualizado o descontado.

Aun cuando se inició el capítulo señalando la medición de la rentabilidad en términos capitalizados, ahora puede apreciarse que hacerlo en valores actuales proporciona idéntica base de comparación. El uso generalizado de esta última posibilidad hará que los análisis sucesivos de evaluación se hagan sobre la base de valores actuales.

Bierman y Smidt[1] explican el significado del valor actual señalando que "un dólar recibido ahora es más valioso que un dólar recibido dentro de cinco años en virtud de las posibilidades de inversión disponibles para el dólar de hoy. Al invertir o prestar el dólar recibido hoy, puedo tener considerablemente más de mi dólar dentro de cinco años. Si el dólar recibido se emplea ahora para el consumo, estaré dando más que el valor de un dólar de consumo en el año cinco. Por esta razón, los ingresos futuros deben descontarse siempre".

El objetivo de descontar los flujos de caja futuros proyectados es entonces, determinar si la inversión en estudio rinde mayores beneficios que los usos de alternativa de la misma suma de dinero requerida por el proyecto.

Los principales métodos que utilizan el concepto de flujo de caja descontado son el valor actual neto (*VAN*) y la tasa interna de retorno (*TIR*). Menos importante es el de razón beneficio-costo descontada.

Aunque actualmente cualquier calculadora financiera de bolsillo permite la aplicación directa de las matemáticas financieras a los procedimientos de evaluación basados en flujos de caja descontados, el apartado siguiente trata del uso de tablas financieras en la aplicación matemática a su solución.

El análisis de las técnicas principales de evaluación, las de flujo de caja descontado, requiere la utilización de las matemáticas financieras para su aplicación. Si bien la operativa mecánica es altamente sencilla, por los avances en el campo de la minicomputación y calculadoras de bolsillo que poseen programas financieros de solución incorporada, es absolutamente necesario conocer sus fundamentos conceptuales para su correcta aplicación.

Supóngase que se invierten $1.000 a una tasa pactada del 10% anual compuesto. Al término de un año se tendrán los $1.000 invertidos más $100 de interés sobre la inversión. Es decir, se tendrán $1.100 que se obtuvieron de:

[1] H. Bierman y S. Smidt, *El presupuesto de bienes de capital*. México: Fondo de Cultura Económica, 1977, p. 78.

$$1.000 + \frac{10}{100} (1.000) = 1.100$$

lo que también puede escribirse

$$1.000 (1 + 0,10) = 1.100$$

Si la inversión inicial, o valor actual, se representa por *VA*, el interés por *i* y el resultado de la operación, o valor futuro, por *VF*, puede generalizarse este cálculo en la siguiente expresión:

$$VA (1 + i) = VF \qquad (16.5)$$

Si al término del primer año la ganancia no se retira sino que se mantiene depositada junto con la inversión inicial por otro año más, al finalizar éste se tendrá, por el mismo procedimiento:

$$1.100 + 1.100 (0,10) = 1.210$$

que es lo mismo que

$$1.100 (1 + 0,10) (1 + 0,10) = 1.210$$

Recordando cómo se obtuvieron los 1.100, se puede remplazar para tener la expresión

$$1.000 (1 + 0,10) (1 + 0,10) = 1.210$$

Simplificando se obtiene:

$$1.000 (1 + 0,10)^2 = 1.210$$

De aquí puede generalizarse a:

$$VA (1 + i)^n = VF \qquad (16.6)$$

donde *n* representa el número de periodos durante los cuales se quiere capitalizar la inversión inicial.

Al simplificar el proceso de capitalización en una ecuación como la 16.6, se permitió la elaboración de tablas financieras que presentan el valor de $(1 + i)^n$ para cualquier combinación de *i* y *n*.

Si se revisa la tabla 1 al final del texto, podrá calcularse más fácilmente el valor futuro de una inversión de $1.000, capitalizada a dos años a una tasa de interés del 10%. Para ello se busca la fila correspondiente a 2 periodos y se sigue por esta fila hasta el número correspondiente a la columna del 10%, donde está el valor 1,2100. Luego, el valor capitalizado al cabo de dos años es

$$\$1.000\ (1{,}2100) = \$1.210$$

Recordando la ecuación 16.6, se despeja *VA* para calcular el valor actual de un monto futuro conocido, quedando

$$VA = \frac{VF}{(1 + i)^n} \tag{16.7}$$

que puede expresarse como

$$VA = VF \left[\frac{1}{(1 + i)^n}\right] \tag{16.8}$$

También se han elaborado tablas para este valor. La tabla 2 al final del libro presenta el valor de este factor de actualización.

Para el ejemplo ya utilizado se tiene que se desea conocer el valor actual de $1.210 de dos años más a una tasa pertinente de interés del 10%. Frente a la fila de dos periodos se busca la columna correspondiente al 10% y se obtiene el factor 0,8264. Al multiplicar este factor por los $1.210 resulta $999,94[2].

Considérese ahora un caso diferente. En vez de un depósito inicial único de $1.000, se depositarán $1.000 solamente al término de cada año. Para determinar cuánto se habrá capitalizado al finalizar tres años al 10% de interés anual, el procedimiento sigue la misma lógica anterior.

Si cada depósito se realiza al término de cada año, la inversión del primer año ganaría intereses por 2 periodos, la del segundo por uno y la del tercero no habría ganado aún sus intereses. Esta situación se presenta en el cuadro 16.1.

[2] La aproximación se debe a que el factor exacto es 0,826446281.

Cuadro 16.1

Cálculo del valor futuro

Periodo	Inversión	Factor de capitalización	Valor presente
1	1.000	$(1+i)^2$	1.210
2	1.000	$(1+i)^1$	1.100
3	1.000	$(1+i)^0$	1.000
Total			3.310

A los $1.000 de depósito anual se les denomina anualidad. Si ésta es una cuota constante, que se representará por C, se puede generalizar la presentación del cuadro 16.1 en la siguiente expresión:

$$VF = C\,(1 + i)^0 + C\,(1 + i)^1 + \ldots + C\,(1 + i)^{n-1} \qquad (16.9)$$

Del cuadro 16.1 se deduce que la potencia del último factor de capitalización es n - 1, donde n es el número de periodos para capitalizar. De esta forma, la ecuación 16.9 puede expresarse como:

$$VF = C \sum_{t=0}^{n-1} (1 + i)^t \qquad (16.10)$$

La tabla 3 al final del texto presenta el valor de la sumatoria. Para nuestro ejemplo, se busca en la fila correspondiente a $n = 3$ el valor del factor en la intersección con la tasa de interés del 10%, encontrándose el factor 3,3100. Al multiplicar $1.000 por este factor, se obtienen los $ 3.310 que se habían calculado en el cuadro anterior.

Si se quisiera calcular el valor actual de los mismos depósitos, se tendrá la posición que se representa en el cuadro 16.2.

Cuadro 16.2

Cálculo del valor presente

Periodo	Inversión	Factor de descuento	Valor presente
1	1000	$1/(1+i)^1$	909,09
2	1.000	$1/(1+i)^2$	826,45
3	1.000	$1/(1+i)^3$	751,31
Total			2.486,85

Nótese que en este caso se desea expresar la suma de las anualidades en moneda equivalente al periodo cero.

Si la anualidad es constante, se puede generalizar lo anterior en la siguiente ecuación:

$$VA = C\left[\frac{1}{(1+i)^1}\right] + C\left[\frac{1}{(1+i)^2}\right] + \ldots + C\left[\frac{1}{(1+i)^n}\right] \quad (16.11)$$

que se puede expresar como:

$$VA = C\sum_{t=1}^{n}\frac{1}{(1+i)^t} \quad (16.12)$$

La tabla 4, al final del texto, presenta el valor de la sumatoria para distintas combinaciones de i y n. En nuestro ejemplo, frente a la fila de tres periodos se encuentra el factor 2,4868, que corresponde a un interés del 10%. Al multiplicar este factor por los $1.000 del valor de la cuota, se tiene $2.486,8 que representan el valor actual de tres cuotas de $1.000 cada una, disponibles al término de cada año a partir del próximo.

Ahora bien, si se quisiera determinar la cuota anual que es necesario depositar a una cierta tasa de interés para que al final de un número dado de periodos se tenga una cantidad deseada, sólo se necesita reordenar la ecuación 16,10, despejando la variable que se desea conocer, o sea:

$$C = \frac{VF}{\sum_{t=0}^{n-1}(1+i)^t} \quad (16.13)$$

Puesto que el denominador de la ecuación es un factor determinable por la tabla 3 al final del libro, la solución es inmediata.

Por ejemplo, si se desea calcular la suma anual por depositar al 10% anual durante tres años para que a su término se disponga de $5.000, se tiene que:

$$C = \frac{5.000}{\sum_{t=0}^{2}(1+0{,}10)^t}$$

En la tabla, el denominador corresponde al factor 3,3100, que señala la intersección de $n = 3$ e $i = 10\%$. Luego,

$$C = \frac{5.000}{3,3100} = \$1.510,57$$

Por tanto, la cuota anual necesaria para lograr el resultado esperado es de $1.510,57.

Un análisis similar se realiza para calcular el retiro anual de un depósito actual a una tasa de interés dada. En este caso, es la ecuación 16,12 la que se reordena despejando la variable cuota, que representa el monto de los retiros, de la siguiente manera:

$$C = \frac{VA}{\sum_{t=1}^{n} \frac{1}{(1+i)^t}} \qquad (16.14)$$

Al representar el factor denominador que proporciona la tabla 4 al final del texto, dados una tasa de interés y un número de periodos, la solución es inmediata.

El análisis es levemente más complejo para calcular la tasa de interés o el plazo, aunque el procedimiento para ambos es idéntico.

Si la incógnita que se va a calcular es i o n para una inversión única presente que reditúa un beneficio único futuro, se vuelve a la ecuación 16.6, despejando la totalidad del factor de la tabla. Es decir,

$$(1+i)^n = \frac{VF}{VA} \qquad (16.15)$$

Puesto que VF y VA son conocidos, al dividir el primero por el segundo se conoce el valor del factor. Luego se busca éste en la tabla 1 al final del texto, frente a la fila o columna correspondiente, dependiendo de cuál sea la variable incógnita.

Por ejemplo, si se desea conocer qué tasa de interés está pagando determinada fuente de inversión que ofrece devolver $1.999 dentro de nueve años por cada $1.000 depositados hoy, se remplaza en la ecuación 16.15 con estos valores, y se obtiene:

$$(1+i)^9 = \frac{1.999}{1.000}$$

De aquí se tiene que el factor es 1,999, que corresponde a un $n = 9$ y a un i desconocido. Por tanto, en la fila de $n = 9$ se busca el valor dado por el factor que se encuentre en la intersección con la columna del 8%. De aquí se obtiene que la tasa ofrecida como interés por el depósito es del 8%.

Nótese la aplicación idéntica para calcular el número de periodos cuando se conoce la tasa de interés.

Para los tres métodos restantes el proceso es idéntico. Quizá la única complejidad esté en definir la tabla que debe usarse. Sin embargo, ésta se determina básicamente por el planteamiento correcto del problema, en los términos señalados previamente.

Es muy probable que en la mayoría de los casos la tasa de interés o el plazo esté fraccionado. Para solucionar esto se recurre a un procedimiento simple, denominado método de interpolación lineal.

Supóngase que una inversión actual de $1.000 reditúa tres pagos iguales de $400. Para calcular la tasa de interés de la operación se aplica la ecuación 16.12, de donde se deduce que la tasa está entre 9% y 10%, al despejar el factor y buscar en la tabla correspondiente.

El método de interpolación lineal resuelve el problema a través de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\left[\frac{f_p - \frac{VA}{C}}{f_p - f_q} \right] (i_q - i_p)\ 100 + (i_p \times 100) \qquad (16.16)$$

donde

f_p = Factor de la tabla correspondiente a la menor de las dos tasas de interés

f_q = Factor de la tabla correspondiente a la mayor de las dos tasas de interés

i_p = Tasa de interés menor de las dos

i_q = Tasa de interés mayor de las dos

Si se aplica este procedimiento a nuestro ejemplo, se tiene:

$$\left[\frac{2,5313 - 2,5000}{2,5313 - 2,4868} \right] (0,10 - 0,09)\ 100 + (0,09 \times 100) = 9,70\%$$

Es decir, la tasa de interés ofrecida en este ejemplo es de 9,70%, aproximadamente.

Aun cuando el método de interpolación lineal contribuye a la solución, el resultado que entrega no es exacto, debido a que supone que la relación existente entre los factores de ambas tasas de interés es lineal.

El error de esto se manifiesta al tomar rangos mayores (por ejemplo, interpolar entre los factores correspondientes a 5% y 15%). Mientras más cercanas estén las tasas del rango, mayor confianza dan sus resultados.

Un último caso lo constituye la actualización de flujos (o cuotas, como se han denominado hasta ahora) con valores desiguales. Para descontar este flujo debería hacerse normalmente cuota a cuota, salvo cuando la composición propia de cada uno permita algún tipo de agrupación simplificadora. Tal es el caso cuando se tiene, por ejemplo, un flujo desigual en cada uno de sus primeros cuatro años, pero después continúa un monto para la cuota constante durante seis años más. Mediante la ecuación 16,12 se actualiza la cuota constante al periodo 4 (tomado como cero para esta actualización intermedia), procediendo posteriormente a actualizar cuota por cuota hasta el periodo cero real.

El criterio del valor actual neto

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto (*VAN*) es igual o superior a cero, donde el *VAN* es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual.

Al utilizar las ecuaciones del apartado anterior, se puede expresar la formulación matemática de este criterio de la siguiente forma[3]:

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^{n} \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_o \qquad (16.17)$$

donde Y_t representa el flujo de ingresos del proyecto, E_t sus egresos e I_o la inversión inicial en el momento cero de la evaluación. La tasa de descuento se representa mediante i.

Aunque es posible aplicar directamente esta ecuación, la operación se puede simplificar a una sola actualización mediante:

[3] El subíndice t en los ingresos y egresos sólo quiere explicar la posibilidad de valores diferentes en el flujo de caja del proyecto.

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{Y_t - E_t}{(1 + i)^t} - I_o \qquad (16.18)$$

que es lo mismo que

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{BN_t}{(1 + i)^t} - I_o \qquad (16.19)$$

donde BN_t representa el beneficio neto del flujo en el periodo t. Obviamente, BN_t puede tomar un valor positivo o negativo.

Al aplicar este criterio, el *VAN* puede tener un resultado igual a cero, indicando que el proyecto renta justo lo que el inversionista exige a la inversión; si el resultado fuese, por ejemplo, 100 positivos, indicaría que el proyecto proporciona esa cantidad de remanente por sobre lo exigido. Si el resultado fuere 100 negativos, debe interpretarse como la cantidad que falta para que el proyecto rente lo exigido por el inversionista.

El criterio de la tasa interna de retorno

El criterio de la tasa interna de retorno (*TIR*) evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual[4]. Como señalan Bierman y Smidt[5], la *TIR* "representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo (principal e interés acumulado) se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo". Aunque ésta es una apreciación muy particular de estos autores (no incluye los conceptos de costo de oportunidad, riesgo ni evaluación de contexto de la empresa en conjunto), sirve para aclarar la intención del criterio.

La tasa interna de retorno puede calcularse aplicando la siguiente ecuación:

[4] Que es lo mismo que calcular la tasa que hace al *VAN* del proyecto igual a cero.

[5] Bierman y Smidt, *El presupuesto...*, p. 39.

$$\sum_{t=1}^{n} = \frac{Y_t}{(1+r)^t} \sum_{t=1}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t} + I_o \qquad (16.20)$$

donde r es la tasa interna de retorno. Al simplificar y agrupar los términos, se obtiene lo siguiente:

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{Y_t - E_t}{(1+r)^t} - I_o = 0 \qquad (16.21)$$

que es lo mismo que

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_o = 0 \qquad (16.22)$$

Comparando esta ecuación con la 16.19, puede apreciarse que este criterio es equivalente a hacer el *VAN* igual a cero y determinar la tasa que permite el flujo actualizado ser cero.

La tasa así calculada se compara con la tasa de descuento de la empresa. Si la *TIR* es igual o mayor que ésta, el proyecto debe aceptarse y si es menor debe rechazarse.

La consideración de aceptación de un proyecto cuyo *TIR* es igual a la tasa de descuento, se basa en los mismos aspectos que la tasa de aceptación de un proyecto cuyo *VAN* es cero.

En determinadas circunstancias, el flujo de caja de un proyecto adopta una estructura tal, que más de una tasa interna de retorno puede utilizarse para resolver la ecuación 16.22.

James Lorie y Leonard Savage[9] fueron los primeros en reconocer la existencia de tasas internas de retorno múltiples. Para ilustrar esta situación utilizan el ejemplo de un proyecto que requiere una inversión inicial de $1.600, que permitirá recuperar $10.000 de beneficio neto a fines del primer año. Si no se hace la inversión, la empresa igualmente recuperará los $10.000, pero a fines del segundo año.

El objetivo entonces, es evaluar una inversión inicial de $1.600 que informaría como provecho adelantar en un año la recepción de los beneficios del proyecto. El flujo del proyecto será, por tanto, el siguiente:

[9] J. Lorie y L. Savage, "Three Problems in Rationing Capital". En *Foundation for Financial Management*. HomeWood. Ill.: Irwin, 1966, p. 295.

Periodo	0	1	2
Flujo neto	-1.600	10.000	-10.000

Al sustituir mediante estos valores en la ecuación 16.22, se obtiene el siguiente resultado:

$$\frac{10.000}{(1 + r)} - \frac{10.000}{(1 + r)^2} - 1.600 = 0$$

Al calcular la tasa interna de retorno, r, de este flujo de caja, se encuentran dos tasas que solucionan la ecuación: 25% y 400%, que pueden calcularse de la siguiente forma:

$$0 = -1.600 + \frac{10.000}{(1 + r)} - \frac{10.000}{(1 + r)^2}$$

$$= \frac{-1.600\,(1 + r)^2 + 10.000(1 + r) - 10.000}{(1 + r)^2}$$

$$= 1.600\,(1 + r)^2 - 10.000\,(1 + r) + 10.000$$

que corresponde a una ecuación de segundo grado del tipo:

$$ax^2 + bx + c = 0 \qquad (16.23)$$

donde

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \qquad (16.24)$$

o sea,

$$x = (1 + r) = \frac{10.000 + \sqrt{(10.000)^2 - 4(1.600)\,(10.000)}}{2(1.600)}$$

$$= \frac{10.000 \pm 6.000}{3.200}$$