

ESTIMACIÓN DE LA TASA INTERNA DE RETORNO, EN PROYECTOS CON INVERSIONES NO SIMPLES A TRAVÉS DE UN MÉTODO DE DESAGREGACIÓN.

ESTIMATION OF THE INTERNAL RATE OF RETURN IN PROJECTS WITH NON SIMPLE INVESTMENTS ACROSS A METHOD OF DISAGGREGATION

José Luis Infante¹

RESUMEN

Los proyectos de inversión no simples sufren el efecto de Tasas Internas de Retorno Múltiples. El presente trabajo describe una metodología de elaboración propia para la estimación de la Tasa Interna de Retorno. A tal efecto, separa el flujo económico en componentes simples, calcula sus Tasas Internas de Retorno y, finalmente, selecciona la estimación representativa. Se describe la técnica mencionada complementando con ejemplos de aplicación, análisis clínicos de los efectos favorables y recomendaciones de uso.

Palabras Clave: Múltiple Tasa Interna de Retorno, Inversiones No Simples, Proyectos No Simples.

ABSTRACT

The non simple projects of investment suffer the effect of Internal Multiple Rates of Return. The present work describes a methodology of own production for the estimation of the Internal Rate of Return. It separates the cash flow in simple components, calculates the internal rates of return, and selects the representative estimation. The technology is described with examples of application, clinical analyses and recommendations of use.

Keywords: Multiple internal Rate of Returns, Non Simple Investment, Non Simple Projects.

¹Departamento de Ingeniería de la Producción, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina

Autor para correspondencia: jinfante@ing.unlp.edu.ar

Recibido: 17.05.2012 Aceptado: 15.10.2012

INTRODUCCIÓN

Propuesta y Objetivo del Trabajo

El trabajo describe y aplica una metodología de elaboración propia para la estimación de una Tasa Interna de Retorno (TIR) relevante en proyectos con flujos no simples, toda vez que, en estos casos, la matemática tradicional asociada al cálculo del indicador TIR puede ofrecer más de una medida. El método propuesto se suma entonces a las metodologías hoy conocidas que, en ciertos casos específicos, pueden presentar factores patológicos de distorsión.

Motivación

La motivación que impulsa el presente trabajo se fundamenta a partir de reconocer el uso frecuente del indicador TIR como medida de rentabilidad, por una parte; el uso de modelados para las inversiones bajo formatos no simples y el problema de estimación que se genera, por otra parte; y que las técnicas hoy conocidas para estimar la TIR en flujos no simples pueden presentar efectos patológicos que los inutilizan.

En relación al primer factor motivador ensayado, si bien es conocido que la TIR cuenta con problemas técnicos que pueden mermar su eficiencia como indicador de rentabilidad, el uso frecuente en decisiones de cartera y de inversión invita a profundizar el estudio de los casos complejos de estimación. Manuales tradicionales para la enseñanza en Finanzas la describen y analizan con profundidad; por ejemplo, Sapag (2007), Park (2009). Graham en (Graham, 2001) evidencia las preferencias de la TIR sobre otros indicadores, debido a sus competencias como medida de arbitraje que le facilita ser un indicador muy importante en protocolos y estándares de decisión. Por ejemplo, permite comparar el estado de rentabilidad tanto de un título de deuda como de la producción de puentes tarifados, o la explotación de campos sojeros. En Gitman y Forrester (1977) se relata las preferencias de los empresarios en su uso por varias razones, entre ellas, su carácter intuitivo.

Respecto al segundo factor de motivación, puede afirmarse que es frecuente que las estrategias de inversión compongan flujos no simples; por ejemplo, inversión modulada para el testeo de las factibilidades de venta, ampliaciones, inversiones en Mantenimiento Productivo Total, y otros tantos posibles. Luego, si el flujo es no simple, emerge el conflicto de múltiples TIR.

Finalmente, y respecto al tercer factor de motivación, en la actualidad existen métodos que resuelven el conflicto de estimación de TIR en flujos de inversión no simples, pero con eventuales patologías que los inutilizan; por ejemplo, la determinación de la tasa de corte en el método de TIR modificada TIR_m, la selección de la estimación de TIR en presencia de los tipos acotados por Newton-Raphson, y se han realizado avances en relación al cálculo de los tipos de reinversión y el frecuente problema de la tasa Fischer (Gonzalez, 1993).

Con lo expuesto, queda entonces fundamentada la motivación para el estudio de una estimación relevante de la TIR en inversiones con flujos no simples.

Estado de Arte y Antecedentes

Existe mucha literatura que trata el caso y propone desde técnicas subjetivas, que seleccionan a sentimiento o por criterio una de las TIR múltiples, hasta otras más sofisticadas donde se utilizan matemáticas superiores o mecanismos de aproximación.

Los antecedentes académicos sobre cálculo de TIR se remontan a los trabajos de Fischer (1930), Renshaw (1957), siendo discutido el problema de la TIR múltiple en Lorie y Savage (1955), a partir de los cambios de signo en el flujo de un proyecto. Hazen (2003) describe una

visión moderna del problema de las TIR múltiples y profundiza el estudio en casos estocásticos para flujos simples y no simples en su publicación del año 2009 (Hazen, 2009). Por su parte, diferentes autores han intentado diferentes caminos, desde la simple aproximación de Schneider (Schneider, 1944), el uso de Programación Lineal aplicado (Benhard, 1969), selección por Newton Raphson (Achong, 1988), el conocido método de TIR modificada (Findlay y Messner, 1973), el trabajo de Mosqueda (2009) para evaluaciones expost, el método por capitalización instantánea (Infante, 2010a; Infante, 2010b); todos ejemplos de trabajos donde se ha procurado resolver el conflicto de los tipos de TIR múltiples y que cuentan con un marco hipotético de aplicación que debe ser respetado en cada caso.

Un trabajo antecesor de Benjamin, en la mecánica que aquí se expone, es el intento de comprender un flujo no simple como funciones productivas y financieras que reflejan los valores económicos de la inversión (Benjamin, 1985). Esa visión del problema es relevante para la fundamentación y desarrollo técnico del método, toda vez que da pie para interpretar que, en un proyecto de inversión no simple, suceden diferentes funciones económicas que, si bien son interdependientes, reconocen un comportamiento y una medida de rentabilidad propia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material

Matemática de la TIR

Considerando una variable síntesis S_j^2 que mide el saldo de caja de un proyecto de inversión, la TIR mide en forma endógena la rentabilidad en acuerdo a la siguiente expresión algebraica del Valor Actual Neto (VAN) en ecuación (1)

$$VAN(TIR) = 0 = \sum_{j=0}^{j=n} \frac{S_j}{(1 + TIR)^j} \quad (1)$$

Los flujos de caja incumbentes son no simples cuando, cuanto menos, los saldos S_j reconocen estados positivos y negativos alternados más de una vez. En términos técnicos, siendo $\{S_j\}$ una sucesión temporal ordenada según índice $j=0\dots n$ con $n>2^3$ debe cumplirse que $S_j > 0$ y $S_{j+1} < 0$, o viceversa, un mínimo de dos veces. En estos casos se presenta el efecto de Tasa Interna de Retorno Múltiple, ya que no es posible garantizar que la derivada primera del flujo de caja siempre sea negativa⁴.

Patologías en Técnicas de Aplicación

Tomando como ejemplo los mecanismos de Separación de Raíces, Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRm), Capitalización Instantánea se observa que:

- 1- Los mecanismos de selección de raíces de polinomios permiten conocer las diferentes TIR múltiples, pero no detallan por sí mismos cuál de ellas tiene sentido económico. Claro que el sentido común, la aproximación de Schneider, o algún indicador contable,

² Saldo de Caja es la diferencia entre Ingresos y Egresos estimados según orden cronológico indicado por el indexador "j".

³ A los efectos que se presente un mínimo de dos cambios de signo.

⁴ Recuérdese que un flujo es simple cuando el polinomio resultante de la suma descontada de los saldos de caja ofrece: un valor positivo o 0 cuando el tipo de descuento es 0; su límite cuando el tipo de interés tiende a infinito es negativo; y su derivada primera es negativa.

siempre pueden ofrecer una medida de comparación que facilite la selección. Sin embargo, no siempre sucede eso.

- 2- La TIR_m requiere el uso del tipo de costo de oportunidad para su cálculo, siendo dicho valor una medida exógena que interfiere en el cálculo. En tal caso, si la medida de la TIR_m fuera utilizada para arbitraje, habría una patología insalvable.
- 3- La capitalización instantánea no ofrece una medida confiable cuando el montante inicial del flujo de caja es positivo.

Métodos

Formulación Matemática

Dada una secuencia de Flujo No Simple $\{S_j\}$, ordenada según índice $j=0\dots n$, se propicia su desagregación en subflujos $\{S_{kj}\}$ con $j=0\dots n$ y $k=1\dots m$, que cumplen la condición de agregación para cada $j=0\dots n$. que se describe en ecuación (2)

$$S_j = \sum_{k=0}^{k=m} S_{kj} \quad (2)$$

Luego se evalúa los k flujos obteniendo de ellos sus TIR, en acuerdo a su forma de cálculo tradicional en ecuación (3)

$$VAN_k(TIR_k) = \sum_{j=0}^{j=n} \frac{S_{kj}}{(1 + TIR_k)^j} = 0 \quad (3)$$

Determinación de la TIR del proyecto

Se postula la siguiente proposición:

La TIR del proyecto será aquella que cumple la condición $TIR = \text{MIN}(TIR_k)$.

Fundamentación

Los flujos de inversión no simples conjugan acciones de inversión productiva y otras de tipo financiera o comercial⁵. Por ejemplo, preventas y/o reembolsos, inversión modulada con comercialización activa⁶, son dos casos característicos. Sólo a los efectos del cálculo matemático se procede con la desagregación del flujo, separando los montantes incumbentes en procesos de inversión y/o financiamiento simple. Dichos subflujos dependen para su materialización de la mayoría de los otros subflujos⁷. Son cuasi interdependientes. Dada entonces esa condición, sólo es posible obtener el rendimiento que todos los subflujos son capaces de alcanzar. Formalmente, si una sucesión no simple $\{S_j\}$ ordenada según índice $j=0\dots n$ se desagrega en

⁵ Caso arquetípico de preventas muy común en espectáculos, venta de unidades habitacionales, etc...

⁶ Muy común en inversiones en plantas industriales que activan secuencialmente líneas de producción adicionales de acuerdo al comportamiento de la demanda.

⁷ Si esta condición no existiese, existen antecedentes académicos que responden el problema ya que se podría gerenciar por separado cada caso obteniendo sendas TIR.

subflujos $\{S_{kj}\}$ con $j=0..n$ y $k=1..m$ y que cumplen la condición de agregación antes descrita bajo rótulo (1) para cada $j=0..n$, tomando dos de ellas cualesquiera "s" y "l" tal que $k=1..s..l..m$ siendo posible que $s=1$ o $s=m$ y $l=1$ o $l=m$ con $s \neq l$, supuesto que $TIR_s < TIR_l$, siempre será posible suponer que $TIR_l = TIR_s + \alpha$ siendo $0 < \alpha < 1$. Luego, un subflujo compuesto por ambas sucesiones tal que $S_j^* = S_{sj} + S_{lj}$ nunca podrá alcanzar un valor de TIR_l pero seguramente alcanzará TIR_s .

Obsérvese la expresión siguiente en ecuación (4)

$$VAN_k(TIR_k) = \sum_{j=0}^{j=n} S_{sj} / (1 + TIR_s)^j + \sum_{j=0}^{j=n} S_{lj} / (1 + TIR_l)^j \quad (4)$$

Si fuera cierto que $TIR_k = TIR_l = TIR_s + \alpha$ sería cierta la expresión en ecuación (5)

$$VAN_k(TIR_k) = \sum_{j=0}^{j=n} S_{sj} / (1 + TIR_s)^j + \sum_{j=0}^{j=n} S_{lj} / (1 + TIR_s + \alpha)^j \quad (5)$$

Luego, el único rendimiento que ambos flujos pueden alcanzar es TIR_s y como el flujo "l" no se puede materializar sin el flujo "s", el proyecto sólo puede garantizar que se alcance un nivel de TIR_s . Generalizando este análisis para "m" subflujos, comparando dos a dos, se llegará a la condición manifestada, el cual indica que

$$TIR = MIN (TIR_k)$$

Con lo expuesto, queda fundamentada la proposición.

Técnicas para Desagregación de Flujos No Simples

Esta instancia de trabajo es de altísima importancia. Requiere conocimientos técnicos ingenieriles y de administración a los efectos de poder discriminar los flujos componentes. Sin lugar a dudas, resulta ser la etapa del método más crítico y sensible para su eficiencia. En la mecánica propuesta, lo que se pretende identificar son los procesos cuya agregación deriva en el flujo no simple. Por ejemplo, una modulación de la inversión o la ampliación es vista entonces como un nuevo proceso, del cuál derivan nuevas prestaciones, prestaciones más confortables u otra cualidad que deriva de la inversión realizada y que nunca podría materializarse en ausencia de la primera⁸. En consecuencia, con pleno conocimiento de las tareas que se deben procurar en el proceso, el criterio profesional a utilizar en la desagregación debe discernir cuáles componentes del flujo de caja se encuentran relacionados con uno u otro proceso incumbente. Esa desagregación siempre concluye en un flujo simple, toda vez que la lógica consecuente con un mecanismo de producción o uno de financiación, fatalmente implica un solo cambio de signo en los montantes financieros que lo explican. Con lo dicho, no existe una forma matemática que garantice la eficiencia buscada en el procedimiento de la desagregación, sino la experiencia, capacidad interpretativa e información del profesional que realizará la tarea.

⁸ Debe distinguirse este caso de la materialización de negocios colaterales. Un negocio colateral aprovecha los costos hundidos ante un particular comportamiento de la demanda y es individualizado en etapa de explotación del proyecto. En el caso de estudio, los flujos subordinados componen el "principal" del proyecto".

Subflujos Productivos y Financieros

Los flujos componentes o subflujos refieren a estimaciones económicas distintas, pero relacionados con un mismo proceso de inversión. Para facilidad académica, y siguiendo el trabajo (Benjamin, 1985) serán denominados subflujos productivos y subflujos de financiamiento. Los primeros refieren a los actos económicos, donde la secuencia temporal implica un proceso de inversión que produce capacidad instalada a los efectos de su activación en tiempos siguientes, siendo fruto de dicha activación los bienes que se comercializan. Un flujo simple que refleja tal cuestión, encuentra saldos negativos iniciales por efecto de la inversión, y saldos positivos siguientes, por efecto de las ventas con deducción de costos de insumos y factores de producción.

Los subflujos de financiamiento reflejan actos económicos donde, por acción de bonificaciones o precios de promoción, se adelantan ventas cuyos costos de producción se realizarán en tiempos futuros. Un flujo de este tipo refleja saldos iniciales positivos por efecto de las ventas anticipadas, y flujos negativos futuros por efecto de los costos de su producción.

Tanto los subflujos productivos como los subflujos de financiamiento que vienen desagregados del flujo no simple, serán simples, con lo que permitirán alcanzar cada uno de ellos una TIR única. En este punto es de destacar que no necesariamente un flujo no simple debe estar compuesto siempre por subflujos del tipo financieros y productivos. Detectar dicha existencia depende de la función crítica de desagregación. A modo de ejemplo, un flujo no simple por producción y venta de inmuebles tendrá un subflujo productivo y uno financiero, si es que se activa mecanismos de preventa. Por su parte, un flujo no simple de inversión modulada lo será por la activación en tiempos distintos de dos procesos de inversión. Tendrá, entonces, dos subflujos productivos y ninguno financiero.

Subflujos o Flujos Componentes con Plazos Diferentes

En este punto debe considerarse que las TIR deben ser equivalentes en plazos. Este efecto sucede habida cuenta que las TIR_k provienen de una descomposición; por tanto, posiblemente calculadas en plazos distintos al del proyecto. En términos generales y considerando dos proyectos cualesquiera con plazos "z" y "x" que cumplen $z > x$, no es posible comparar los rindes, pues no existe posibilidad de continuidad en el proyecto según x para alcanzar z. Peor aún si comienzan en distinto tiempo, dado que la capitalización requeriría esperas con sus pertinentes costos de oportunidad. Para sortear el problema se debe realizar un ajuste final de aproximación calculando la TIR equivalente en tiempo por medio de la ecuación (6)

$$TIR_{equivalente} = (1 + TIR)^{\frac{x}{z}} - 1. \quad (6)$$

Allí, una TIR calculada en el tiempo x se llevará en forma equivalente al plazo z.

Proyectos Mal Acondicionados

Siendo $TIR_i = TIR_s + \alpha$ invita considerar que $TIR = TIR_s$ podría subcalcular el valor de TIR pues $\alpha > 0$. Dicha invitación es sólo aparente. Un proyecto bien acondicionado no podría contar con la posibilidad de ser elegible por el efecto marginal de α . En estos casos, un mal acondicionado⁹ podría invitar a cometer errores tipo II¹⁰. Por ello, no sería razonable descansar en α la viabilidad de un proyecto.

⁹ Refiere al concepto de acondicionamiento de vectores. Por ejemplo, un proyecto donde el proceso productivo depende de otro proceso que resulta ser muy inferior a éste no resulta ser seguro y, por tanto, sería muy sensible a cambios en los valores de las variables.

¹⁰ Aceptar una hipótesis cuando es falsa.

Efectos Clínicos Secundarios del Método de Cálculo de TIR por Desagregación

La posibilidad de identificar procesos productivos en un único proyecto de inversión, cuenta con efectos clínicos que favorecen claramente la interpretación de la capacidad informativa del indicador TIR y los estudios de variabilidad. Por una parte, los flujos desagregados cuentan con alta carga informativa en comparación al flujo inicial. Por ejemplo, si un proyecto cuenta con dos servicios, pero en el flujo se subsidia uno con el otro, los datos agregados que puedan relevarse no tendrán posibilidad de informar con claridad, habida cuenta que en un estado de una variable se ocultan efectos de otra variable.

Otra ventaja clínica es la identificación de procesos desnivelados. Es decir, uno de ellos no puede contar con montos de inversión que resulta múltiplo de otros ya que no podría soportar los efectos de la cuasi independencia. Habría mal acondicionados, que llevan al acrecentamiento de los costos de control por saturación¹¹.

Finalmente, la separación en flujos simples permite observar su rendimiento en particular, producir mejoras marginales y otras mejoras.

Primer Ejemplo de Aplicación: Complejo Turístico

El complejo implica un monto de inversión de USD 1.700.000, modulado a partir de prestaciones básicas que exigen inversiones por USD 500.000 y posteriores ampliaciones a los efectos de capitalizar un mayor excedente de consumidor. De alcanzarse ventas, se planifica la totalidad de la inversión restante al tercer año con precios superiores para el servicio básico y adicional, que no tendrán los primeros compradores a menos que migren al nuevo pack. Una estimación de ventas es la que se refleja con saldos positivos, siendo restados para alcanzar dicho saldo los costos de funcionamiento. Las cuantificaciones se ven en el flujo siguiente descrito en la tabla 1.

Tabla 1. Flujo de Caja Complejo Turístico

año	S_j
0	-500.000
1	80.000
2	80.000
3	-1.200.000
4	420.000
5	420.000
6	400.000
7	400.000
8	400.000
9	300.000
10	300.000

Fuente: Elaboración Propia- Cifras Nominadas en Dólares Estadounidenses

La empresa cuenta con un protocolo de decisión que requiere la estimación de la TIR. El flujo estimado es no simple, con lo que es de esperar más de una TIR. De calcularse una TIR sobre la base del costo de oportunidad de la firma, el cual suma 12,00%, resulta 12,75%. Sin embargo, existe otra TIR. El comportamiento indica una TIR del valor antes enunciado del

12,75%, y luego algún otro valor que puede ser el mismo, cuestión que resolvería el problema¹², u otro valor no negativo ya que el proyecto es rentable¹³. Aplicando las herramientas conocidas se descarta la TIR modificada, puesto que depende de la tasa de equivalencia que se utilice no siendo eficiente en función de protocolo. La TIR bajo capitalización a periodos diferenciales suma 21,28% y, como es única, resolvería el problema protocolar toda vez que una TIR bajo capitalización anual suma un número superior al del costo de oportunidad de la firma, ya que 12,75% es superior a 12,00%, y también sucede ello con la TIR de 21,28%. Sin embargo, la capitalización a periodos diferenciales puede ser discutida, toda vez que la asignación de beneficios por estatuto es normalmente anual y, con ello, claramente la capitalización debiera considerarse en ese período. Los argumentos a favor del método de capitalización a periodos diferenciales, si bien pueden reflejar convenientemente el acto económico, no lo son en función contable. En este escenario cobra eficiencia el método de descomposición. Considerando entonces el análisis en función de descomposición, se observa que el flujo de fondos podría ser descompuesto bajo dos formas, siendo, obviamente, sólo uno de ellos real, pero se presentan ambos dado el objetivo académico del trabajo.

La primera forma de desagregación se indica a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Flujo de caja Complejo Turístico y Subflujos Simples por Descomposición

	AÑOS					
	0	1	2	3	4	
Flujo	-500.000	80.000	80.000	-1.200.000	420.000	
Primera Descomposición	-500.000	80.000	80.000	-	123.529	
Segunda Descomposición				-1.200.000	296.471	
	AÑOS					
	5	6	7	8	9	10
Flujo	420.000	400.000	400.000	400.000	300.000	300.000
Primera Descomposición	123.529	117.647	117.647	117.647	88.235	88.235
Segunda Descomposición	296.471	282.353	282.353	282.353	211.765	211.765

Fuente: Elaboración Propia- Cifras Nominadas en Dólares Estadounidenses

Los flujos de primera y segunda descomposición son simples y, por tanto, tienen única TIR de 12,19% y 13,24%. Siendo que ambos superan el 12,00% de referencia, el proyecto es elegible. Además, se advierte que la estrategia es inteligente, ya que la segunda descomposición mejora el resultado por tener una TIR de 13,24% que es mayor a 12,19%.

Con ello, tanto por descomposición como por capitalización a periodos diferenciales, el proyecto es elegible y su TIR única debería ser estimada en 12,19% y no 12,75%, que es la raíz más confiable del método bajo capitalización anual.

La otra posibilidad de descomposición supone que los que adquieren el paquete en el primer y segundo año lo hacen para usufructuar los servicios que provee la inversión primera, pero, además, les permite un precio más favorable, como una especie de opción de compra, en la extensión de los servicios que hace posible la inversión del año 3. Con ello habrá preventa, y impactando sobre el flujo que se observa a continuación en la tabla 3.

¹¹ Efecto de Rendimientos Marginales Decrecientes.

¹² En ese caso habría raíz múltiple en el polinomio de valores descontados pero un solo valor de TIR.

¹³ Se cumple que $\sum S_j > 0$ con $j=0..n$ y siendo S una medida de la diferencia entre valores de ingresos o ahorros y egresos resulta entonces garantida la rentabilidad.

Tabla 3. Segunda Descomposición Complejo Turístico

año	Subflujo 1	Subflujo 2
0	-500.000	0
1	23.529	56.471
2	23.529	56.471
3	0	-1.200.000
4	123.529	296.471
5	123.529	296.471
6	117.647	282.353
7	117.647	282.353
8	117.647	282.353
9	88.235	211.765
10	88.235	211.765
VAN(0%)	323.529	776.471
TIR (primera)	8,29%	17,82%

Fuente: Elaboración Propia- Cifras Nominadas en Dólares Estadounidenses

En este caso, el flujo 1 es simple y, dado el número que ofrece su TIR, prácticamente inviabiliza todo otro estudio, ya que 8,29%, que es única, resulta inferior a 12%. El flujo 2, que no es simple, tiene TIR del 17,82% y es sencillo obtener la segunda TIR, que suma 294,08%, la cual claramente no es real en términos económicos. Recuérdese que el flujo 2 no permite el cálculo de la TIR a períodos diferenciales, puesto que el flujo tiene saldos iniciales positivos (Infante, 2010b). Como puede observarse, entonces, la TIR a recomendar para el proyecto entero sería del 8,29% cuestión que indica no elegibilidad. Es de destacar en el análisis anterior un efecto claramente sorprendente. Un mismo proyecto de inversión, con una única sucesión de montantes que componen un único vector flujo de caja puede ser elegible o no, de acuerdo a la estrategia que implique su asignación de precios y cantidades comercializadas. Este nuevo punto de vista, nunca sospechado de ser posible en mecanismos tradicionales de evaluación, sale a luz utilizando mecanismos de descomposición de flujos no simples. Con ello, esta forma de evaluación es claramente más informativa que las otras conocidas.

Una instancia más profunda de análisis indicaría desagregar el flujo 2 en su componente productiva y financiera. Sucede que los montantes positivos implican una preventa de la inversión del tercer año. Suponiéndose que la atracción es un descuento del 40% sobre los precios de lista, los flujos resultarían:

Tabla 4. Descomposición del Subflujo 2 Complejo Turístico
 Detalle del Subflujo Productivo y del Subflujo de Financiamiento

año	Subflujo 2	Productivo	De Financiamiento
0	-		
1	70.588,24		70.588,24
2	70.588,24		70.588,24
3	-1.200.000,00	-1.200.000,00	0,00
4	282.352,94	298.823,53	-16.470,59
5	282.352,94	318.588,24	-36.235,29
6	282.352,94	318.588,24	-36.235,29
7	282.352,94	318.588,24	-36.235,29
8	282.352,94	318.588,24	-36.235,29
9	141.176,47	159.294,12	-18.117,65
10	141.176,47	159.294,12	-18.117,65
Descuento	0,40		
VAN(0%)	635.294,12	691.764,71	-56.470,59
TIR		14,38%	6,61%
TIR equivalente		9,86%	5,93%

Fuente: Elaboración Propia- Cifras Nominadas en Dólares Estadounidenses

El proceso de producción se encuentra programado para el tercer año, con un resultado de ventas que se materializan netas de los costos de funcionamiento entre el año 4 y el 10. Sucede que por diferentes razones administrativas se acepta preventa con un 40% de descuento en los años 1 y 2. Los flujos de ambos procesos se identifican en la tabla 4, resultando dos flujos simples que permiten alcanzar única TIR. Como dichas TIR se calculan en plazos diferentes, todas se recalculan en su equivalente a 10 años resultando 9,86% y 5,93%.

Ahora sí, el análisis resulta más preciso, toda vez que el flujo no simple encierra tres procesos con TIR 8,29%, 9,86% y 5,93%, todas inferiores al 12,00% con lo que el proyecto debe ser revisado o descartado.

Segundo Ejemplo de Aplicación: Contrato de Construcción Pago Diferido

Bien sabido es que en el mundo de los fenómenos comerciales del tipo monopsonicos estatales, las empresas contratistas valoran obtener los contratos; puesto que es su razón de ingresos. Los productos son normalmente del tipo por proyecto (Infante, 2010b); por ejemplo, producción de rutas, hospitales, establecimientos educativos o similares. Las estrategias empresariales privilegian la obtención de contratos en administraciones de gobierno o de servicios de ciertas zonas geográficas para optimizar sus ventajas comparativas y competitivas; por ejemplo, aprovechar el conocimiento de los mejores procedimientos administrativos en las administraciones de gobierno, plazos de firma, disponibilidad de insumos, disponibilidad y conocimiento de la mano de obra zonal, etcétera. En estas circunstancias, si la empresa cuenta con protocolos de decisión, se enfrentará a la necesidad de sopesar la importancia estratégica de un contrato y su rendimiento. Claro que ello no se discute cuando los contratos son rentables.

Supóngase una administración de gobierno que ofrece la contratación de una obra de red y toma de agua con pago diferido (Infante, 2010b). La estimación de costos e ingresos diferidos, si la obra la realiza la empresa, se describe en la tabla 6. También en dicho cuadro se refleja una alternativa donde la empresa cede la ejecución en empresas más chicas que cuentan con costos fijos inferiores (Infante, 2010b). Para distinguir ambos casos, se describe en la tabla 5 uno y otro flujo bajo el nombre de Subflujo Base y Subflujo bajo Subcontratos. Obsérvese que entre uno y otro caso la diferencia se encuentra fundamentalmente en el beneficio industrial.

Tabla 5. Caso Contrato de Construcción

año	Subflujo Base	Subflujo Subcontrato
0	-401.070	-534.759
1	-3.477.273	-4.636.364
2	-5.526.738	-7.368.984
3	4.705.882	4.705.882
4	5.508.021	5.508.021
5	3.000.000	3.000.000
VAN (0%)	3.808.824	673.797
TIR	15,86%	2,28%

Fuente: Elaboración Propia- Cifras Nominadas en Dólares Estadounidenses

Bajo el subflujo base, si la empresa ejecuta por sí la obra, tendrá un margen algebraico o histórico de USD 3.808.824 y todos los riesgos por variabilidad del caso. Ello implica una TIR del 15,86% que es única porque el flujo es simple. El contrato es de USD 13.213.904 suma de los montantes positivos. La obra se realiza en tres años; por ello ocupan los años 0, 1 y 2, y sus pagos se difieren en tres años, por ello se cobra en los años 3, 4 y 5. El primer montante es menor y suma aproximadamente USD 400.000, porque son costos de habilitaciones, obrador y otras tareas iniciales. La obra en sí suma los otros montantes negativos. La empresa puede observar que una obra de 13 millones con margen de tres millones ochocientos y TIR 15,86 % no resulta atractiva a los efectos de obtener margen por la obra, pero si tiene interés estratégico el contrato por cuestiones políticas¹⁴, sociales y las ya mencionadas. Por esa razón, determina según protocolo o tablero de decisión que la atracción para asumir riesgos constructivos en montos de 13 millones es 20,00% no siendo elegible el contrato en su versión base. El mecanismo de subcontrato empeora sensiblemente la situación, ya que la TIR no supera el 3,00%. Sin embargo, para contratos con interés político y social el nivel protocolar de atracción en la empresa disminuye al 5,00%. Quiere decir que los comerciales de la firma, si les interesa que el directorio apruebe la oferta, debieran preocuparse por materializar alguna mejora contractual. Tal cuestión la consiguen a partir de aprovechar mecanismos de prefinanciación y acopios¹⁵ que reescriben el flujo como sigue:

¹⁴ Entiéndase por este concepto presencia en la región. Nunca, y de ninguna manera, puede entenderse por este concepto algún tipo de lobby o fraude.

¹⁵ La figura de adelantos consiste en la emisión antedatada de certificados para su negociabilidad en instituciones financieras. Los acopios es la entrega adelantada de los insumos y su cobro por certificación.

Tabla 6. Flujo Contrato de Construcción-Efectos de Negociación

año	Flujo Negociado
0	-534.759
1	4.705.882
2	-4.636.364
3	-7.368.984
4	5.508.021
5	3.000.000
TIR 1	10,00%
TIR 2	70,00%
TIR 3	640,51%
TIR cap.dif.	227,20%
VAN(0%)	673.797
VAN(0%)/Inv.	5,37%

Fuente: Elaboración Propia- Cifras Nominadas en Dólares Estadounidenses

Los negociadores comerciales de la empresa logran adelantar la certificación para acopios y anticipos y, además, posponer la ejecución 1 año. El flujo simple deja de serlo y se transforma en no simple. Como hay tres cambios de signo se presentan tres TIR. Las tres TIR y la de capitalización a períodos diferenciales superan el nivel atractivo en contratos de interés político, con lo que todo diría que sería el proyecto elegible. Pero al no existir única TIR, no es posible la decisión protocolar y se busca una alternativa de discriminación o recalcuro de TIR. Siendo evaluado el proyecto por descomposición en flujos simples, los resultados cambian abruptamente. Siguiendo el análisis sobre un escenario de subcontratación, las posibilidades de desagregación se achican y sólo es posible considerar una de ellas. Sucede que, más allá de la decisión de subcontratar, existen inversiones previas que no pueden ser objeto de tercerización. Por ejemplo, las habilitaciones y permisos, los costos de estudio, la selección de subcontratistas, y otros donde siquiera se invierte un ladrillo pero los costos suman, no pueden ser tercerizadas; sin embargo, el flujo de caja debe proveer su retorno. Considerando tal hecho, se presentan dos flujos: uno simple y otro no simple que clarifica resultados. En la tabla 7 se observan los valores y resultados.

Tabla 7. Flujo Contrato de Construcción y su Descomposición

año	Flujo Principal	Subflujo 1	Subflujo 2
0	-534.759,36	-534.759,36	-----
1	4.705.882,35	200.677,29	4.505.205,07
2	-4.636.363,64	0,00	-4.636.363,64
3	-7.368.983,96	0,00	-7.368.983,96
4	5.508.021,39	234.883,64	5.273.137,75
5	3.000.000,00	127.931,77	2.872.068,23
VAN(0%)	673.796,79	28.733,34	645.063,45
TIR 1	10,00%	1,68%	15,74%
TIR 2	70,00%	No hay	31,76%
TIR 3	640,51%	No hay	No hay

Fuente: Elaboración Propia- Cifras Nominadas en Dólares Estadounidenses

Como puede observarse, el esfuerzo de los comerciales permiten, mejorar claramente el subcontrato en sí, llevando la rentabilidad a un número que puede ser 15,74% y 31,76%, siendo necesario determinar cuál es cierto, aunque ambas superan el nivel de corte del 5,00%. Sin embargo, tal hecho se puede realizar sobre un proyecto simple, que no se puede eludir, de rentabilidad de 1,68%, valor claramente inferior al 5,00%. Por ello, como no es racional soportar un proyecto rentable sobre uno no rentable, el proyecto continúa siendo no elegible y ella debe ser la decisión indicando TIR=1,68%.

Más allá de que la inviabilidad del flujo 1 inhibe otro estudio, podría evaluarse que pasa si se estudian los subflujos productivos y financieros del segundo subflujo. La tabla 8 detalla subflujos, considerando un descuento de las preventas del 40,00%.

Tabla 8. Detalle del Subflujo 2 con Componente Financiada

año	Subflujo 2	Subflujo 2 Base	Subflujo 2 Parte Financiada
0	-----	-----	-----
1	4.505.205	-----	4.505.205
2	-4.636.364	-4.636.364	0
3	-7.368.984	-7.368.984	0
4	5.273.138	9.356.422	-4.083.284
5	2.872.068	5.096.071	-2.224.003
	Bonificación	40,00%	
	TIR	11,25%	10,59%
	TIR Equivalente 5 años	6,61%	8,39%

Fuente: Elaboración Propia- Cifras Nominadas en Dólares Estadounidenses

Se observa que los flujos se han transformado en simples, con retornos a tiempo equivalente del 6,61% y 8,39%, ambos superiores al 5,00% de corte. Con todo lo expuesto, sería aconsejable que los comerciales de la firma negocien mejoras en los actos económicos del flujo 1, para así transformar en proyecto en rentable. Así como está, no lo es.

RESULTADOS

El método que se propone como alternativa técnica para la estimación de la TIR en flujos no simples permite observar:

1. Los flujos componentes o subflujos, interdependientes, tanto productivos como de financiamiento.
2. La contribución al valor que cada uno de éstos provee.
3. La medida de rentabilidad común a los diferentes flujos componentes.
4. Identificar la TIR como la medida mínima de rentabilidad de cada subflujo componente.
5. Identificar, colateralmente, en qué medida cada subflujo componente compromete actos económicos que contribuyen al valor del proyecto y posibles subsidios cruzados entre ellos.

La forma de trabajo enunciada y ejemplificada permite el ejercicio colateral de posibles intervenciones técnicas de mejora a los efectos que los subflujos encuentren un estado de rentabilidad en común, siendo entonces, dicha rentabilidad, aquella que se utilizaría como estimación para el proyecto entero. La fundamentación que respalda el enunciado propuesto sobre la determinación de la TIR única del proyecto encuentra pleno sustento, toda vez que la rentabilidad del esfuerzo productivo no puede diluirse en fallas de financiamiento o, de otro modo, propuestas audaces de financiamiento podrían ocultar procesos de bajo valor. Así las cosas, el método que se propone, permite poner blanco sobre negro en esta temática e invita a ejercer los cambios pertinentes que faciliten una TIR nivelada. Claro que, de no ser así, reconoce que la rentabilidad se encuentra castigada por dimensionados y arreglos¹⁶ administrativos e ingenieriles no convenientes.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

Se propone un método de desagregación del flujo del proyecto en subflujos simples que cuenten con representatividad económica. Identificados los subflujos simples componentes se postula que la TIR del proyecto es la TIR que se encuentra incluida en todos los subflujos mencionados, pues ella es la máxima capacidad de generar riqueza en los actos económicos del flujo no simple.

Con fines metodológicos, se restringe la eficiencia de la estimación propuesta en la medida que los subflujos simples sean desagregados, a partir de sólidos fundamentos técnicos que dependerán de cada caso. A tal fin, se recomienda que la mencionada funcionalidad sea realizada por el técnico proyectista.

Complementariamente se describen los efectos clínicos favorables del método, incluyendo dos ejemplos de aplicación con resultados comentados.

¹⁶ "Arreglo" en sentido algebraico.

Como posibles líneas futuras de investigación se observa la eventual aplicación de este método en otros indicadores, la conveniencia o precauciones que deben tenerse en la aplicación de este método cuando los flujos son de magnitud diferente, y el análisis y uso del método para transformar TIR de proyectos que se realizan en plazos distintos con inicio en tiempos distintos.

REFERENCIAS

- VIO, F. y ALBALA, C. La transición nutricional en Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 1998, vol. 25, no. 3, pp.11-20
- ACHONG, E. Un Método para hallar la Tasa de Rentabilidad de Proyectos No Simples de Inversión. *Revista Económica (Mérida)*, 1988, vol.XIII, no.2, pp. 7-33.
- BENHARD, R. Mathematical Programming Models for Capital Budgeting- a Survey, Generalization and Critique. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 1969, vol. 4, pp.111-138.
- BENJAMIN, C. A Linear Goal-Programming Model for Public-Sector Project Selection. *Journal of the Operational Research Society*, 1985, vol.36, pp.13-23.
- FINDLAY, M. y MESSNER, S. Determination and Usage of FM Rate of Return. Realtron Corporation. 1973.
- GITMAN, L.J. y FORRESTER, J.F. A Survey of Capital Budgeting Techniques Used by Major U.S. Firms. *Financial Management*, 1977, pp. 66-71.
- GRAHAM, J. The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from the Field. American Finance Association, 2001 Annual Meeting (Duke University). 1999.
- GONZALEZ Nuñez, J.L. Los Criterios de Selección de Inversiones VAN y TIR en relación a la Tasa de Reinversión y la Existencia de una Tasa de Fisher. *Actualidad Financiera*, 1993, vol. 18, pp.117-127.
- HAZEN, G.B. A New Perspective on Multiple Internal Rate of Return. *Engr. Economist.*, 2003, vol.48, pp.31-51.
- HAZEN, G.B. An Extensión of the Internal Rate of Return to Stochastic Cash Flows. *Management Science*, 2009, vol.55, pp.1030-1034.
- INFANTE, J.L. Entrado el Otoño.... Cuentos sobre Administración, Ingeniería y Economía. Argentina: Editorial Nueva Librería 2010(a). pp. 176-183.
- INFANTE, J.L. Discusión sobre el Uso Técnico de la Metodología de Cálculo de TIR por Capitalización a Períodos Diferenciales o Instantánea en Flujos No Simples. [en línea]. 2010(b). Disponible en: <http://www.eumed.net/ce/2010b/jli.htm>
- LORIE, J.H. y SAVAGE, L. Three Problems in Rationing Capital. *The Journal of Bussiness*, 1955, vol 28, pp. 229-239.
- MOSQUEDA Almanza, R.M. Modelo para Resolver el problema de TIR Múltiples en Proyectos EX POST. *Revista Colombian Accounting Journal*, 2009, vol 3, pp. 105-126.

PARK, Ch. Fundamentos de Ingeniería Económica. Editorial Pearson. 2009.

RENSHAW, L.. Revealing The True Meaning of the IRR Via Profiling the IRR and defining the ERR. *Journal of Real estate Portfolio Management*, 1957, n.4, pp. 61-78.

SAPAG Chain, N. Preparación y Evaluación de Proyectos. Editorial Pearson. 2007.

SCHNEIDER, E. Investering of Rente. Copenhagen. 1944.