

# LA DECISIÓN DE INVERSIONES Y SUS COMPLEJIDADES

UNA CRÍTICA AL ARTICULO DE JULIO SARMIENTO  
“METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA TASA  
INTERNA DE RETORNO NO PONDERADA DE  
ALTERNATIVAS CON FLUJOS NO CONVENCIONALES”

*Rodrigo Varela\**

---

\* Ph.D. en ingeniería química y refinamiento de petróleos de Colorado School of Mines, Magister en ingeniería, ingeniero químico de la Universidad del Valle. Profesor investigador, Universidad ICESI. Director Centro de Desarrollo del Espíritu Empresarial (CDEE) y del Grupo de Investigación Espíritu Empresarial y Desarrollo PYME. Se recibió el 02-21-03 y se aprobó el 14-11-03.  
Correo electrónico: rvarela@icesi.edu.co.

## Introducción

En el artículo “Metodologías para el cálculo de la tasa interna de retorno ponderada de alternativas con flujos no convencionales”, publicado en un número anterior de esta revista, se plantearon algunos conceptos que, a mi juicio, no son precisos y por ello deseo volver a analizar algunos aspectos básicos del proceso de análisis económico y financiero de una inversión.

Todo proceso de análisis de inversión implica la evaluación de varias alternativas, con el propósito de seleccionar la óptima, en el caso de las mutuamente excluyentes o la mejor combinación en los casos de alternativas independientes o complementarias. En todos los casos se requieren dos análisis: el individual o de factibilidad y el incremental o de optimalidad. En ambos es necesario estar seguros de que, por un lado, los proyectos disponen de los recursos necesarios para su ejecución y, por el otro, de que la inversión de los recursos sea productiva desde el punto de vista de garantizar la recuperación de la inversión y una productividad del capital superior a la tasa mínima de retorno el inversionista ( $i^*$ ).

A lo largo de los años se han desarrollado diversos métodos y criterios de análisis y, en muchos casos, sobre ellos se han generado opiniones en muchos casos divergentes. ¿Dónde están las divergencias básicas?

### 1. Divergencias básicas de los diversos métodos de análisis

En primer lugar, en creer que los supuestos de la tasa de retorno descontada de los flu-

jos de caja (conocida también como tasa interna de retorno) y del valor presente neto (VPN) son diferentes.

Para aclarar esto hay que mirar las ecuaciones básicas de definición. La función genérica del VPN es:

$$VPN_{(i, 0)} = \sum_{j=0}^n \frac{FCTN_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

Donde:

$FCTN_j$  = flujo de caja totalmente neto en el período  $j$

$i$  = tasa de descuento

Para el cálculo específico de factibilidad de un proyecto usando VPN se usa la tasa mínima de retorno aceptable al inversionista ( $i^*$ ) como tasa de descuento y por ello la función se escribe:

$$VPN_{(i^*, 0)} = \sum_{j=0}^n \frac{FCTN_j}{(1+i^*)^j} \quad (2)$$

Para el cálculo de la tasa de retorno descontado de los flujos de caja el procedimiento es hallar el valor de la tasa de descuento ( $i$ ) que origina que la función genérica VPN sea igual a cero, es decir:

$$\sum_{j=0}^n \frac{FCTN_j}{(1+i)_j} = 0 \quad (3)$$

Es muy claro que los supuestos de los dos procedimientos son exactamente iguales, tal y como las fórmulas matemáticas lo demuestran. Entonces, si para uno de ellos se dice que supone la condición A, igual hay que suponer para el otro, y no hay lugar para suponer que la condición  $x$  aplica sólo a uno y no aplica al otro.

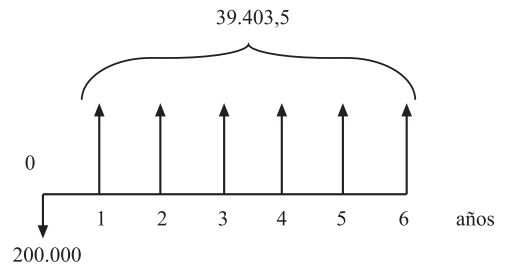
En segundo lugar, en creer que la TRDFCN (TIR) y el VPN suponen la reinversión de los recursos generados a la tasa de retorno o a la tasa mínima de retorno según el caso, y que ellas aplican sobre capital inicial.

El principio básico de la ingeniería económica es que los dineros invertidos en el proyecto tienen que garantizar al inversionista un rendimiento, pero que el proyecto no es responsable de lo que el inversionista haga o no con los dineros que el proyecto le entrega. El análisis es sobre el proyecto de inversión y no sobre el conjunto proyecto-dueño. Como se indicará más adelante, para esta última situación se crearon los métodos con reinversión.

Empecemos por mirar un caso muy sencillo, y es el caso prestatario-prestamista. Si alguien me presta un dinero y al final del primer mes yo le pago sus intereses y le hago un abono de capital, es obvio que al segundo mes los intereses serán sobre el saldo que quedó vigente al final del primer mes y que a mí como usuario de esos recursos no me preocupa en lo más mínimo lo que el dueño del dinero hizo durante el segundo mes con los recursos que yo le entregué al final del primer mes.

Ahora miremos un proyecto de inversión. ¿Qué es lo que ocurre en éste? El inversionista le ‘presta’ al ente proyecto unos recursos y le exige que le devuelva un capital y los intereses. Una vez que el proyecto le devuelve los recursos al inversionista, es obvio también que el proyecto no tiene por qué preocuparse del uso que de dichos recursos hace el inversionista.

Veámoslo con un ejemplo numérico. Sea un proyecto que requiere una inversión inicial en cero de \$200.000 = y genera \$39.403,5 al final de cada uno de sus seis años de operación ¿Cuál es su rentabilidad?



La ecuación básica será:

$$VP_{\text{egresos}} = VP_{\text{ingresos}}$$

$$200.000 = 39.403,5 (P/A, i, 6)$$

y al resolverlo se encuentra  $i = 5\%$  anual

El Cuadro 1 muestra la situación del proyecto año a año.

**Cuadro 1**  
**Situación del proyecto año a año**

Año	Intereses causados recibidos (\$)	Ingresos de capital (\$)	Inversión amortizada (\$)	Inversión no amortizada (\$)
0	-	-	-	200.000
1	10.000	39.403,5	29.403,5	170.596,5
2	8.530	39.403,5	30.873,5	139.723
3	6.986	39.403,5	32.417,5	107.305,5
4	5.365	39.403,5	34.038,5	73.267
5	3.663	39.403,5	35.740,5	37.526,5
6	1.877	39.403,5	37.526,5	-

Fuente: elaboración propia.

En este detallado cuadro se ve que cada año el 5% aplicó sobre el capital no amortizado, que no se dice nada sobre lo que el inversionista hace con los recursos que recibe cada año y que efectivamente al final del año 6 el inversionista ha recuperado su inversión y ha logrado el 5% anual sobre el capital no amortizado que había en el proyecto.

Si el inversionista tomó los recursos y los multiplicó o los dilapidó eso es un nuevo proyecto de cuyos resultados, el proyecto original no puede asumir responsabilidades.

El VPN a una tasa de 3% sería:

$$VPN_{(3\%,0)} = 39.403,5 (P/A;3,6) - 200.000 = \$13.456$$

Cuáles son entonces los significados de estos números:

- En el caso de la tasa de retorno descontada de los flujos de caja netos (TIR) sería: los flujos positivos de \$39.403,5 generados durante cada uno

de los 6 años de operación son capaces de recuperar los \$200.000 invertidos en cero y generar una rentabilidad del 5% cada año sobre el capital no amortizado.

- En el caso del VPN sería: los flujos positivos de \$39.403,5 generados durante cada uno de los 6 años de operaciones son capaces de recuperar los \$200.000 invertidos en cero, generar una rentabilidad del 3% anual sobre el capital no amortizado y dejar un excedente (utilidad económica) de \$13.456 en cero.

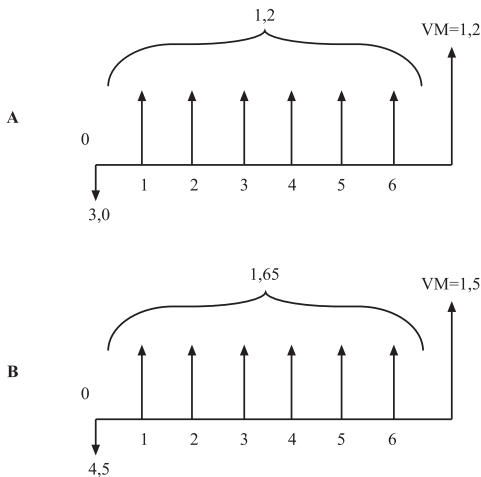
Espero que esta explicación ilustre claramente que ni el VPN, ni la TRDFCN (TIR) implican reinversión, ni generan datos de rentabilidad sobre capital inicial.

En tercer lugar, en creer que los procesos de comparación entre dos o más proyectos se pueden hacer con los datos individuales de cada proyecto y que no hay necesidad de recurrir al análisis incremental.

Ésta es la causa de que algunos autores digan que la TRDFCN (TIR) y el VPN no dan iguales decisiones y que sus resultados son inconsistentes. Los conceptos de análisis incremental o marginal o de optimalidad son bien conocidos, y en múltiples artículos y textos se han tratado en detalle y se ha demostrado que todo análisis de optimalidad entre alternativas excluyentes requiere un análisis incremental, y que cuando este se hace, no hay lugar a discrepancias o a inconsistencias en las decisiones.

Veámoslo con un ejemplo sencillo:

Sean las dos inversiones que se indican a continuación con una tasa mínima de retorno del 20%:

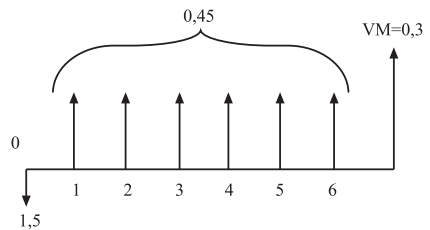


Si se calculan las tasas de retorno de cada uno de los proyectos, los resultados serán:

$$TIR_A = 36\% \text{ anual}$$

$$TIR_B = 31,7\% \text{ anual}$$

Erróneamente muchos analistas sugieren que el mejor proyecto es el A, sin tener en cuenta que se está hablando de porcentajes, los cuales son cifras relativas; que se está hablando de dos proyectos con inversiones y flujos diferentes, y que, por lo tanto, la comparación no se puede hacer directamente, pues se violan principios de la aritmética básica. ¿Qué hacer entonces? Realizar el análisis incremental para ver si se justifica o no pasar del proyecto de menor inversión al de mayor inversión, esto es:



$$TIR_{B-A} = 22,6\% \text{ anual}$$

Por ser la TIR incremental superior al 20%, que es la mínima, se concluye que es viable la inversión adicional y que, por lo tanto, B es mejor que A.

Si alguien erróneamente hubiera seleccionado A usando sólo los datos individuales, el error no hubiera surgido de los supuestos de la TRDFCN (TIR), sino de un error de procedimiento y de un error aritmético del analista.

¿Qué pasa con VPN? VPN es una cifra absoluta en cuya definición está involucrada la tasa mínima de retorno ( $i^*$ ).

$$VPN_{A,20\%,0} = 1,392360$$

$$VPN_{B,20\%,0} = 1,489275$$

$$VPN_{B-A,20\%,0} = 0,096915$$

Como se ve por el análisis incremental, la inversión (B-A) es factible y, por lo tanto, se escoge B. Es posible demostrar que:

$$VPN_{B-A} = VPN_B - VPN_A \quad (4)$$

Y que si  $VPN_{B-A} > 0$ , es porque  $VPN_B > VPN_A$

y el mejor proyecto sería B.

Y que si  $VPN_{B-A} < 0$ , es porque  $VPN_B < VPN_A$

y el mejor proyecto sería A.

La facilidad del análisis incremental con VPN es manifiesta y da la sensación de que no se necesitara, pero la realidad es que las características de la ecuación 4 lo facilitan. De nuevo, como se ve no hay discrepancias entre TRDFCN (TIR) y VPN.

En cuarto lugar, en no distinguir el propósito de los criterios de decisión y buscar que un criterio de productividad de capital incluya conceptos de disponibilidad de recursos.

Como ya se dijo, una de las condiciones de factibilidad de todo proyecto es contar con los recursos (financieros, técnicos, humanos, físicos, informáticos, etc.) que necesite. Si esto no es así, el proyecto no se puede realizar, y ocurre con gran frecuencia a muchas personas y entidades que encuentran que sus limitaciones financieras les impiden realizar negocios muy buenos.

Los indicadores económicos sólo tratan de contestar un aspecto: ¿son los producidos del proyecto suficientes o no para recuperar las inversiones realizadas y dar un rendimiento superior a la tasa mínima de retorno

de acuerdo con las condiciones de riesgo previstas? Por ello criticar a la TRDFCN (TIR) o al VPN o a la tasa de crecimiento del patrimonio, porque no analiza si la organización tiene o no recursos para hacer un proyecto, es claramente un despropósito.

Los dos análisis, el económico, entendido como productividad del capital invertido, y el financiero, entendido como disponibilidad de recursos, son igualmente importantes; pero cada uno tiene sus herramientas y procedimientos.

## 2. Criterios con reinversión

A raíz de las inquietudes que se formulan sobre el manejo de los recursos totales del inversionista, se han desarrollado, desde hace muchos años, los *criterios con reinversión*, en los cuales —como su nombre lo indica— se parte del principio de que los recursos que el proyecto le entrega al inversionista este último los reinvierte en el mercado de sus oportunidades. Es claro en estos criterios que ya el sistema en análisis no es el proyecto de inversión, sino el conjunto *proyecto-inversionista*, y que más que determinar la rentabilidad del proyecto, se trata de determinar la rentabilidad de los recursos que el inversionista maneja (entre ellos los que asigna y los que recibe de un proyecto en particular).

Estos métodos parten del supuesto de que los excedentes se invierten y la gran pregunta es ¿a qué tasa se invierten? Es obvio que como supuesto es necesario usar la tasa mínima de retorno ( $i^*$ ), pues ésta representa, por un lado, el nivel mínimo de rendimiento aceptable por el inversionista y, por

el otro, el nivel promedio de las oportunidades que el inversionista tiene. Suponer que se reinviertan los recursos de cada proyecto a tasas diferentes, sean ellas la tasa de retorno descontadas de los flujos de caja (TIR) o cualquier otra tasa, es otorgarle ventajas que no existan a algunos proyectos, y por ello los métodos que han aparecido en la bibliografía especializada, que incluyen a la tasa interna del retorno como tasa de reinversión, no sólo son métodos que adolecen del principio de equidad en la comparación y por ello poco válidos, sino que tampoco son susceptibles de generar un interpretación útil y tampoco resuelven los problemas de decisión desde el principio de eliminar el análisis incremental en el caso de comparación de alternativas mutuamente excluyentes.

Entre los métodos con reinversión, los dos más frecuentemente utilizados son el valor futuro de los flujos de caja (VFFC) y la tasa de crecimiento del patrimonio también denominado tasa interna de retorno modificada.

El VFFC mide la cantidad de dinero que el inversionista acumularía si reinvirtiera en la tasa mínima de retorno ( $i^*$ ) todos los dineros líquidos que tuviera, fueran ellos generados por el proyecto o capital de inversión que no se utiliza en el proyecto.

Este método parte de que el inversionista dispone de capital suficiente en todos los períodos para realizar cualquiera de las alternativas sin contar con el apoyo que le puedan dar los ingresos de un proyecto. Esto es, todas las alternativas de inversión son viables desde el punto de vista de la disponibilidad financiera.

El proceso de cálculo es:

$$VFFC_{X,n,i^*}^n = \sum_{j=0}^n FCN_{x,j}(F/P, i^*, n) + \sum DNU_{x,j}(F/P, i^*, n) \quad (5)$$

Donde  $DNU_{x,j} = CD_j - IN_{x,j}$

$DNU_{x,j}$  = dineros no utilizados por el proyecto X en el período j

$CD_j$  = capital disponible para el período j

$IN_{x,k}$  = inversión realizada en el proyecto X en el período K

Como elemento de comparación se calcula el VFFC de la alternativa nula, que consiste en no hacer proyecto alguno e invertir todo el capital disponible a la tasa mínima de retorno ( $i^*$ ).

$$VFFC_{Nula,n,i^*} = \sum_{j=0}^n CD_j (F/P, i^*, n) \quad (6)$$

El proyecto X será factible cuando:

$$VFFC_{X,n,i^*} > VFFC_{Nula,n,i^*}$$

Dado que todos los proyectos parten con los mismos recursos ( $CD_j$ ), el mejor de todos es aquél (de los factibles) que tiene el mayor VFFC, porque al hacer el análisis incremental las inversiones se anularían y dejará excedente frente a cualquier otro. De nuevo, no es que no se haga análisis incremental, es que éste —por estar hecho de cifras absolutas— se puede hacer por simple comparación aritmética para identificar el mayor.

El otro método es la tasa de crecimiento del patrimonio o tasa interna de retorno modificada. Me parece más claro el primer nombre, pues mide la tasa de crecimiento de todos los recursos monetarios que el inversionista dedica al proyecto.

La idea básica de este método es tomar todos los flujos positivos liberados por el proyecto, reinvertirlos a la tasa mínima de retorno ( $i^*$ ) hasta el final de la vida del proyecto y luego calcular a qué tasa ha crecido el capital o patrimonio que el inversionista ha colocado en el proyecto. Su cálculo está dado por la ecuación:

$$\sum_{j=0}^n IN_{x,j}(F/P, v, n) = \sum_{j=0}^n FCN_{x,j}(F/P, i^*, n) \quad (7)$$

Donde  $v$  = tasa de crecimiento del patrimonio.

De nuevo, en este método se acostumbra suponer que el proyecto es viable financieramente y que el inversionista dispone de recursos para cubrir todas las inversiones que el proyecto requiere.

Veamos los cálculos para los proyectos A y B antes enunciado.

Dado que el proyecto A requiere 3 millones en la posición cero y el B, 4,5 millones en la posición cero, es claro que para que sean viables financieramente el inversionista debe tener disponible en cero ( $CD_0$ ) 4,5 millones.

Entonces el cálculo de VFFC es:

$$VFFC_{A,6,20\%} = 1,2 (F/A, 20,6) + 1,2 + 1,5 (F/P, 20,6) = 17,594880$$

$$VFFC_{B,6,20\%} = 1,65 (F/A, 20,6) + 1,5 = 17,884386$$

$$VFFC_{Nula,6,20\%} = 4,5 (F/P, 20,6) = 13,436928$$

Lo cual nos reconfirma la viabilidad económica de los proyectos A y B y el hecho de que el proyecto B es el mejor, pues al hacer el análisis incremental deja 0,289506 millones de excedente en la posición 6.

Para calcular las tasas de crecimiento del patrimonio se tiene:

Para el proyecto A:

$$3,0 (F/P, v, 6) = 1,20 (F/A, 20,6) + 1,2$$

$$v = 27,87\% \text{ anual}$$

Para el proyecto B:

$$4,5 (F/P, v, 6) = 1,65 (F/A, 20,6) + 1,5$$

$$v = 25,86\% \text{ anual}$$

Aquí de nuevo muchos tratadistas de este tema intentan tomar decisión y cometerían el error de decir que el mejor proyecto es el A, pues tiene la mayor tasa de crecimiento del patrimonio, pero esa decisión es errada por dos razones:

- Porque aritméticamente los porcentajes no se pueden comparar directamente, a no ser que las bases sean idénticas.
- Porque no se ha hecho análisis incremental.

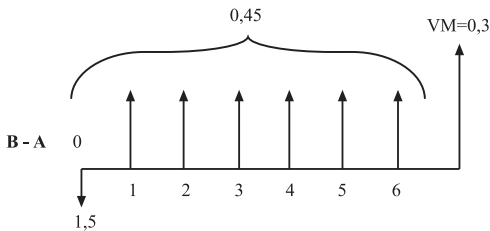
¿Cuál es el significado de estos números?

En el caso del proyecto A, diría que los 3 millones invertidos deberían crecer a una tasa



anual de 27,8% anual para poder lograr el capital acumulado en 6, al reinvertir los producidos (1,2 cada año y el 1,2 final) al 20% anual, o sea 13,115904 millones.

¿Cómo sería el análisis incremental?



$$1,5 (F/P, v, 6) = 0,45 (F/A, 20, 6) + 0,3$$

$$v = 21,26\% \text{ anual}$$

Por lo tanto, la inversión adicional es viable y el proyecto B es mejor que el A.

Espero, a través de este ejemplo sencillo, dejar claro los siguientes aspectos:

- Cuando el análisis se hace bien (individual e incremental), los cuatro criterios coinciden y siempre lo hacen; por lo tanto, no hay discrepancias entre uno u otro.
- Los cuatro criterios aquí indicados generan significado económico, y esto tiene interpretación, ya que no son simples números logrados por manipulación de factores.
- Los cuatro criterios le dan a las alternativas equidad en el análisis.
- Los criterios parten del supuesto de que los proyectos son viables financieramente, es decir, el inversionista tiene recursos para poder realizar cualquier proyecto.
- Aseveraciones del tipo: la “tasa interna de retorno modificada se utiliza para eliminar las inconsistencias de los supuestos de la TIR: tradicional y en su lugar incluir las suposiciones del VPN” no tienen sustento, pues como se demostró los supuestos de la TIR y del VPN son los mismos.
- Aseveraciones como “el cálculo de la tasa interna de retorno modificada elimina los problemas que presenta la TIR cuando se hace ordenación de alternativas de inversión” tampoco son sostenibles, como se demuestra con el ejemplo incluido. Si se pretende tomar decisiones con el análisis individual y se desconocen los principios de aritmética, cualquier método falla; pero no por culpa del método, sino por culpa del analista.
- No tiene sentido práctico suponer que los recursos generados por un proyecto se podrán reinvertir a la tasa interna de retorno, pues ése no es el nivel estándar de oportunidad de inversión que el inversionista tiene. Los recursos disponibles deben invertirse a la tasa promedio de oportunidad del inversionista que es, en general, la que usa como tasa mínima de retorno ( $i^*$ ).
- No tiene sentido la aseveración “que se obvие el problema que presenta la TIR al no tener en cuenta los valores de las inversiones”, pues la TIR tiene en cuenta la inversión que se hace en cada proyecto y por el procedimiento incremental tiene en cuenta las diferencias de inversiones entre un proyecto y otro.
- No tiene sentido pretender que el método de la tasa de retorno modificada facilita los procesos, pues si de tomar la

decisión se trata, se sabe hace mucho tiempo que el método más expedito, más fácil, más general y más fácilmente interpretables es el VPN.

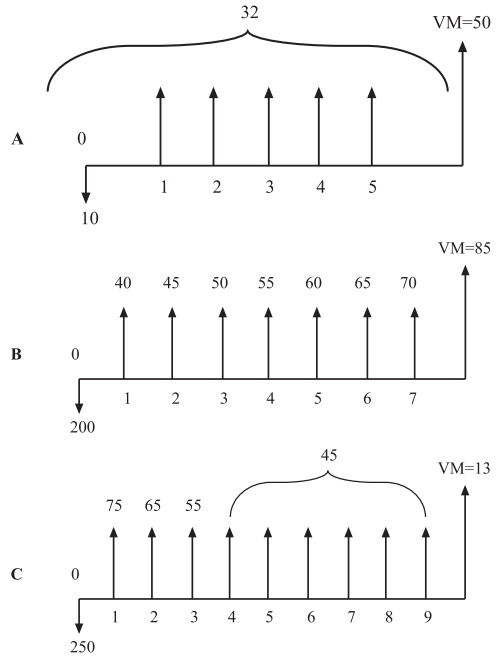
### 3. Aplicaciones en situaciones complejas

Es claro que los ejemplos tratados en el numeral anterior corresponden a proyectos muy simples. ¿Qué pasa si los proyectos son más complejos, bien sea por existencia de varias inversiones en varios períodos, por duración diferentes de un proyecto a otro o por alternaciones de flujos positivos y negativos?

La bibliografía ha demostrado varios hechos:

- Que el VPN funciona bien en todos los casos mencionados.
- Que cuando hay alternaciones de flujos positivos y negativos, la tasa de retorno descontada de los flujos de caja (TIR) puede presentar problemas por generar soluciones múltiples (tasas duales), que son difíciles de interpretar directamente; pues es posible que incluyan situaciones en que el proyecto cumple dos papeles: inversionistas y reinversionistas, y los criterios de decisión son diferentes.
- Que obviamente comparaciones directas de porcentajes, calculados como sea, son absurdas, pues las inversiones, los flujos o las duraciones son diferentes.

Veamos un ejemplo sencillo de tres inversiones mutuamente excluyentes con  $i^* = 15\%$ .



### 4. Análisis individual

#### 4.1 Valores presentes netos

$$VPN_{A,15,0} = 32(P/A, 15,5) + 50(P/F, 15,5) - 100 = 32,127800$$

$$VPN_{B,15,6} = [40+5(A/G, 15,7)](P/A, 15,7) + 85(P/F, 15,7) - 200 = 49,333453$$

$$VPN_{C,15,9} = 45(P/A, 15,9) + 13(P/F, 15,9) + [30-10(A/G,15,3)](P/A,15,3) - 250 = 16,201680$$

#### 4.2 Tasa de retorno descontada de los flujos de caja

$$100 = 32(P/A, i,5) + 50(P/F, i,5) \rightarrow i = 26,03\% \text{ anual}$$

$$200 = [40+5(A/G, i,7)](P/A, i,7) + 85(P/F, i,7) \rightarrow i = 21,35\% \text{ anual}$$

$$250 = 45(P/A, i, 9) + 13(P/F, i, 9) + [30 - 10(A/G, i, 3)] (P/A, i, 3) \rightarrow i = 16,99\% \text{ anual}$$

### 4.3 Valores futuros de flujos de caja

$$VFFC_{A,15,9} = [32(F/A, 15, 5) + 50] (F/P, 15, 4) + 150(F/P, 15, 9) = 992,490699$$

$$VFFC_{B,15,9} = \{(40 + 5(A/G, 15, 7)) (F/A, 15, 7) + 85\} (F/P, 15, 2) + 50(F/P, 15, 9) = 1.053,018057$$

$$VFFC_{C,15,9} = [75 - 10(A/G, 15, 3)] (F/A, 15, 3) (F/P, 15, 6) + 45(F/A, 15, 6) + 13 = 936,464579$$

$$VFFC_{Nula,15,9} = 250(F/P, 15, 9) = 879,469073$$

### 4.4 Tasa de crecimiento de patrimonio

$$100(F/P, v, 9) = [32(F/A, 15, 5) + 50] (F/P, 15, 4) \\ v = 18,62\% \text{ anual}$$

$$200(F/P, v, 9) = \{[40 + 5(A/G, 15, 7)] (F/A, 15, 7) + 85\} (F/P, 15, 2) \\ v = 17,85\% \text{ anual}$$

$$250(F/P, v, 9) = [75 - 10(A/G, 15, 3)] (F/A, 15, 3) (F/P, 15, 6) + 45(F/A, 15, 6) + 13 \\ v = 15,81\% \text{ anual}$$

Como se ve, los tres proyectos son factibles por los cuatro criterios. Para decir cuál es el mejor hay necesidad de hacer análisis incremental. Obsérvese que aunque en la tasa de crecimiento del patrimonio se hizo el cálculo sobre el mismo horizonte de tiempo, es decir, nueve años, no se puede tomar decisión directa pues las inversiones y los flujos son diferentes. Más absurdo sería, si se hubiera hecho el análisis sobre cinco, siete

y nueve años, y comparar estas tasas directamente.

## 5. Análisis incremental

### 5.1 VPN de acuerdo con la ecuación 4

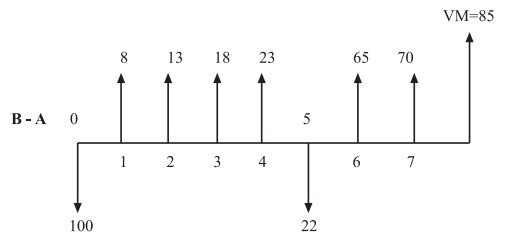
$$VPN_{B-A,15,0} = 49,333453 - 32,127800 = 17,505653$$

Es decir, que B es mejor que A.

$$VPN_{C-B,15,0} = 16,202680 - 49,333453 = -33,131773$$

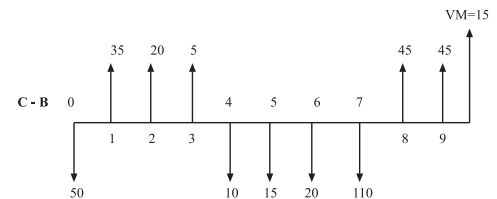
Esto es, B es mejor que C y la mejor opción es B.

### 5.2 Tasa de retorno descontada de los flujos de caja (TIR)



$$i = 18,45\% \text{ anual}$$

Esto es, B es mejor que A.



$$i < 0\% \text{ anual}$$

Es decir, B es mejor que C y la mejor es B.

### 5.3 VFFC

Por análisis incremental.

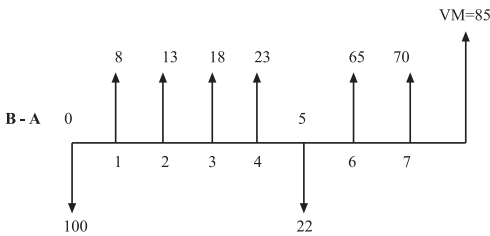
$$VFFC_{B-A,15,9} = 1053,018057 - 992,490699 = 60,527359$$

Esto es, B mejor que A.

$$VFFC_{C-B,15,9} = 936,464579 - 1053,018057 = -116,553479$$

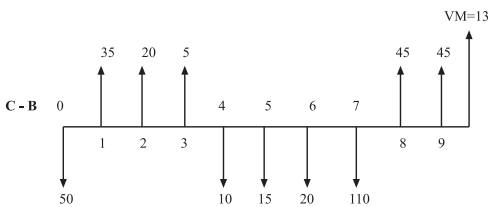
Es decir, B mejor que C y B es la mejor.

### 5.4 Tasa de crecimiento del patrimonio (tasa interna de retorno modificada)



$$v = 17,57\% \text{ anual}$$

Es decir, B es mejor que A. Ahora:



$$v = 7,45\%$$

Es decir, B es mejor que C y, por lo tanto, la mejor es B.

En estos diagramas incrementales para la TIR y para la tasa de crecimiento del patri-

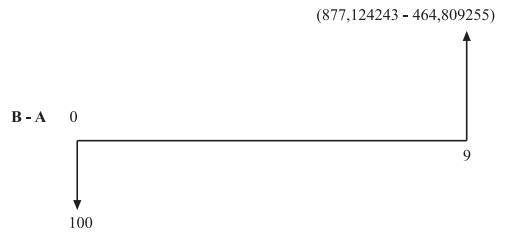
monio aparecen alternaciones en los flujos que generan todo tipo de dificultades conceptuales y prácticas más fáciles de manejar en el caso de la TIR, a no ser que uno para el caso de las tasas de crecimiento del patrimonio trabaje con los valores futuros modificados individuales (valor futuro de los flujos de caja neto positivos a la tasa mínima de retorno) y con ellos haga el incremental, esto es:

$$VFM_{A,15,9} = [32(F/A,15,5) + 50](F/P,15,4) = 464,809255$$

$$VFM_{B,15,9} = \{[40 + 5(A/G,15,7)](F/A,15,7) + 85\}(F/P,15,2) = 877,124243$$

$$VFM_{C,15,9} = [75 - 10(A/G,15,3)](F/A,15,3)(F/P,15,6) + 45(F/A,15,6) + 13 = 936,464579$$

Y los diagramas incrementales serán:

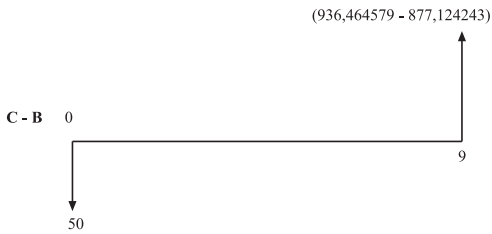


$$100(F/P, v, 9) = 412,314988$$

$$v = 17,05\% \text{ anual}$$

Y B será mejor que A,

Esto es, B es mejor que C y B es el mejor de todos.



$$50 (F/P, V, q) = 59,340336$$

$$V = 1,92\% \text{ anual}$$

Obsérvese de nuevo que los cuatro métodos, aun con las dificultades que puedan surgir en el análisis incremental tanto en la TIR (dualidad) como en la tasa de crecimiento del patrimonio (tasa interna de retorno modificadas), coinciden si éste se realiza.

## Conclusiones

A lo largo del artículo se han demostrado conceptual y numéricamente varios hechos:

- Los supuestos de la tasa de retorno descontada de los flujos de caja (TIR) y del valor presente neto son los mismos: rentabilidad sobre capital no amortizado y no sobre el capital inicial o total, consideración de todas las inversiones realizadas en el proyecto, eliminación de efectos de reinversión, análisis del proyecto y no del conjunto proyecto-dueño y medición de productividad de capital.
- Todo análisis de decisión de inversión por cualquier criterio que se haga requiere un análisis incremental, y sólo a través de éste se puede determinar cuál es la inversión óptima.
- Existen criterios que dicen que dicho proceso es, por la naturaleza de los criterios, muy fácil y expedito y que casi por observación directa se puede decidir; pero eso no indica que no sea necesario el proceso.
- En otros criterios el incremental es mucho más engañoso y se requieren cálculos adicionales. Sin embargo, los cuatro criterios aquí analizados —si se utilizan bien y se hace el análisis incremental— son lo suficientemente confiables para decir cuál es la mejor inversión, en el caso de inversiones mutuamente excluyentes. En los casos de independientes y complementarios el VPN es el único que garantiza el proceso de decisión.
- La aritmética básica hace muchos años indicó que las comparaciones entre cifras relativas porcentajes no se pueden hacer en forma directa, a no ser que todas las bases sean iguales. Si uno de analista se olvida de este principio aritmético, no le puede adjudicar la culpa a un criterio.
- En los criterios con reinversión es sano incluir, como la tasa a la cual se pueden reinvertir los recursos, la tasa mínima de retorno ( $i^*$ ), pues es alcanzable y da condiciones de igualdad a todos los proyectos.
- Los indicadores de productividad del capital miden lo anterior y no tienen razones par evaluar la disponibilidad de recursos para hacer un proyecto, que no es lo mismo. Que en el análisis financiero se consideren fuentes propias y externas al proyecto está muy bien, pero eso no es parte del proceso económico;

pues cuando el inversionista no retira unos recursos que el proyecto genera, es como si los hubiera invertido y sobre ellos espera recibir rentabilidad.

- La tasa crecimiento del patrimonio (tasa de retorno modificada) debe tener interpretación económica como cualquier otro indicador y no ser sólo un número que permita tomar decisiones.

## Referencias bibliográficas

Varela Villegas, Rodrigo, 1997. *Evaluación económica de proyectos de inversión*, Bogotá, Iberoamérica.

\_\_\_\_\_, 1997. "Porque el VFFC y el VPN dan las mismas decisiones de inversión", en: *Revista Escuela de Administración de Negocios*, EAN, n. 32, septiembre-diciembre, 1997.