

# ¿CUÁNDO ES CORRECTO UTILIZAR EL VALOR PERIÓDICO EQUIVALENTE PARA DECIDIR?<sup>1</sup>

Claudia Nerina Botteon  
Profesora de Análisis Económico de Proyectos

Una tarea fundamental de la evaluación de proyectos es el armado del flujo de beneficios y costos asociados a una decisión. Con el objeto de determinar el mejor curso de acción a seguir, la información contenida en el flujo se resume en indicadores de rentabilidad.

Estos indicadores se suelen utilizar con dos propósitos principales:

- Determinar si un proyecto individualmente considerado es o no conveniente.
- Elegir entre dos o más proyectos mutuamente excluyentes.

El valor actual neto (VAN) es el indicador más utilizado debido a una serie de ventajas que tiene asociadas. Bajo el supuesto de que todos los saldos remanentes se colocan a la tasa de costo de oportunidad de los fondos para el inversor, no presenta limitaciones cuando se analiza la bondad de un proyecto en particular.

Sin embargo, cuando se trata de decidir entre proyectos mutuamente excluyentes, elegir el de mayor VAN es correcto si las alternativas que se están comparando tienen la misma duración. Asimismo, elegir por VAN es adecuado cuando se trata de seleccionar entre proyectos que no tienen la misma duración, pero que son opciones no repetibles a través del tiempo.

En cambio, si las opciones entre las cuales hay que seleccionar tienen distinta vida útil y son repetibles a través del tiempo, es necesario tener ciertas precauciones a los efectos de que la comparación por VAN sea válida. En este caso, una forma de aplicar correctamente este indicador, es comparar los VAN de los proyectos incluyendo un determinado número de ciclos de manera que se igualen los horizontes de evaluación.

Como este proceso de consideración de ciclos de proyectos en un horizonte temporal común puede ser complejo, se ha ideado una simplificación. La receta que tradicionalmente se indica, consiste en elegir el proyecto cuyo ciclo presente el mayor valor periódico equivalente (VPE). Sin embargo, tal como se demuestra en este trabajo, cuando se trata de elegir entre proyectos excluyentes y cíclicos, no siempre es correcto seleccionar el de mayor VPE.

Este trabajo ha sido organizado de la siguiente manera:

---

<sup>1</sup> La autora agradece a los Lic. Roberto Cortegoso y Lic. Lorenzo Nieva Dinerstein los valiosos comentarios que realizaron sobre una versión preliminar de este trabajo.

- En primer lugar y en forma simplificada se presenta cómo debe conformarse un flujo que sea válido para tomar decisiones.
- En segundo lugar se presenta el VAN y se analizan sus ventajas y limitaciones al momento de usarlo como indicador de rentabilidad.
- Finalmente se define el VPE y se muestra bajo qué condiciones es válido su uso tanto para decidir sobre un proyecto individualmente considerado como para seleccionar entre varios proyectos.

### **A. Flujos para la toma de decisiones**

El flujo de beneficios y costos atribuibles a un proyecto (FByC)<sup>2</sup> es uno de los elementos fundamentales para tomar la decisión de ejecutarlo o no. Esto implica que en su armado deben tenerse los cuidados suficientes como para no cometer errores que puedan inducir al evaluador a tomar una decisión incorrecta.

Es por ello que cuando se estructura se deben respetar tres acciones con respecto a los beneficios y costos relevantes:

- Identificarlos.
- Cuantificarlos.
- Valorarlos.

En este proceso es importante seguir el orden en el que se expusieron las acciones, ya que no se puede valorar lo que no se ha cuantificado previamente en unidades físicas y no es posible cuantificar ni valorar si no se han determinado con anterioridad los conceptos de beneficios y costos relevantes.

Obsérvese que este procedimiento requiere previamente determinar desde qué punto de vista se hace la evaluación. Por ejemplo, una evaluación privada puede hacerse desde el punto de vista de la empresa o desde el punto de vista de cada uno de sus accionistas.

La correcta identificación de los beneficios y costos de un proyecto surge de comparar lo que se prevé ocurrirá en la situación con proyecto con lo que sucederá en la situación sin proyecto. Lo atribuible a la ejecución del proyecto es la diferencia entre lo que ocurrirá con proyecto y lo que sucederá sin proyecto. Por ejemplo, si se está evaluando privadamente un proyecto de ampliación de una fábrica, el incremento en el ingreso por ventas constituye un beneficio y el incremento en los sueldo a pagar es un costo. Asimismo, constituyen un costo los gastos que implica la construcción del edificio en el que operará el proyecto.

Un aspecto importante que debe tenerse en cuenta en la identificación es determinar el momento en el cual ocurre cada uno de los beneficios y costos de manera de ubicarlos en el flujo en forma adecuada.

La evaluación de proyectos se basa en el criterio de considerar los ingresos y egresos percibidos (cash). Esto implica que los beneficios y costos deben ser colocados en el flujo en

---

<sup>2</sup> También a este flujo se lo conoce como Flujo Económico o Flujo de Caja Neto (haciendo referencia a que es “neto” de la alternativa contra la que se evalúa el proyecto).

el momento en que ellos efectivamente ocurren. Como puede apreciarse se sigue un criterio diferente al de la Contabilidad, que registra lo devengado. Por ejemplo, si los insumos se compran a 30 días de plazo, en el flujo el costo que implica su pago debe registrarse en el momento en que efectivamente se cancelan. La contabilidad registra la compra de esos insumos en el momento de la adquisición, independientemente de cuando se paguen.

La cuantificación consiste en estimar las cantidades físicas asociadas a cada uno de los conceptos de beneficios y costos. En el caso de la ampliación de la fábrica, la cantidad de unidades adicionales a producir y vender por unidad de tiempo, cantidad de máquinas de determinadas características requeridas, cantidad de metros cuadrados a construir, cantidad de empleados de cierta calificación a incorporar, etc.

La valoración se refiere a otorgarles un valor monetario, lo que se realiza aplicando el concepto de costo de oportunidad.

El costo de oportunidad de utilizar un recurso productivo en un proyecto es lo que se pierde por no usarlo en la mejor alternativa disponible fuera de ese proyecto. También se denomina costo económico o costo alternativo.

La determinación del costo de oportunidad de usar un recurso productivo en un proyecto requiere conocer cuáles son las alternativas de uso fuera de ese proyecto. Si el recurso no tiene usos alternativos, el costo de oportunidad de usarlo es cero.

Si bien el costo de oportunidad está asociado al uso de un recurso productivo, el concepto se aplica también a los beneficios. Por ejemplo si el proyecto libera un recurso productivo, el beneficio ocasionado debe valorarse según lo que se gana por poder usarlo en la mejor alternativa posible.

La forma más sencilla de conformar el FByC de un proyecto es obtenerlo efectuando la diferencia entre dos flujos de ingresos y egresos efectivos: el correspondiente a la situación con proyecto y el de la situación sin proyecto. Cada uno de esos flujos se denomina flujo de caja porque contienen los movimientos de dinero. Por ejemplo, el flujo de caja de la situación sin proyecto contiene los ingresos y egresos efectivos correspondientes a ese escenario.

Entonces, el flujo de beneficios y costos del proyecto resulta ser:

$$\text{FByC} = \text{FCcp} - \text{FCsp}$$

Donde: FCcp es el Flujo de caja de la situación con proyecto y FCsp es el flujo de caja de la situación sin proyecto optimizada.

La optimización a la que se hace referencia es respecto de cada uno de los factores productivos a utilizar en el proyecto, los cuales se computan teniendo en cuenta su costo de oportunidad. Al elegir, para cada factor productivo, la mejor alternativa fuera del proyecto, se está optimizando el uso de cada factor en la situación sin proyecto.

La relación existente entre los flujos mencionados anteriormente permite utilizar dos formas alternativas de procesar la información correspondiente a un proyecto:

- Planteo directo del flujo de beneficios y costos atribuibles al proyecto y cálculo del valor actual neto o de otros indicadores de rentabilidad como el valor futuro neto, la tasa interna de retorno, etc.
- Planteo de los flujos de caja de las situaciones sin y con proyecto y cálculo de sus valores actuales o futuros, para luego compararlos.

Los dos procedimientos conducen a las mismas conclusiones respecto de la conveniencia de ejecutar el proyecto. El primero de ellos es el más utilizado y es la base para calcular los indicadores de rentabilidad. Sin embargo, es conveniente también conocer el segundo método, puesto que para aplicar el primero es necesario utilizar los datos provenientes de los flujos de caja. Por otra parte, en algunas situaciones puede ser más sencillo trabajar directamente con los flujos de caja.

### **Evaluación económica y evaluación financiera<sup>3</sup>**

Hay dos tipos de evaluaciones que pueden llevarse a cabo:

- La evaluación económica busca determinar si el proyecto es o no conveniente para un determinado empresario o grupo de empresarios, independientemente de su financiación. Al hacer evaluación económica hay que contar con un FByC, que es el flujo que permite tomar decisiones. Cabe recordar que éste reúne tanto la situación con proyecto como la sin proyecto, de manera que incluye el costo de oportunidad de utilizar los factores propios y ajenos en el proyecto.
- La evaluación financiera pretende determinar las necesidades de financiamiento que el empresario enfrentará en el caso de ejecutar el proyecto. Es por ello que se basa en el FCcp. Nótese que si el proyecto consiste en crear una empresa nueva, este flujo permite determinar los aportes de capital (propio o ajeno) necesarios para su ejecución y operación y el momento en que éstos deben efectuarse. Por otra parte, constituye una herramienta útil para las entidades que conceden préstamos, ya que les suministra información respecto de si los importes netos que se van obteniendo en la situación con proyecto son suficientes para afrontar las erogaciones relacionadas con el préstamo a otorgar. Esto implica que permite conocer por ejemplo, si el período de gracia, el monto de las cuotas y la duración total de la operación son adecuados a los efectos de que el proyecto sea financieramente viable.

### **B. El uso de los indicadores de rentabilidad en la toma de decisiones**

Es importante recordar que el flujo relevante para calcular los indicadores es el de beneficios y costos del proyecto.

La información contenida en el FByC de un proyecto se trata de cifras positivas y negativas distribuidas a lo largo del tiempo, las cuales deben procesarse con el objeto de determinar si la ejecución del proyecto es o no conveniente. Asimismo, es necesario este procesamiento para elegir la mejor alternativa y/o elegir los mejores, de entre varios proyectos.

---

<sup>3</sup> En la literatura de evaluación de proyectos suele darse distintas denominaciones a estos dos tipos de evaluaciones. De todas formas lo importante no son las denominaciones sino tener en claro a qué se hace referencia.

Este procesamiento de la información no es otra cosa que la aplicación de fórmulas de matemática financiera a los valores monetarios del flujo de manera de obtener los indicadores rentabilidad.

Estos indicadores son útiles, pero por buenos que sean nunca suplantán la calidad del flujo. Si los costos y beneficios están mal estimados, los indicadores no tienen ninguna utilidad.

Estos indicadores se suelen utilizar con dos propósitos principales:

- Determinar si un proyecto individualmente considerado es o no conveniente.
- Elegir entre dos o más proyectos mutuamente excluyentes, por ejemplo, diferentes tamaños, localizaciones, momento de inicio, etc., del mismo proyecto o de proyectos que constituyen diferentes soluciones para un mismo problema.

A continuación se analizan sólo los siguientes indicadores de rentabilidad<sup>4</sup>:

- Valor actual neto.
- Valor periódico equivalente.

### C. Valor actual neto (VAN)

El VAN es la suma algebraica de los beneficios netos del proyecto debidamente actualizados utilizando la tasa de descuento relevante.

Si la tasa de costo de oportunidad de los fondos o tasa de descuento relevante para el inversor es constante a través del tiempo, la fórmula general para el cálculo del VAN es:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

donde  $BN_t$  es el beneficio neto correspondiente al momento  $t$  de la vida del proyecto;  $r$  es la tasa de descuento por período; y  $n$  es el momento final de la vida del proyecto.

Si la tasa de descuento es variable a través del tiempo, el VAN del proyecto es igual a:

$$VAN = BN_0 + \frac{BN_1}{(1+r_1)} + \frac{BN_2}{(1+r_1) \cdot (1+r_2)} + \dots + \frac{BN_n}{(1+r_1) \cdot (1+r_2) \cdot \dots \cdot (1+r_n)}, \quad (2)$$

donde  $r_j$  es la tasa de descuento correspondiente al período  $j$ .

Si todos los  $r_j$  son iguales entre sí, la fórmula (2) se reduce a (1), que corresponde al VAN cuando la tasa de descuento es constante a través del tiempo.

---

<sup>4</sup> En el libro de Coloma Ferrá y Claudia Botteon, “Evaluación Privada de Proyectos” (2007), pueden estudiarse otros indicadores.

## Ejemplo 1

Supóngase que se está estudiando un proyecto de 3 años de duración. El flujo anual de beneficios y costos es el siguiente:

Concepto	0	1	2	3
Inversión	-10.000			8.000
Materias primas	-900	-900	-900	
Tiempo propio		-7.000	-7.000	-7.000
Ingreso por ventas		18.000	18.000	18.000
Beneficios netos	-10.900	10.100	10.100	19.000

Si la tasa de descuento es del 10% anual durante los 3 años considerados, el valor actual neto es:

$$VAN = -10.900 + \frac{10.100}{1,1} + \frac{10.100}{(1,1)^2} + \frac{19.000}{(1,1)^3} = \$ 20.903,91 .$$

Conceptualmente, el VAN es el valor actual del cambio en riqueza que tendrá el inversionista debido a la ejecución del proyecto, es decir, la diferencia entre la riqueza en la situación con proyecto y la riqueza en la situación sin proyecto. En este caso el inversor será \$ 20.903,91 más rico si ejecuta el proyecto que si no lo ejecuta. Al ser el VAN positivo conviene ejecutar el proyecto. Si hubiese sido negativo, no sería conveniente su ejecución.

### Regla de decisión sobre la conveniencia de un proyecto individualmente considerado

Teniendo en cuenta el significado del VAN, se puede determinar la regla de decisión cuando se evalúa un determinado proyecto:

- Si su VAN es positivo, es mejor ejecutarlo que no ejecutarlo. Al ser el VAN mayor que cero, se puede afirmar que la riqueza del inversionista será mayor en caso de ejecutarlo que la que tendrá en la situación sin proyecto.
- Si su VAN es igual a 0, es indiferente ejecutarlo o no ejecutarlo.
- Si su VAN es negativo, es mejor no ejecutarlo que ejecutarlo.

### Regla de decisión sobre la selección de proyectos

Si se debe elegir entre dos o más proyectos mutuamente excluyentes o entre alternativas de un mismo proyecto, aparentemente se debe seleccionar el de mayor VAN, ya que éste es el que maximiza el incremento de riqueza en relación con la situación sin proyecto.

Elegir por mayor VAN es un procedimiento correcto cuando los proyectos que se están comparando tienen la misma duración.

Sin embargo, es necesario tener ciertas precauciones para que la comparación sea válida cuando se elige entre “proyectos repetitivos” con distinta vida útil.

Para clarificar este aspecto conviene clasificar a los proyectos en “repetitivos” (o repetibles) y “no repetitivos”:

- Los proyectos repetitivos son aquellos que presentan ciclos que pueden volverse a ejecutar a través del tiempo. Por ejemplo si una máquina quedó obsoleta puede reemplazarse por otra. O si se planta tomates un año, al año siguiente se puede volver a cultivar esta fruta.

El VAN no presenta problemas en cuanto a la comparación de este tipo de proyectos, si es que las opciones entre las que se está seleccionando tienen la misma duración. Si se está decidiendo si usar la máquina A o usar la B y ambas duran 10 años, se puede elegir en función de aquella que maximice el VAN. Entonces en este caso, el proyecto más conveniente es el que tenga mayor VAN.

En cambio, si los proyectos tienen ciclos de distinta duración, la comparación sólo es válida si los VAN se corrigen de manera de equiparar los horizontes temporales de análisis. En este caso, la recomendación es elegir el proyecto que tenga mayor VAN conjunto o repetido, es decir, el mayor VAN que incluye un conjunto de ciclos, hasta que se igualen los horizontes de evaluación.

- Los no repetitivos por naturaleza (o por decisión del empresario) son imposibles de replicar a través del tiempo. No presentan problemas en cuanto al VAN y resulta más conveniente el que posea el mayor de los valores actuales netos. En el caso de proyectos no repetibles se está suponiendo que todo el dinero excedente se coloca a la tasa de costo de oportunidad de los fondos para el inversor, que es el mismo supuesto que se considera en el cálculo de este indicador.

En los Ejemplos 2 a 5 que se presentan a continuación, se muestra la limitación del VAN en la selección de proyectos con ciclos de distinta duración y la forma de solucionarla.

En el primero de ellos los ciclos de los proyectos no se superponen ni se distancian entre sí, es decir, cuando termina un ciclo inmediatamente comienza el siguiente. Por ejemplo, puede ser la actividad de engorde de animales en el cual un ciclo productivo termina e inmediatamente se inicia el siguiente. El ciclo productivo consiste en comprar terneros recién destetados, engordarlos y luego venderlos. Cuando se venden los animales, inmediatamente se compran los nuevos terneros.

En el segundo de ellos se presenta otra situación en donde se ejemplifica el caso de proyectos con ciclos yuxtapuestos. Se ha elegido un caso en que a simple vista puede pensarse que sus flujos dejan un lapso libre de tiempo, ya que presentan ceros intermedios. Por ejemplo, sería el caso de un proyecto de implantación de vid, cuya inversión no es instantánea y pueda financiarse al 100% de manera de pagarse al final de la fase de inversión. En este caso la implantación de los nuevos viñedos se efectuaría recién cuando los anteriores se erradiquen, pero el registro del pago de la misma se coloca cuando efectivamente se pagan.

En el tercer ejemplo, los ciclos se superponen. Puede ocurrir, por ejemplo, en el caso de exportación de algún producto en que las condiciones de financiación hagan que las ventas se cobren con posterioridad al inicio del siguiente ciclo productivo.

Finalmente se ejemplifica el caso de proyectos que entre sus ciclos dejan un lapso libre de tiempo. Por ejemplo, sería el caso de un proyecto agrícola de cultivo anual que requiere que la tierra descansa cada cierto lapso de tiempo para recuperar productividad.

## Ejemplo 2

Supóngase que un empresario debe decidir si ejecutar el proyecto A o el B, ambos con ciclos repetibles en forma yuxtapuesta. La tasa de descuento anual relevante es del 10%.

Los flujos anuales de beneficios y costos de los primeros ciclos de los proyectos A y B y sus respectivos valores actuales netos son los siguientes:

Alternativa	0	1	2	3	VAN (10%)
Proyecto A	-10.000	8.000	8.000		3.884,30
Proyecto B	-10.000	6.000	6.000	6.000	4.921,11

Si el inversor tuviese que decidir entre los dos proyectos<sup>5</sup>, podría pensarse que la mejor opción es ejecutar B, ya que es la alternativa cuyo ciclo presenta el mayor VAN. Sin embargo, como se trata de proyectos repetibles con distinta duración, este procedimiento no sería el correcto.

La comparación válida entre este tipo de proyectos es equiparar los horizontes temporales de las alternativas. Esto se logra considerando un lapso de tiempo de 6 años, horizonte temporal en el que se pueden ejecutar 3 ciclos de A mientras que sólo dos ciclos de B.

Los flujos anuales de beneficios y costos de A y B repetidos y sus valores actuales netos son:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	6	VAN(10%)
Primer ciclo de A	-10.000	8.000	8.000					
Segundo ciclo de A			-10.000	8.000	8.000			
Tercer ciclo de A					-10.000	8.000	8.000	
<b>A repetido</b>	<b>-10.000</b>	<b>8.000</b>	<b>-2.000</b>	<b>8.000</b>	<b>-2.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>9.747,49</b>
Primer ciclo de B	-10.000	6.000	6.000	6.000				
Segundo ciclo de B				-10.000	6.000	6.000	6.000	
<b>B repetido</b>	<b>-10.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>-4.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>8.618,42</b>

<sup>5</sup> Se está suponiendo que son mutuamente excluyentes. Si no lo fuera lo conveniente sería ejecutar ambos (sus VAN son positivos).



Si todos los valores se mantienen constantes a través del tiempo, el VAN de A repetido (o también denominado VAN de A conjunto) es mayor que el de B. Esto implica que en un lapso de 6 años es preferible ejecutar 3 ciclos de A a 2 ciclos de B.

Es importante tener en cuenta que este procedimiento supone que los ciclos sucesivos son idénticos al original. No siempre esto es así. Por ejemplo, en un proyecto agrícola es posible que en la primera inversión original se incluya la nivelación del terreno, rubro que no debería aparecer en las repeticiones.

Si se conocieran los flujos correctos de las repeticiones, debería armarse el flujo repetido teniendo en cuenta los beneficios y costos relevantes de cada ciclo. Sin embargo, en muchas ocasiones es complicado anticipar los rubros y montos que participarán de esos ciclos en forma cierta. Es por ello que se procede a tomar la decisión bajo el supuesto de que las repeticiones son iguales al ciclo original del proyecto<sup>6</sup>.

Como se observa, lo importante es que el horizonte de evaluación sea múltiplo de las duraciones de cada ciclo de proyecto. Incluso es factible igualar los horizontes en infinito, lo cual en algunas ocasiones resulta más práctico. En el caso de este ejemplo, los resultados son:

Alternativa	VAN <sub>∞</sub> (10%)
A	22.380,95
A repetido	22.380,95
B	19.788,52
B repetido	19.788,52

Por ejemplo, para calcular el VAN de A con un horizonte infinito se usa la fórmula de valor actual de una perpetuidad adelantada:

$$\text{VAN} = \frac{3.884,30}{0,21} \cdot 1,21 = \$ 22.380,95.$$

Donde, el valor de la cuota es igual al VAN del primer ciclo de A (\$ 3.884,30), la periodicidad de la cuota es la duración del ciclo de A (2 años) y la tasa es la equivalente a la anual correspondiente a 2 años (21%).

Para calcular el VAN de A repetido en un horizonte de 6 años a infinito se procede:

$$\text{VAN} = \frac{9.747,49}{0,7716} \cdot 1,7716 = \$ 22.380,95.$$

Donde, el valor de la cuota es igual al VAN de A repetido (\$ 9.747,49), la periodicidad de la cuota es la duración del horizonte temporal considerado en la repetición (6 años) y la tasa es la equivalente a la anual correspondiente a 6 años (77,16%).

<sup>6</sup> Es importante tener en cuenta que la repetición de ciclos idénticos al original es un supuesto de menor consideración que la no igualación de horizontes temporales.

Cuando se considera el horizonte infinito para todas las alternativas, el VAN calculado a partir del primer ciclo de A es exactamente igual al VAN de A repetido, lo cual implica que en el caso de trabajar con infinitos años no es necesario armar el flujo repetido que se presentó previamente. Lo mismo ocurre con B.

### Ejemplo 3

Considérese que se debe decidir entre los proyectos A y B, mutuamente excluyentes y repetibles en el tiempo. La tasa de descuento relevante es del 10% anual.

El proyecto A se caracteriza por un ciclo que presenta fases de inversión y de operación de 2 años y 1 año, respectivamente. Por simplicidad en la presentación de los flujos se ha decidido por una duración del proyecto acotada. La inversión se financia en un 100% de manera tal que se paga en su totalidad al final de la fase de inversión. Las ventas y los costos de operación anuales son vencidos. El siguiente cuadro reúne información del ciclo del proyecto A:

Conceptos	Valores	Unidades
Inversión	5.000	\$ dentro de 2 años
Valor residual de la inversión	1.000	\$ dentro de 3 años
Ingreso por ventas	15.000	\$/año vencido
Costos de operación	3.500	\$/año vencido

El proyecto B es el que fue presentado en el Ejemplo 2 de página 8.

El flujo anual de beneficios y costos del primer ciclo del proyecto A es el siguiente:

Alternativa	0	1	2	3	VAN(10%)
Inversión			-5.000	1.000	
Ingresos por ventas				15.000	
Costos de operación				-3.500	
<b>Flujo de beneficios netos de A</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-5.000</b>	<b>12.500</b>	<b>5.259,20</b>

El flujo de A que incluye los dos primeros ciclos es el siguiente:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	6	VAN(10%)
<b>Primer ciclo de A</b>								
Inversión			-5.000	1.000				
Ingresos por ventas				15.000				
Costos de operación				-3.500				
<b>Segundo ciclo de A</b>								
Inversión						-5.000	1.000	
Ingresos por ventas							15.000	
Costos de operación							-3.500	
<b>Flujo de beneficios netos de A repetido</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-5.000</b>	<b>12.500</b>	<b>0</b>	<b>-5.000</b>	<b>12.500</b>	<b>9.210,52</b>

Al observar este flujo puede parecer que los ciclos están distanciados entre sí. Sin embargo, el ciclo inicial comienza en el momento 0 y finaliza en el momento 3, instante donde empieza la primera repetición.

Dado que el VAN del proyecto B repetido es de \$ 8.618,42, en un lapso de 6 años, ejecutar dos ciclos de A termina siendo lo mejor.

#### Ejemplo 4

Considérese que un empresario está evaluando los proyectos A y B, mutuamente excluyentes y repetibles en el tiempo. Su tasa de descuento relevante es del 10% anual.

El ciclo del proyecto A tiene una inversión instantánea. Su duración es de 3 años aunque sólo opera durante 2 años. Esto ocurre porque si bien las ventas se efectúan anualmente desde el final del primer año, se cobran recién un año después de concretada cada operación.

El siguiente cuadro reúne información del ciclo del proyecto A:

Conceptos	Valores	Unidades
Inversión en activos fijos (instantánea)	5.000	\$
Valor residual de los activos fijos	0	\$ dentro de 3 años
Ingreso por ventas	15.000	\$/año, diferido 1 año
Costos de operación	8.000	\$/año vencido

El ciclo del proyecto B también tiene una inversión instantánea, pero su duración es de 5 años, 4 de ellos operativos. Los datos relevantes del proyecto B son:

Conceptos	Valores	Unidades
Inversión en activos fijos (instantánea)	11.000	\$
Valor residual de los activos fijos	0	\$ dentro de 5 años
Ingreso por ventas	16.000	\$/año, diferido 1 año
Costos de operación	8.500	\$/año vencido

Los flujos anuales de beneficios y costos del primer ciclo de cada proyecto y sus respectivos VAN son los siguientes:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	VAN(10%)
<b>Proyecto A</b>							
Inversión	-5.000						
Ingresos por ventas			15.000	15.000			
Costos de operación		-8.000	-8.000				
<b>Flujo de beneficios netos de A</b>	<b>-5.000</b>	<b>-8.000</b>	<b>7.000</b>	<b>15.000</b>			<b>4.782,12</b>
<b>Proyecto B</b>							
Inversión	-11.000						
Ingresos por ventas			16.000	16.000	16.000	16.000	
Costos de operación		-8.500	-8.500	-8.500	-8.500		
<b>Flujo de beneficios netos de B</b>	<b>-11.000</b>	<b>-8.500</b>	<b>7.500</b>	<b>7.500</b>	<b>7.500</b>	<b>16.000</b>	<b>8.163,28</b>

Si no se tiene en cuenta que los proyectos deben analizarse en un mismo horizonte temporal, B sería el elegido ya que su ciclo presenta mayor VAN. Sin embargo, lo correcto es comparar un ciclo de B con dos ciclos de A. En el siguiente cuadro se presenta el flujo de A repetido:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	VAN(10%)
<b>Primer ciclo de A</b>							
Inversión	-5.000						
Ingresos por ventas			15.000	15.000			
Costos de operación		-8.000	-8.000				
<b>Segundo ciclo de A</b>							
Inversión			-5.000				

Ingresos por ventas					15.000	15.000	
Costos de operación				-8.000	-8.000		
<b>Flujo de beneficios netos de A repetido</b>	<b>-5.000</b>	<b>-8.000</b>	<b>2.000</b>	<b>7.000</b>	<b>7.000</b>	<b>15.000</b>	<b>8.734,28</b>

Como puede apreciarse, el segundo ciclo de A se superpone con el primero. Nuevamente se concluye que el VAN de A repetido es mayor que el de B. En realidad, en un lapso de 5 años es preferible ejecutar 2 ciclos de A a un ciclo de B.

Si se decidiera por igualar los horizontes en infinito, es necesario prestar atención en el armado de los flujos con respecto a las superposiciones de ciclos. En el caso de este ejemplo, los resultados son:

Alternativa	VAN <sub>∞</sub> (10%)
A	27.554,11
B	25.752,76

Para calcular el VAN de A con un horizonte infinito se usa la fórmula de valor actual de una perpetuidad adelantada:

$$VAN = \frac{4.782,12}{0,21} \cdot 1,21 = \$ 27.554,11.$$

donde el valor de la cuota es igual al VAN del ciclo de A (\$ 4.782,12), la periodicidad de la cuota es el lapso de tiempo en el que no existe superposición de ciclos (2 años) y la tasa es la equivalente a la anual correspondiente a 2 años (21%).

El VAN de B con un horizonte infinito se calcula como:

$$VAN = \frac{8.163,28}{0,4641} \cdot 1,4641 = \$ 25.752,76.$$

donde el valor de la cuota es igual al VAN del ciclo de B (\$ 8.163,28), la periodicidad de la cuota es el lapso de tiempo en el que no existe superposición de ciclos (4 años) y la tasa es la equivalente a la anual correspondiente a 4 años (46,41%).

### Ejemplo 5

Supóngase que un empresario debe decidir si ejecutar el proyecto A o el B, ambos repetibles. La tasa de descuento anual relevante es del 10%.

Los flujos anuales de beneficios y costos del primer ciclo de cada proyecto y sus respectivos VAN son los siguientes:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	VAN(10%)
Proyecto A	-10.000	8.000	8.000				3.884,30
Proyecto B	-11.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	7.953,93

En el caso del proyecto A, el segundo ciclo no puede efectuarse inmediatamente, sino que la reinversión recién puede ejecutarse un año después de finalizado el primer ciclo.

Los flujos que permiten tomar la decisión son los siguientes:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	VAN(10%)
Primer ciclo de A	-10.000	8.000	8.000				
Segundo ciclo de A				-10.000	8.000	8.000	
<b>A repetido</b>	<b>-10.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>-10.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>6.802,63</b>
<b>B</b>	<b>-11.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>5.000</b>	<b>7.953,93</b>

El VAN de A repetido es menor que el de B, lo que implica que en un horizonte temporal de 5 años es preferible ejecutar 1 ciclo de B a 2 ciclos de A (con su desfase).

#### D. Valor periódico equivalente (VPE)

El valor anual equivalente es el resultado de transformar el VAN de un proyecto en un valor periódico uniforme vencido a lo largo de toda su vida. Según sea la periodicidad, se obtiene un valor anual equivalente, un valor mensual equivalente, etc.

La fórmula utilizada para llegar a la equivalencia es la de cálculo de la cuota vencida del sistema francés:

$$VPE = VAN \cdot \frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \quad (3)$$

Donde n es el número de periodos de duración del proyecto (fases de inversión y de operación) y r es la tasa de descuento correspondiente al periodo utilizado.

#### Ejemplo 6

Considérese el proyecto de 3 años de duración presentado en el Ejemplo 1 de página 6, cuyo VAN es igual a \$ 20.903,91.

El valor anual equivalente (VAE) es igual a:

$$VAE = 20.903,91 \cdot \frac{(1,1)^3 \cdot 0,1}{(1,1)^3 - 1} = \$ 8.405,77.$$

Nótese que se denomina VAE o valor anual equivalente ya que se trata de una cuota anual calculada a partir del VAN.

Como conceptualmente el VAN es el valor actual del cambio en riqueza que tendrá el inversor debido a la ejecución del proyecto, el VAE se puede interpretar como el incremento de riqueza que tendrá si ejecuta el proyecto expresado como una cuota anual uniforme durante la vida del proyecto.

### **Regla de decisión sobre la conveniencia de un proyecto individualmente considerado**

Teniendo en cuenta el significado del VPE, se puede determinar la regla de decisión cuando se evalúa un determinado proyecto:

- Si su VPE es positivo, es mejor ejecutarlo que no ejecutarlo. Al ser el VAN mayor que cero, el VPE también lo será, por lo que se puede afirmar que la riqueza del inversionista será mayor en caso de ejecutar el proyecto que la que tendrá en la situación sin proyecto.
- Si su VPE es igual a 0, es indiferente ejecutarlo o no ejecutarlo.
- Si su VPE es negativo, es mejor no ejecutarlo que ejecutarlo.

Esto pone de manifiesto que si se cuenta con el VAN del proyecto, no es necesario calcular su VPE para decidir.

### **Regla de decisión sobre la selección de proyectos**

Cuando se trata de elegir entre proyectos alternativos, no siempre es correcto elegir el de mayor valor periódico equivalente.

Cuando los proyectos que se están comparando tienen la misma duración, se puede decidir por VPE. Resulta obvio que el proyecto que tenga mayor VAN, es el que tendrá mayor VPE. Si con los valores actuales netos ya se puede seleccionar el mejor proyecto, entonces, no tiene sentido transformarlo en un valor periódico.

Si se debe elegir entre dos o más proyectos mutuamente excluyentes de distinta duración hay que ser muy cautelosos:

- Si se trata de proyectos repetibles, el proceso de selección por VPE no presenta problemas cuando los ciclos son yuxtapuestos o consecutivos, en el sentido que una repetición sigue inmediatamente a otra.

En cambio, si los proyectos presentan superposiciones o un lapso temporal entre ciclos, el VPE tal como se lo definió no puede utilizarse. El procedimiento correcto y más sencillo es elegir por VAN conjunto.

- Los no repetitivos no pueden seleccionarse por VPE, puesto que si así se hiciera, se estaría justamente dejando de lado su particularidad de proyecto por única vez.

Anteriormente se mostró que el VAN presenta inconvenientes en la selección de proyectos repetibles de distinta duración y se indicó que la forma de solucionar el problema era igualar

los horizontes de los proyectos a comparar y maximizar el VAN conjunto. A continuación se muestra en qué casos el VPE permite elegir entre estos proyectos de una manera más simple.

En los cuatro siguientes ejemplos se muestran casos de selección de proyectos repetibles de distinta duración en los que el VPE puede utilizarse y otros en los que su uso conduciría a error. En los dos primeros de ellos los ciclos o repeticiones de los proyectos son yuxtapuestos. En el tercero, las repeticiones se superponen entre sí. Finalmente se presenta el caso de proyectos que entre sus ciclos dejan un lapso libre de tiempo.

### Ejemplo 7

Supóngase que un empresario debe decidir entre los proyectos A y B del Ejemplo 2 de página 8. Cabe recordar que los ciclos de ambos proyectos son repetibles a través del tiempo en forma yuxtapuesta. La tasa de descuento anual relevante para ese empresario es del 10%.

Con el procedimiento de calcular los VAN en un horizonte temporal idéntico, se concluyó que la opción más conveniente es ejecutar el proyecto A.

Los flujos anuales de beneficios y costos del primer ciclo de cada proyecto y sus respectivos VAN y VAE son los siguientes:

Alternativa	0	1	2	3	VAN (10%)	VAE (10%)
Proyecto A	-10.000	8.000	8.000		3.884,30	2.238,10
Proyecto B	-10.000	6.000	6.000	6.000	4.921,11	1.978,85

El VAE del ciclo del proyecto A se calcula reemplazando n por 2 (años de duración del ciclo del proyecto A) en la fórmula (3). Es decir, se transforma el VAN en 2 cuotas anuales. El del proyecto B se obtiene reemplazando n por 3.

El horizonte temporal uniforme utilizado para la comparación por VAN fue de 6 años. Los flujos repetidos y sus respectivos VAN y VAE son:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	6	VAN(10%)	VAE (10%)
A repetido	-10.000	8.000	-2.000	8.000	-2.000	8.000	8.000	9.747,49	2.238,10
B repetido	-10.000	6.000	6.000	-4.000	6.000	6.000	6.000	8.618,42	1.978,85

Se observa que el VAE de la alternativa A repetida es exactamente igual que el VAE del ciclo de la alternativa A. Ese resultado es lógico ya que el VAE correspondiente al primer ciclo del el proyecto A es de \$ 2.238,10 en los momentos 1 y 2; el VAE del segundo ciclo es también de \$ 2.238,10 en los momentos 3 y 4 y el VAE del tercero y último ciclo es de \$ 2.238,10 en los momentos 5 y 6. Por lo tanto, para la alternativa repetida, el VAE no puede ser otro que \$ 2.238,10. En forma similar, lo mismo puede concluirse para el proyecto B.

Por lo tanto, se podría haber determinado que la alternativa A es más conveniente que la B simplemente comparando los VAE del ciclo original de ambas opciones: la de mayor VAE es



también la de mayor VAN de las alternativas cuyos ciclos se repitieron hasta igualar sus horizontes de evaluación.

Como puede apreciarse la ventaja del valor periódico equivalente es que los cálculos son más simples. Cabe notar que al decidir de esta forma se mantiene el supuesto de que las repeticiones son réplicas exactas del ciclo original del proyecto.

### Ejemplo 8

Considérese los proyectos A y B, mutuamente excluyentes y repetibles en el tiempo, presentados en el Ejemplo 3 de página 10. La tasa de descuento relevante es del 10% anual.

Cabe recordar que el ciclo del proyecto A presenta fases de inversión y de operación de 2 años y 1 año, respectivamente. El del proyecto B es el que fue presentado en el Ejemplo 2 de página 8.

A continuación se presenta el flujo anual de beneficios y costos del primer ciclo del proyecto A y sus respectivos VAN y VAE:

Alternativa	0 y 1	2	3	VAN(10%)	VAE(10%)
Inversión		-5.000	1.000		
Ingresos por ventas			15.000		
Costos de operación			-3.500		
<b>Flujo de beneficios netos de A</b>	<b>0</b>	<b>-5.000</b>	<b>12.500</b>	<b>5.259,20</b>	<b>2.114,80</b>

El VAE del ciclo del proyecto A se calcula reemplazando n por 3 en la fórmula (3). Es decir, se transforma el VAN en 3 cuotas anuales acorde con la duración del ciclo del proyecto.

El flujo de A repetido en un horizonte de 6 años, de manera de poderlo comparar con B, cuya duración es de 6 años, es el siguiente:

Alternativa	0 y 1	2	3	4	5	6	VAN(10%)	VAE(10%)
<b>Flujo de beneficios netos de A repetido</b>	<b>0</b>	<b>-5.000</b>	<b>12.500</b>	<b>0</b>	<b>-5.000</b>	<b>12.500</b>	<b>9.210,52</b>	<b>2.114,80</b>

Como en el ejemplo anterior, se observa que el VAE de la alternativa A repetida es exactamente igual que el VAE del ciclo de la alternativa A. Esto implica que se podría haber determinado que la alternativa A es más conveniente que la B simplemente comparando los VAE de los ciclos originales de ambas. El proyecto A es mejor que B porque su VAE es de \$ 2.114,80 mayor que el del proyecto B (\$ 1.978,85).

### Ejemplo 9

Considérese los proyectos A y B, mutuamente excluyentes y repetibles en el tiempo, presentados en el Ejemplo 4 de página 11. La tasa de descuento relevante es del 10% anual.

Los ciclos de los proyectos A y B presentan las siguientes características:

- Tienen una inversión instantánea.
- Sus duraciones se extienden más allá de su fase estrictamente operativa por un desfase financiero en las compras: si bien las ventas se efectúan anualmente desde el final del primer año, se cobran recién un año después de concretada cada operación.

Los flujos anuales de beneficios y costos del primer ciclo de los proyectos y sus VAN y VAE son los siguientes:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	VAN(10%)	VAE(10%)
<b>Flujo de beneficios netos de A</b>	-5.000	-8.000	7.000	15.000			4.782,12	1.922,96
<b>Flujo de beneficios netos de B</b>	-11.000	-8.500	7.500	7.500	7.500	16.000	8.163,28	2.153,45

El VAE del ciclo del proyecto A se calcula reemplazando n por 3 en la fórmula (3), ya que la duración de ese ciclo es de 3 años. El del ciclo del proyecto B se calcula con n igual a 5.

Si los VAE del cuadro anterior fueran válidos para decidir cuál de los dos proyectos es mejor, se aconsejaría al empresario ejecutar B. Sin embargo, tal como se muestra a continuación, en este caso el VAE conduce a error.

En el siguiente cuadro se presenta el flujo de A repetido, su VAN conjunto y su VAE:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	VAN(10%)	VAE (10%)
Primer ciclo de A	-5.000	-8.000	7.000	15.000				
Segundo ciclo de A			-5.000	-8.000	7.000	15.000		
<b>Flujo de beneficios netos de A repetido</b>	<b>-5.000</b>	<b>-8.000</b>	<b>2.000</b>	<b>7.000</b>	<b>7.000</b>	<b>15.000</b>	<b>8.734,28</b>	<b>2.304,08</b>

El VAE del proyecto A repetido en el horizonte considerado se calcula reemplazando n por 5 en la fórmula (3), ya que la duración de los dos primeros ciclos del proyecto es de 5 años.

Se observa que el VAE de la alternativa A repetida no coincide con el VAE del ciclo de la alternativa A. Lo que sí es cierto es que el VAE correspondiente a la primera vez que se ejecuta el ciclo del proyecto A es de \$ 1.922,96 en los momentos 1, 2 y 3 y el VAE del segundo ciclo es también de \$ 1.922,96 en los momentos 3, 4 y 5. Por lo tanto, si se reemplazase en el flujo repetido los valores existentes por los VAE, en el momento 3 aparecería dos veces el valor de \$ 1.922,96, lo que demuestra que el VAE del flujo repetido no puede ser nunca \$ 1.922,96.

El tema central es que la repetición se superpone con el ciclo original del proyecto, por lo que el VAE del conjunto no resultará nunca igual al VAE del ciclo del proyecto. En otras

palabras, el VAE del ciclo no es representativo del VAE del proyecto. Esto implica que no es válido usarlo en reemplazo del método de igualar los horizontes temporales de los proyectos.

Por otra parte, si bien es válido es comparar el VAE del ciclo del proyecto B (\$ 2.153,45) con el VAE de dos ciclos del proyecto A (\$ 2.304,08), porque ambos fueron calculados a partir de flujos que igualan los horizontes temporales, esto estaría sólo complicando el proceso. Con los VAN de los proyectos repetidos es suficiente para tomar la decisión, sin necesidad de efectuar una cuenta adicional para convertirlos a VAE.

### Ejemplo 10

Finalmente se retoma el caso analizado en el Ejemplo 5 de página 13, en el que el empresario debe decidir si ejecutar el proyecto A o el B, ambos repetibles, pero en el que uno de los proyectos presenta ciclos no inmediatos. En este caso se considera que el segundo ciclo de A no puede efectuarse inmediatamente, sino que la reinversión recién puede ejecutarse un año después de finalizado el primer ciclo. La tasa de descuento anual relevante es del 10%.

Los flujos anuales de beneficios y costos del primer ciclo de los proyectos A y B y sus respectivos VAN y VAE son los siguientes:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	VAN(10%)	VAE(10%)
Proyecto A	-10.000	8.000	8.000				3.884,30	2.238,10
Proyecto B	-11.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	7.953,93	2.098,23

En un horizonte temporal de 5 años se pueden comparar los proyectos. Sus flujos y sus indicadores son:

Alternativa	0	1	2	3	4	5	VAN(10%)	VAE(10%)
A repetido	-10.000	8.000	8.000	-10.000	8.000	8.000	6.802,63	1.794,52
B	-11.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	7.953,93	2.098,23

El VAE de A repetido es diferente al VAE del primer ciclo de A, por lo que este indicador no puede usarse para aconsejar qué proyecto ejecutar.

En este caso la decisión es por VAN conjunto o repetido, el mayor corresponde al proyecto B.

### E. Conclusiones

Las bondades de los indicadores de rentabilidad VAN y del VPE dependen de si la decisión que se adopta es sobre un proyecto individualmente considerado o si se debe seleccionar entre dos o más proyectos.

Con relación a la necesidad de determinar la conveniencia de un proyecto individualmente considerado, tanto el VAN como el VPE son medidas adecuadas.

El indicador VAN resume al flujo de proyecto en un resultado único, lo que implica que se trata de una medida no ambigua que permite tomar la decisión sobre la conveniencia de un proyecto individualmente considerado. Esta es una característica que no presenta la mayoría de los restantes indicadores de rentabilidad. Basta con sólo mirar su signo para determinar si conviene o no ejecutar un determinado proyecto. Cuando el VAN es positivo, el proyecto es rentable.

El VPE es el valor de cada una de las cuotas que componen el plan en que se transforma el VAN. Cabe recordar que el número de cuotas del plan coincide con la duración del proyecto. Es por ello que a los efectos de determinar si un proyecto es rentable, este indicador también es no ambiguo. Nuevamente es suficiente con saber el signo que acompaña el resultado para determinar la conveniencia de un proyecto. Cuando el VPE es positivo, el proyecto es rentable.

Sin embargo, si ya se cuenta con el VAN del proyecto, no tiene sentido calcular su VPE para decidir.

Si se debe elegir entre dos o más proyectos mutuamente excluyentes o entre alternativas de un mismo proyecto, ya no es tan sencillo especificar la bondad de estos indicadores.

Tanto el VAN como el VPE pueden utilizarse sin problemas cuando los proyectos que se están comparando tienen la misma duración. Resulta obvio que el proyecto que tenga mayor VAN, es el que tendrá mayor VPE. Nuevamente cabe la acotación de que como con los VAN se puede seleccionar el mejor proyecto, entonces, no tiene sentido transformarlos en VPE.

Si se debe elegir entre dos o más proyectos mutuamente excluyentes de distinta duración hay que ser muy cautelosos.

Si los proyectos que se comparan son no repetitivos a través del tiempo, el VAN sigue siendo un indicador adecuado para seleccionar entre ellos. El proyecto que presente mayor VAN será el mejor. En este caso el VPE no es un indicador que pueda utilizarse.

En cambio, si los proyectos entre los cuales hay que seleccionar presentan ciclos repetibles, los VAN del ciclo original de cada alternativa no son indicadores adecuados. Es necesario calcular los VAN de los proyectos incluidas sus repeticiones de ciclos hasta que se iguale los horizontes temporales de las alternativas a comparar. Esos VAN suelen denominarse también VAN conjunto o VAN repetido. El mejor proyecto es aquél que presenta el máximo VAN repetido.

El VPE tiene la ventaja de simplificar la decisión de elegir entre proyectos con ciclos repetibles de diferente duración, cuando las repeticiones son yuxtapuestas o consecutivas, en el sentido que un ciclo sigue inmediatamente a otro.

En cambio, si los proyectos presentan superposiciones o presentan un lapso temporal entre sus ciclos, el VPE no debe utilizarse.

## **F. Bibliografía**

Botteon, Claudia y Ferrá, Coloma, Elementos de matemática financiera para la evaluación de proyectos, en Serie Estudios-Sección Economía N° 47 (Mendoza, FCE-UNC, 2005).

Ferrá, Coloma y Botteon, Claudia, Evaluación privada de proyectos (Mendoza, FCE-UNC, 2007).

Ferrá, Coloma y Botteon, Claudia, Indicadores de rentabilidad, en Serie Estudios-Sección Economía N° 49 (Mendoza, FCE-UNC, 2005).

Fontaine, Ernesto, Evaluación social de proyectos, 12a. ed. (México, Alfaomega, 1999).

Gutiérrez, Héctor, Evaluación de proyectos ante certidumbre (Santiago de Chile, Universidad de Chile, 1994).

Sapag Chain, Nassir, Proyectos de inversión. Formulación y evaluación, 1° edición (México, Prentice Hall, 2007).

Sapag Chain, Nassir y Sapag Chain, Reinaldo, Preparación y evaluación de proyectos, 4a. ed. (Santiago, McGraw-Hill, 2000).

Yamare, Taro, Matemática para economistas, trad. por J. López U. (Barcelona, Ariel, 1965).