

INT-1103



CEPAL

# ILPES

INSTITUTO LATINOAMERICANO  
DE PLANIFICACION  
ECONOMICA Y SOCIAL

## PROGRAMA DE CAPACITACION



Documento PR-5

CRITERIOS DE INVERSION EN EL ANALISIS ECONOMICO  
DE PROYECTOS \*/

~~IDE-Banco-Mundial~~

\*/ El presente documento que se reproduce para uso exclusivo de los participantes de cursos del Programa de Capacitación corresponde a "Materiales de Capacitación del IDE", N° 560-027, octubre 1983.

84/7/1109

20 AGO 1992





# Materiales de Capacitación del IDE

NOTA DE CURSO

560-027  
Oct 1983

## CRITERIOS DE INVERSION EN EL ANALISIS ECONOMICO DE PROYECTOS

Esta Nota de Curso reproduce la Nota del Servicio Central de Proyectos (NSCP) 2.01 del Banco Mundial. Estas notas proporcionan pautas generales al personal del Banco Mundial acerca de diversos aspectos de las metodologías a ser usadas en los análisis financiero, económico y social de los proyectos.

En la NSCP 2.01 se esclarece el criterio que se va a aplicar al comparar los costos y beneficios económicos de los proyectos a fin de determinar si representan una buena utilización de los recursos desde el punto de vista económico. La Nota comienza con una exposición sencilla del concepto de la tasa de descuento aplicable en el análisis económico y examina varias medidas del valor del proyecto: el valor neto actual, las relaciones costos-beneficios y la tasa interna de rentabilidad económica.

La segunda parte de la Nota se ocupa de algunos problemas especiales, como el tratamiento de proyectos con tasas de rentabilidad muy elevadas, la aplicación de las técnicas de minimización de los costos, el escalonamiento cronológico óptimo, y el análisis de proyectos con componentes interdependientes.

Incluido en el programa por: Ana M. Jeria

---

Copyright ©1983 Banco Internacional de Reconstrucción Fomento

El Banco Mundial posee derechos de autor de conformidad con el Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Sin embargo, este material puede copiarse con fines educativos, académicos o de investigación exclusivamente en los países miembros del Banco Mundial. Los materiales de esta serie están sujetos a revisión. Las opiniones e interpretaciones que aparecen en este documento pertenecen a los autores y no deben atribuirse al IDE ni al Banco Mundial. En caso de que se lo reproduzca o traduzca, el IDE agradecería que se le enviara una copia.

---



## CRITERIOS DE INVERSION EN EL ANALISIS ECONOMICO DE PROYECTOS

1. En esta Nota se esclarece el criterio que se va a aplicar al comparar los costos y beneficios económicos de un proyecto con objeto de determinar si representa una buena utilización de los recursos desde el punto de vista económico. No se considera en ella cómo se deben medir los costos y beneficios económicos, ni los procedimientos apropiados a seguir cuando algunos de los beneficios y costos pertinentes no son cuantificables. La Nota complementa varios otros principios guía acerca de estos y otros aspectos del análisis de proyectos que se han preparado o están en vías de preparación.
  
2. La Nota se divide en dos partes. En la primera se examinan los criterios de inversión que se aplican en el análisis económico de proyectos en términos generales. Comienza con una exposición sencilla del concepto de tasa de descuento pertinente al análisis económico. Luego se considera el criterio del valor neto actual (VNA), que es el instrumento fundamental en el análisis económico de proyectos, junto con una de sus variantes, la relación costo-beneficio (CB). A esto sigue un examen del uso de la tasa interna de rentabilidad económica (TIRE), que es un aspecto especial del método del VNA. Tradicionalmente la TIRE se emplea en la práctica del Banco con la finalidad de presentar los resultados del análisis económico en los informes de la Presidencia y en los del personal del proyecto, aunque con frecuencia es un instrumento menos conveniente para el propio análisis. Este exámen se concentra sólo en aquellas nociones cuyo conocimiento es más necesario para el personal del Banco, incluidos los analistas de proyectos, examinadores y otros participantes. No es un estudio de la literatura, ni un documento sobre "el estado de la ciencia". En las obras de referencia mencionadas en el Apéndice se encuentran exposiciones más amplias.
  
3. La segunda parte trata de los problemas, tanto de presentación como sustanciales, que se encuentran con más frecuencia en la práctica del Banco en este campo. Los problemas que se analizan aquí se relacionan con: a) el tratamiento de proyectos con tasas de rendimiento muy elevadas; b) la aplicación de técnicas de minimización de los costos; c) el escalonamiento cronológico óptimo; y d) el análisis de proyectos con componentes interdependientes.

4. En este examen de los criterios de inversión tampoco se introduce el análisis de riesgo y sensibilidad, acerca del cual está preparándose una nota por separado. Cuando se emprende el análisis de probabilidad, el criterio de decisión básica comprenderá usualmente sólo el valor actual esperado de los beneficios económicos netos, basado en los valores esperados de los costos y beneficios.

## I. Criterios de Inversión

### La Tasa de Descuento

5. Los beneficios y costos económicos de un proyecto se miden en términos de los cambios que en el curso del tiempo produce el proyecto en el consumo agregado <sup>1</sup>, en que los beneficios representan incrementos y los costos equivalen a decrementos en ese consumo. Al medir los cambios del consumo agregado son necesarios dos tipos de agregación. Primero, en cualquier fecha dada se necesitan comparar y agregar las pérdidas y ganancias de consumo de diferentes personas. No hay una manera natural de comparar los cambios en el consumo correspondientes a diferentes personas y debe especificarse un sistema de ponderación para la agregación de esos cambios. Aunque las observaciones del comportamiento individual del mercado parecen indicar que los incrementos en el consumo se valoran en menos cuanto más elevado es el nivel inicial de consumo e ingreso, el supuesto clave en la práctica tradicional ha sido que los cambios en el consumo de cada persona deben recibir la misma ponderación cualquiera que sea su situación en cuanto a ingreso.

6. El segundo tipo de agregación entraña la comparación de costos y beneficios que ocurren en fechas diferentes. Hay varias razones para dar por sentado que a los incrementos en el consumo que ocurren en fechas ulteriores deben asignárseles menos valor que a los incrementos en el consumo corriente; por ejemplo, si los niveles de ingreso per cápita se incrementan con el tiempo las ganancias demoradas del consumo tenderán a valorarse en menos. La tasa de descuento se define como la tasa de descenso en el tiempo del valor de un pequeño incremento en el consumo, y usualmente se trata (por razones de sencillez) como una constante en el análisis de proyectos. Dado que está relacionada con los cambios en el

---

1. Expresado en términos per cápita a fin de tener en cuenta el crecimiento de la población.

valor del consumo, se hace referencia a esta tasa de descuento como la "tasa de interés del consumo" (TIC). Si esta tasa es del 8%, entonces un incremento del consumo de \$ 108 el año venidero se valorará como \$ 100 este año. O, de manera equivalente, la ponderación asignada a la ganancia en el consumo del año venidero cuando se agrega a la ganancia en el consumo de hoy sería de  $1/1,08$ , o aproximadamente 0,93.

7. La TIC se puede utilizar para computar los valores actuales de los beneficios netos de las inversiones. Supóngase, a efectos ilustrativos, que una ganancia en el ingreso de \$ 100 se invierte este año en lugar de consumirse y esto conduce a un incremento de \$ 8 en el consumo cada año a perpetuidad; la corriente de costos-beneficios es entonces  $(-100, +8, +8, \dots)$ . Si la TIC es del 8%, entonces el valor actualizado de las ganancias anuales en el consumo será de \$ 100 (es decir,  $100 \times 8/8$ )<sup>1</sup>. Dado que esto contrarresta exactamente la inversión inicial, el valor neto actualizado de la inversión es cero, indicándose así que en razón de la inversión de \$ 100 no se gana (ni pierde) nada. Si esto se aplica a todas las elecciones marginales abiertas a una economía, entonces, en el margen, la división de su ingreso entre consumo e inversión es óptima y la economía no debe tratar de incrementar su tasa de inversión a expensas del consumo corriente.

8. Ahora bien, si el rendimiento a la inversión es más alto que la TIC, la economía se encontrará en un punto en que el ahorro y la inversión adicionales deben valorarse a un nivel más alto que el consumo adicional, es decir, la economía se interesaría en incrementar su ingreso per cápita con más rapidez de lo que lo haría de otro modo. En términos de la ilustración anterior, supóngase que la corriente anual de beneficios del consumo resultante de la inversión es \$ 12 en lugar de \$ 8, la corriente de costos-beneficios es  $(-100, +12, +12, \dots)$ . En este caso el valor actualizado de los beneficios anuales a la TIC del 8% es de \$ 150 (es decir,  $100 \times 12/8$ ), y el valor neto actualizado de la inversión es así de \$ 50 en lugar de cero. En otras palabras, por cada \$ 1,00 en valor de consumo actual sacrificado para inversión, la ganancia en el consumo futuro sería de \$ 1,50. Cada unidad adicional de ahorro e inversión obtendrá así una "prima" del 50% sobre el consumo. La valoración de los beneficios y costos de un proyecto necesitará cambiarse entonces en forma correspondiente.

---

1. Si \$x representa un nivel constante de beneficios netos a perpetuidad, entonces su valor presente actualizado, a una tasa de actualización r, es simplemente  $\frac{x}{r} \cdot 100$ .

9. Siempre que el rendimiento a la inversión, o la "tasa de interés de la inversión" (TII), difiere de la TIC, indica que existe una situación no deseada, y las adiciones al ahorro y al consumo no serán igualmente valiosas en el margen. La cuestión que se plantea en este caso no es si la TII, o la TIC, o algún promedio de las dos, es la tasa apropiada de descuento. Debe aplicarse la TIC si en el curso de todo el análisis se va a aplicar de manera constante una prima apropiada sobre el ahorro; en forma alternativa se podría utilizar la TII si se aplica en forma constante un descuento sobre el consumo (correspondiente a la prima sobre el ahorro). Problemas de esa índole se evitan en la práctica convencional dándose por supuesto que la TIC y la TII son iguales, es decir, que no hay asignación ineficiente de recursos en el margen entre el consumo y el ahorro.

10. Por último, los dos tipos de problemas de agregación examinados arriba no son independientes. Si las ganancias y pérdidas del consumo de diferentes personas se ponderan en forma distinta, en lugar de igual (párrafo 5), entonces también cambiará la tasa apropiada de descuento. La tasa de descuento aplicada en la práctica convencional da por supuesto que las tasas de interés del consumo y de la inversión son iguales, y que las ganancias correspondientes a todas las personas son igualmente ponderadas. En el examen que sigue se hará referencia a ella simplemente como la "tasa de actualización de cuenta". Aunque a esta tasa de descuento (o actualización) se hace referencia a menudo como el costo de oportunidad del capital, debe puntualizarse que no necesita tener un vínculo fácilmente discernible con las tasas de rentabilidad financiera observables en los mercados de capital privado. Esos mercados son a menudo imperfectos y fragmentados en los países en vías de desarrollo y, además, la conversión de tasas financieras a las tasas correspondientes de precios de eficiencia económica puede plantear problemas conceptuales y estadísticos enormes.

### Valor Neto Actualizado

11. El criterio económico básico relativo a la aceptabilidad de un proyecto comprende el valor presente (actualizado) de sus beneficios excluidos sus costos, definiéndose los beneficios y costos en términos incrementales comparados con la situación sin el proyecto. Para que un proyecto sea aceptable en términos económicos deben cumplirse dos condiciones.

12. Primera, el valor actualizado de los beneficios netos del proyecto no debe ser negativo a la tasa de actualización de cuenta apropiada. Segunda, el valor neto actualizado del proyecto debe ser más elevado que el valor neto actualizado de opciones del proyecto mutuamente

excluyentes, o por lo menos tan elevado como éste. Usualmente hay muchos proyectos, u opciones de proyectos, que por su índole son mutuamente excluyentes: si se elige uno, el otro no se puede emprender. Esto se aplica a diferentes diseños, o tamaños, o al escalonamiento cronológico de lo que en esencia es el mismo proyecto. También se aplica, aunque tal vez de manera no tan obvia, a casos como plantas industriales en ubicaciones alternativas que prestan servicio al mismo mercado limitado, al desarrollo del riego de superficie que descarta el riego por medio de pozos entubados, y al aprovechamiento fluvial aguas arriba en lugar de aguas abajo. No debe darse por supuesto con demasiada facilidad que no existen tales opciones mutuamente excluyentes. La necesidad de comparar éstas es una de las razones principales para aplicar el análisis económico desde las primeras fases del ciclo de los proyectos.

13. En ocasiones la medición de los costos y beneficios pertinentes puede exigir que se exploren y examinen con todo detenimiento las mejores opciones alternativas de un proyecto. Un proyecto agrícola, por ejemplo, puede utilizar tierras no aprovechadas para las que no hay un mercado aparente visible. El costo de oportunidad de esas tierras puede considerarse erróneamente que es cero, o muy bajo, a menos que se identifique un uso alternativo mejor. Así, el proyecto puede mostrar un valor neto actualizado alto por la simple razón de que los usos alternativos de las tierras (para trabajar otros cultivos, por ejemplo) no se han considerado. Otro ejemplo se refiere a proyectos que utilizan el gas natural, por ejemplo, los proyectos de fertilizantes. El costo marginal de utilizar el gas puede parecer sumamente bajo, a menos que se consideren sus otros usos, como otros proyectos alternativos relacionados con la licuación del gas para exportación. Aunque en principio deben considerarse todas las opciones válidas de proyectos, es usual que en la práctica sólo puedan examinarse unas pocas. Debe tenerse presente, de todos modos, que un valor neto actualizado alto puede reflejar una búsqueda insuficiente de proyectos alternativos y no un proyecto potencialmente valioso.

14. Excepción hecha de cuando se trata de proyectos que se excluyen mutuamente, no es necesario clasificar los proyectos en orden de prioridad: los proyectos son aceptables o no lo son. Ahora bien, el aceptar todos los proyectos de acuerdo con el criterio del valor neto actualizado puede desembocar en un programa de inversión para la economía mayor de lo previsto, en cuyo caso proyectos que serían aceptables de no mediar esta circunstancia tendrían que ser rechazados. En ese caso, sin embargo, el criterio no tiene porqué ser alterado. A fin de poner en claro los procedimientos apropiados a seguir en el caso de una "limitación presupuestaria", es provechoso distinguir entre tres casos, de los que el primero sería el que no tiene "limitación presupuestaria". Primero, la tasa de descuento aplicada inicialmente el computar los valores netos

actualizados de los proyectos potenciales en el programa de inversión puede ser igual a las tasas de interés de la inversión y el consumo (TII y TIC). En este caso el programa de inversión daría cabida a todos los proyectos con valores netos actualizados cero o positivos, y no se experimentaría ninguna limitación en el financiamiento del programa. Es importante señalar, sin embargo, que el programa de inversión en este contexto se refiere al de la economía. Una parte del gobierno, por ejemplo, una empresa estatal, puede enfrentarse de todos modos a limitaciones presupuestarias. La aparición persistente de superávits y déficits indeseables en diferentes partes del sistema indicaría una asignación ineficiente de recursos, y no la necesidad de cambiar la tasa de descuento de cuenta, ni de alterar la regla del valor neto actualizado.

15. Segundo, la tasa de descuento de cuenta puede de todos modos ser igual a la TII y a la TIC, pero la magnitud del programa de inversión puede no obstante ser demasiado grande. Esto indicaría que la tasa de descuento de cuenta utilizada inicialmente en la programación fue subestimada, y debería elevarse con objeto de eliminar algunos de los proyectos. Debe observarse que si se eleva la tasa de descuento de cuenta, entonces los méritos relativos de los varios proyectos también tenderían a resultar afectados ya que las estructuras temporales de los costos y beneficios difieren entre proyectos. Proyectos que antes aparecían marginales puede que no sean los que haya que eliminar cuando se eleve la tasa de descuento. Tercero, si la economía no invierte en forma constante tanto de sus recursos como sería conveniente debido, pongamos por caso, a la debilidad del sistema fiscal, entonces la tasa de interés de la inversión (TII) excedería de la tasa de interés del consumo (TIC). En este caso la elección de la tasa de actualización correcta (TIC si el consumo es el numéraire, y la TII si el ahorro es el numéraire) necesita combinarse con la prima apropiada sobre el ahorro (ver párrafo 9). Como se indicó antes (ver párrafo 10) en la práctica tradicional se asume que este caso está descartado.

16. En la estimación de los beneficios y costos sería preferible evitar los sesgos, y basarse en los valores esperados, en el sentido estadístico, ya que de otro modo tal vez no sea posible satisfacer ambos aspectos del criterio económico mencionado en el párrafo 12. Una estimación del valor neto actualizado sesgada en sentido conservador, por ejemplo, puede bastar para mostrar que es probable que sea positivo, pero tales sesgos pueden invalidar comparaciones entre opciones que se excluyen mutuamente. En general es aconsejable llevar a cabo análisis de sensibilidad y riesgo a fin de identificar los supuestos que desempeñan una función clave en los análisis, y para transmitir la probabilidad, a juicio de los analistas, del éxito del proyecto. Esos análisis se examinarán en una Nota del Servicio Central de Proyectos por separado.

### Relaciones Beneficio-Costo

17. Una variante de la medida del VNA es la relación beneficio-costo, definiéndose costos y beneficios en términos de sus valores actualizados. Si el valor neto actualizado es positivo (o cero), la relación beneficio-costo será superior a la unidad (o igual a ella). Esta relación, que tuvo su origen en el contexto del racionamiento presupuestario, ofrece cierto atractivo en su presentación: "tantos dólares en valor de beneficios por dólar de costos incurridos". Estas relaciones, aunque rara vez se emplean en la práctica del Banco, son de utilización común en documentos externos, como informes de viabilidad de proyectos. El análisis de proyectos, sin embargo, no debe fundamentarse en comparaciones de las relaciones de beneficio-costo, por dos razones:

- a) esas relaciones son sensibles a la forma en que se clasifican los costos y beneficios y no hay una regla fija a este respecto. Supóngase, por ejemplo, que los valores actualizados de los beneficios y costos de una operación son 100 y 50, respectivamente. El valor neto actualizado es entonces 50, y la relación beneficio-costo es 2. Ahora bien, si transferimos una partida de costos, con un valor de 20, del renglón de los costos al renglón de los beneficios, el valor neto actualizado se mantiene sin cambios, ya que  $[100-20] - [50-20] = 50$ , pero la relación beneficio-costo se incrementa a 2,7. Así, por el simple hecho de agrupar de manera diferente las partidas de beneficios y costos, se puede cambiar substancialmente la relación beneficio-costo correspondiente a la misma operación, y
- b) además, las relaciones beneficio-costo no se pueden utilizar para elegir las mejores opciones entre proyectos mutuamente excluyentes, ya que la opción con la relación beneficio-costo actualizado más elevado. Beneficios de 2 y costos de 1 rinden una relación más alta que beneficios de 20 y costos de 11.

Si en los Informes del Personal de Proyectos se presentan relaciones de beneficio-costo, también debe mostrarse el valor actualizado de todas las partidas significativas de beneficios y costos con objeto de esclarecer lo más posible el cálculo de las relaciones. Por lo general tales relaciones se presentan sólo en casos en que las tasas de rentabilidad económica tienden a ser muy elevadas (véanse los párrafos 22-23).

### Tasa de Rentabilidad Económica

18. La tasa interna de retorno es la tasa de descuento que dá como resultado un valor neto actual de cero para el proyecto. Cuando los beneficios y los costos se definen en términos de cambios en el consumo agregado con ponderaciones iguales para todos los individuos y para el ahorro y el consumo (ver párrafo 10), se hace referencia a esta tasa como la tasa interna de rentabilidad económica, a precios de eficiencia (TIRE). También se conoce como el valor de "aceptabilidad" de la tasa de descuento, ya que a tasas de descuento por debajo de la TIRE el VNA es positivo, y a tasas de descuento por encima de la TIRE el VNA es negativo. Desde el punto de vista matemático tal valor de aceptabilidad no siempre tiene porque existir, por ejemplo, cuando los beneficios netos son positivos en todos los años del proyecto, en cuyo caso la TIRE no puede definirse. Incluso cuando la TIRE puede definirse, quizá no sea única, es decir, el VNA puede cambiar de signo a más de una tasa de descuento. En la práctica, sin embargo, rara vez parecen encontrarse estos problemas debidos a la inexistencia y a la falta de unicidad.

19. Haciendo a un lado tales posibles dificultades, la TIRE es un concepto útil como el valor de aceptabilidad de un parámetro importante del proyecto, esto es, la tasa de descuento. Si la TIRE es significativamente más elevada de lo que se espera que sea la tasa de descuento de cuenta, entonces esto daría nueva seguridad en cuanto a la justificación del proyecto. Los valores de aceptabilidad correspondientes a otros parámetros importantes del proyecto también pueden ser muy útiles. Por ejemplo, si el valor máximo de la tasa de salarios a la que el VNA de un proyecto de utilización intensiva de mano de obra se convierte en cero está muy por encima de la tasa esperada del salario de cuenta, este también sería un resultado que afirmaría tal seguridad. Los valores de aceptabilidad de otras consideraciones, como el rendimiento por hectárea o el número de agricultores participantes en un proyecto agrícola, también pueden ser muy útiles en casos particulares.

20. Si bien el concepto de la TIRE se puede utilizar en el criterio de decisión económica en forma análoga al criterio del VNA examinado antes, su aplicación adolece de varias deficiencias. Si la TIRE es igual o superior a la tasa de descuento de cuenta entonces el VNA no será negativo y, por lo tanto, queda satisfecha la primera parte del criterio de decisión económica. Ahora bien, la utilización de la TIRE para seleccionar la mejor entre las opciones de proyectos que se excluyen mutuamente es más compleja. Si la opción A tiene una TIRE más alta que la opción B, no es necesariamente cierto que A también tiene un valor neto actualizado más elevado. Si se va a utilizar la TIRE, la elección entre proyectos que se excluyen mutuamente debe basarse en las diferencias en sus corrientes de

costos y beneficios, como se ilustra en el Apéndice, Sección I. Sin embargo, el clasificar alternativas de proyectos de esta manera incrementa la posibilidad de que la corriente pertinente de beneficios netos cambie de signo varias veces, en cuyo caso puede que no haya una tasa de rendimiento positiva (y real) única. Por otra parte, cuando el número de posibles alternativas que se van a examinar es grande, la aplicación del método de la TIRE llega a hacerse muy engorrosa, ya que exige hacer comparaciones a pares, y hace que el análisis resulte innecesariamente complicado. Otra dificultad que ofrece la utilización de la TIRE en el criterio de decisión surge en el contexto del análisis de riesgo. Si los costos y beneficios se miden en términos de sus valores esperados, entonces el VNA resultante también mostrará su valor esperado. Este, sin embargo, no es el caso con la TIRE.

21. Por las razones expuestas es preferible utilizar y examinar los resultados del VNA en el análisis económico. Esto no quiere decir, sin embargo, que ne deba utilizarse también la TIRE. En primer lugar, la TIRE, como el valor de aceptabilidad de la tasa de descuento, es un concepto muy útil como ya se ha indicado. En segundo término, los resultados finales del análisis económico se han presentado tradicionalmente en términos de la TIRE en los Informes de la Presidencia y en los del Personal de Proyectos, y esa utilización debe continuarse como una medida conveniente de resumen.

## II. Problemas Especiales

### Proyectos con Tasas de Rendimiento Elevadas

22. En ocasiones algunos proyectos muestran tasas de rendimiento muy elevadas, digamos de más del 100%, o incluso de 1.000%. No hay nada extraordinario en tales tasas elevadas de rendimiento si los proyectos llevan consigo, pongamos por caso, gastos de mantenimiento en su mayor parte, o gastos necesarios para completar inversiones pasadas que son costos no recuperables. En términos más generales, los proyectos que entrañan costos netos menores durante los años iniciales tenderán a mostrar tasas de rendimiento elevadas. Como tasas de rendimiento de tal magnitud rara vez aparecen en lo que respecta a proyectos del Banco, el analista debe identificar la índole especial de la inversión del proyecto en cuestión. Reviste utilidad particular en tales casos presentar el valor neto actualizado estimado (y quizá también la relación costo-beneficio) e indicar su sensibilidad con relación a los supuestos clave que se hayan formulado. También es importante asegurarse de que no se han pasado por alto opciones que se excluyen mutuamente con valores netos actualizados incluso más altos.

23. Las tasas de rendimiento elevadas también pueden reflejar una coordinación impropia de los costos y beneficios, como se examina en el Apéndice, Sección II. Las convenciones usuales de actualización pueden hacer caso omiso de desfases importantes y, en consecuencia, las estimaciones del valor neto actualizado o de la tasa de rendimiento pueden estar gravemente equivocadas. En esos casos el analista deberá utilizar el desfase real esperado entre los insumos y los productos.

### Minimización de los Costos

24. Si las varias opciones mutuamente excluyentes que están comparándose rinden los mismos beneficios, es necesario considerar sólo los costos y seleccionar la opción con el valor actual más bajo de los costos cuando se actualizan a la tasa de actualización apropiada. Un procedimiento común cuando se comparan sólo dos opciones en esos casos es obtener la tasa de rendimiento "equilibradora", que es la tasa que iguala el valor actual de las dos corrientes de costos. Si esta tasa es más alta que la tasa de actualización de cuenta, entonces la opción con los costos iniciales más altos será la opción del costo mínimo (y viceversa). Si hay más de dos opciones este procedimiento exige hacer comparaciones sistemáticas por pares, y puede dar lugar a resultados contradictorios. Es preferible entonces comparar los valores actuales de los costos (a la tasa de descuento de cuenta) de todas las opciones pertinentes y seleccionar la de costo mínimo. El análisis debe mostrar esas comparaciones y puede, además, indicar la tasa de rendimiento "equilibradora" de la opción de costo mínimo con la mejor opción siguiente. Ahora bien, esas tasas de rendimiento equilibradoras no deben confundirse con la tasa de rendimiento económico, y no deben presentarse como tales.

25. El método de minimización de los costos se utiliza a menudo en situaciones en que es difícil valorar los beneficios de un proyecto. Aunque ese método no puede, por sí solo, indicar la aceptabilidad de un proyecto, sí puede ayudar a que se hagan evaluaciones cualitativas cuando la cantidad y calidad de los productos y servicios están especificados como objetivos físicos, por ejemplo, relaciones estudiantes/maestro, o las reducciones esperadas en accidentes debidas a las mejoras introducidas en la seguridad vial, etc. El costo mínimo de alcanzar tales objetivos fijos en un proyecto también indicará el valor mínimo de los beneficios que se precisa para justificar el proyecto. El problema que se plantea con los beneficios no cuantificables se examina en detalle en el Memorando 5.8 del Servicio Central de Proyectos.

26. En la práctica la técnica de determinar los costos mínimos se utiliza con frecuencia en sectores como el de la energía eléctrica y el abastecimiento de agua a los poblados. Por ejemplo, al identificar

560/027  
Oct 1983

prioridades en el sector de la electricidad (o, en términos más generales, de la energía) el nivel y crecimiento de la demanda, así como su dispersión geográfica, pueden tomarse como datos, y determinarse entonces los medios de costo mínimo de satisfacer esa demanda. Tal ejercicio de minimización de los costos tenderá a incluir factores como los tipos de fuentes de energía que se van a utilizar, la ubicación de las nuevas plantas generadoras y centros de carga, y las redes de distribución alternativas de potencias de KV.

27. Debe señalarse, por supuesto, que la determinación de los costos mínimos en tales casos es un método indicativo, ya que es probable que la demanda final y su crecimiento resulten afectados por las tarifas, las que a su vez están relacionadas con los diseños y costos del sistema. El supuesto de que la demanda es totalmente insensible al precio, que no es poco común que se formule en los proyectos de servicios públicos, es un supuesto un tanto extremo y alejado de la realidad.

28. La opción del costo mínimo no tiene necesariamente que permanecer así si los parámetros que más afectan al proyecto son variados. Por consiguiente, es útil calcular la gama de valores de los parámetros importantes con respecto a los cuales la opción sigue siendo de costo mínimo. La tasa de descuento equilibradora a que se ha hecho referencia antes indica la gama pertinente de tasas de descuento con respecto a las cuales la opción es preferida a otras. De manera análoga, la tasa supuesta de crecimiento de la demanda de productos del proyecto es otro parámetro que con frecuencia puede afectar al plan de costo mínimo. Por lo tanto, es conveniente comprobar los efectos de tasas de crecimiento de la demanda alternativas.

29. Al presentar los resultados del análisis de costo mínimo en los Informes del Personal de Proyectos, es importante que: a) se explique en forma adecuada y precisa el objeto cuyo costo mínimo está determinándose, y b) se explique en forma completa la sensibilidad de la opción de costo mínimo con respecto a los principales parámetros del proyecto (demanda, costos de los insumos, etc.).

### Escalonamiento Cronológico Optimo

30. Un aspecto importante del análisis de proyectos se relaciona con la elección de la fecha en que ha de introducirse por primera vez la inversión, es decir, iniciarse la construcción. Las distintas fechas de comienzo, así como otras variaciones en la ejecución, por ejemplo la construcción en varias etapas, son opciones que se excluyen mutuamente y de

560/027  
Oct 1983

las cuales es necesario elegir la que tenga el valor neto actualizado más alto. No hay "atajos" ni reglas fáciles de validez general por cuyo medio se puedan resolver en forma satisfactoria los problemas de secuencia cronológica.

31. La prueba convencional del rendimiento del primer año, si se interpreta de manera estricta, es aplicable sólo en casos especiales. De acuerdo con esa prueba, debe aplazarse un proyecto si la relación entre los beneficios netos del primer año y los costos iniciales de inversión es inferior a la tasa de descuento pertinente. Esta regla se ilustra como sigue:

Opción I: beneficios netos que comienzan en el presente,  
(-100, 8, 9, 10, ...)

Opción II: beneficios netos que comienzan un año mas tarde,  
(0, -100, 9, 10, ...)

Opción II  
menos

Opción I : (100, - 108, 0, 0, ...)

Así, la segunda opción es preferible si  $(100 - \frac{108}{1+r})$  es positivo, en que  $r$  es la tasa de descuento pertinente. Los beneficios derivados de aplazar el costo inicial de inversión serán  $r \cdot 100 / (1+r)$ , y los costos del aplazamiento, en términos de los beneficios netos a los que se renuncia, serán  $8 / (1+r)$ . Por consiguiente, el aplazamiento será preferible si  $r$  es mayor del 8%. Esta prueba necesita después repetirse para años sucesivos hasta que la relación pertinente entre beneficios y costos es igual o mayor a la tasa de descuento.

32. Este procedimiento asegurará la solución sólo si: a) los costos del proyecto no cambian debido al aplazamiento; b) los beneficios del proyecto dependen sólo del tiempo de calendario, no de la edad del proyecto; c) los beneficios netos del proyecto se incrementan, o por lo menos no se reducen con el paso del tiempo; d) la vida del proyecto es lo bastante larga como para hacer insignificantes los efectos del aplazamiento en la fase final del proyecto; y e) el costo inicial de inversión ocurre sólo en el primer año. Estas son condiciones restrictivas, aunque pueden elaborarse con facilidad algunas variantes sencillas de la regla. Por ejemplo, la regla del primer año utilizada normalmente en la práctica es una variante diseñada para tener en cuenta períodos de "construcción" de varios años (véase el Apéndice, Sección II). Esta variante de la regla del primer año se emplea con frecuencia en proyectos de carreteras que no se espera que afecten a los volúmenes de tráfico. Si un proyecto de

mejoramiento de carreteras es tal que los niveles futuros de tráfico serán los mismos con o sin el proyecto, entonces es posible que una demora en el comienzo del proyecto de un año, pongamos por caso, suponga el renunciar a la obtención de sólo el primer plazo de la corriente de beneficios positivos netos, sin que resultaran afectados los beneficios netos anuales subsiguientes. Más aún, si los beneficios netos se elevan con el tiempo, entonces una prueba satisfactoria del rendimiento del primer año también indicará que el proyecto es aceptable. Ahora bien, es posible que esta variante de la regla del primer año no sea válida si el proyecto vial induce un volumen adicional de tráfico, ya sea nuevo o bien tráfico que se ha desviado de otras carreteras (u otras vías) competidoras.

33. La aplicación de la prueba del rendimiento del primer año puede producir resultados correctos en algunos casos en que no se satisfacen estrictamente las condiciones requeridas, por ejemplo, los costos del proyecto cambian pero en escala menor. De todos modos, la regla del rendimiento del primer año, o cualquiera de sus variantes, no debe utilizarse a menos que se hayan examinado con todo detenimiento las condiciones relativas a su validez. Debe explicarse la variante particular de la regla del primer año utilizada y la medida en que es apropiada.

### Interdependencia entre Componentes del Proyecto

34. Muchos préstamos y créditos contienen varios componentes del proyecto. Por ejemplo, un proyecto de desarrollo rural puede combinar el abastecimiento de agua para riego, varios tipos de insumos agrícolas, trabajo de extensión, infraestructura social como centros comunitarios, abastecimiento de agua, escuelas, etc. De manera análoga, una sola operación puede comprender la construcción de una presa y canales de riego, navegación, suministro de agua potable, generación de energía eléctrica, etc.

35. En todos los casos la primera labor consiste en especificar con todo cuidado las interrelaciones entre los varios componentes. Las escuelas, centros comunitarios y clínicas de salud pueden estar vinculados estrechamente a la productividad agrícola en un caso, y en grado muy débil, o en nada en absoluto, en otro. Tras de haber especificado las vinculaciones, el procedimiento correcto consiste en identificar todas las combinaciones viables y válidas de los componentes del proyecto. Por ejemplo, si hay tres componentes habrá un máximo de siete opciones de donde elegir, de las que es probable que varias sean no viables o claramente inferiores. Luego será necesario comparar los valores netos actualizados esperados de cada una de las opciones válidas y elegir la opción con el valor neto actualizado más alto. Esta es simplemente una aplicación del mismo principio que se emplea para determinar que una propuesta particular

es superior a diseños, secuencias, etc., alternativos. Sí puntualiza, sin embargo, que la elección de una opción particular no es necesariamente aceptable por el simple hecho de que su VNA es positivo. Incluso si el conjunto total tiene un VNA positivo cabe la posibilidad de incrementar éste mediante la supresión de algunos componentes o la adición de otros.

36. A efectos ilustrativos tenemos un proyecto agrícola que puede llevar consigo el desarrollo de dos zonas, A y B, que comparten el costo de, pongamos por caso, una presa y una institución común y su personal. Pudiera tener sentido probar si uno u otro de los "subproyectos" debería abandonarse o aplazarse, aun cuando el costo de cada uno de ellos será más alto al considerarlo por separado que en forma conjunta. Las opciones entonces pudieran ser:

- a) A y B conjuntamente;
- b) A sólo, pero ajustado en forma adecuada para redefinirlo como un proyecto viable separado (por ejemplo, con la presa en menor escala);
- c) B sólo, redefinido de manera similar como alternativa viable separada.

Entonces debe elegirse la opción con el VNA más elevado. Las tasas de rentabilidad económica correspondientes a las tres opciones también se podrían computar como, digamos, el 20% para A sólo (opción (b)), el 40% para B sólo (opción (c)), y el 30% para A más B (opción (a)). Esto no querrá decir necesariamente, sin embargo, que la alternativa B es la mejor (véase el Apéndice, Sección I). Por supuesto, el método de la tasa de rendimiento se puede adaptar para acomodarse a este tipo de casos, pero el proceso se vuelve cada vez más complejo y engorroso a medida que aumenta el número de alternativas del proyecto (véase el párrafo 20). Muchos proyectos del Banco comprenden muchas más opciones que las tres que se excluyen mutuamente de esta ilustración.

37. En un caso interdependiente, como el expuesto arriba, tiene sentido estimar por separado las tasas de rentabilidad económica correspondientes a los componentes individuales, sólo después de que éstos han sido redefinidos con todo cuidado como proyectos separados. En la práctica, sin embargo, las tasas de rendimiento separadas se computan en ocasiones mediante la asignación arbitraria, o a "prorratio" de los costos conjuntos entre los componentes. Por ejemplo, si la opción conjunta (A más B) comprende el 50% del agua para la zona A del proyecto y el 50% para la zona B, entonces las tasas separadas e rendimiento se podrían estimar mediante la asignación de los costos "generales" de la presa en partes

560/027  
Oct 1983

iguales. Ese procedimiento es incorrecto y puede ser sumamente engañoso toda vez que quizá no sea posible economizar la mitad de los costos si sólo se ejecuta A, o sólo B. Tanto el VNA como la TIRE son exposiciones comparativas, y las alternativas relevantes del proyecto deben identificarse siempre con claridad para que esas exposiciones sean válidas.

Warren C. Baum  
Vicepresidente del Servicio Central  
de Proyectos

Apéndice  
Peñalver-Quesada/Ray/van der Tak/ub  
27 de junio de 1977

560/027  
Oct 1983

ANEXO  
página 1 de 7

### I. Proyectos que se Excluyen Mutuamente

1. Considérese un proyecto para el que están estudiándose dos diseños opcionales. De conformidad con la opción I, los costos iniciales de inversión serán de \$184.000, y los beneficios netos anuales de \$28.000. Con la opción II, los costos iniciales de inversión ascienden a \$220.000 y los beneficios netos anuales a \$32.900. Por razones de sencillez vamos a considerar que los beneficios netos anuales son constantes durante la vida del proyecto y que la vida económica es de 20 años para ambas opciones. Las tasas de rendimiento correspondientes a cada opción son:

TIRE de la opción I : 14,1%  
TIRE de la opción II : 13,8%

Pudiera pensarse, por lo tanto, que debería elegirse la primera opción. Ahora bien, si examinamos el valor neto actualizado de cada opción, puede que la conclusión sea diferente. Por ejemplo, si la tasa de actualización es del 12% tenemos,

VNA de la opción I (al 12%) = 25.200  
VNA de la opción II (al 12%) = 25.800

y debe elegirse la opción II.

2. Si la tasa de actualización es inferior al 12%, por ejemplo, el 11% o el 10%, obtendremos un resultado similar y la diferencia entre los dos valores actualizados será mayor. Si la tasa de actualización es suficientemente más alta que el 12%, digamos, el 13% o más, el VNA de la opción I será más alto que el de la opción II. El punto de transición es una tasa de actualización del 12,2%, a la cual ambas opciones tienen el mismo VNA.

3. Se puede utilizar la TIRE para elegir entre proyectos que se excluyen mutuamente mirando a la TIRE de las diferencias entre sus corrientes de costos y beneficios. En el ejemplo anterior, al sustraer la opción I de la opción II obtenemos una corriente con costos iniciales de \$36.000 (\$220.000-\$184.000) y beneficios netos anuales de \$4.900 (\$32.900-\$28.000). La TIRE de esta nueva corriente es del 12,2% y, por consiguiente si la tasa de actualización es inferior al 12,2%, debe elegirse la opción II. Esto se resume en el cuadro siguiente:

560/027  
Oct 1983

ANEXO  
página 2 de 7

	Opción I	Opción II	-----Diferencia----- (Opción II - Opción I)
Inversión inicial	\$184.000	\$220.000	\$36.000
Beneficios netos anuales	\$ 28.000	\$ 32.000	\$ 4.900
TIRE	14,1%	13,8%	12,2%

4. Cuando se tiene más de dos opciones resulta más fácil mirar el VNA y seleccionar el más elevado.

## II. El Período Unitario de la Actualización

5. La corriente usual de costos-beneficios muestra los costos netos durante los años iniciales de "construcción", y en los subsiguientes los beneficios netos hasta que se hacen los reemplazos principales o los nuevos gastos de inversión. Después de los años iniciales se agregan los costos y beneficios de operación durante cada año y los beneficios netos a que se llega así son "programados" al final del año. La práctica de hacer caso omiso de los desfases entre los insumos y los productos durante los años de operación no introduce errores graves en la mayoría de los casos.

6. Hay casos, sin embargo, cuando se procede como en la exposición anterior, que introducen sesgos graves. A efectos ilustrativos vamos a considerar un "proyecto" agrícola sencillo que suministra a los agricultores semillas y fertilizantes adicionales durante la temporada de siembra, cuyos productos se obtienen seis meses más tarde. Si se suman estos costos y beneficios y los beneficios netos se computan como si ocurrieran al final del año, entonces la corriente de costos-beneficios consistirá sólo en plazos de beneficios netos, excepción hecha de los gastos de la inversión inicial o de puesta en marcha. Si estos gastos iniciales son pequeños, entonces la tasa de rendimiento computada sobre una base tenderá a ser muy elevada.

7. Supóngase, por ejemplo, que la secuencia real de costos-beneficios es semestral (-10, -100, +115). La tasa de rendimiento semestral correcta es entonces de alrededor del 5%, y su equivalente anual

560/027  
Oct 1983

ANEXO  
página 3 de 7

es de aproximadamente el 10,25% <sup>1</sup>. De todos modos, si se pasa por alto el desfase (-100) y (+115), tenemos una secuencia de un año (-10, +15), que tiene una tasa de rendimiento anual del 50%. Dado que los gastos iniciales (-10) tienden a cero, la tasa de rendimiento estimada incorrectamente tenderá a infinito.

8. Hay proyectos, en especial en el sector agrícola, en que los sesgos ascendentes debidos a la coordinación impropia de los beneficios y los costos, como se ilustró arriba, pueden ser muy importantes. Muchas operaciones en los proyectos agrícolas llevan consigo desfases temporales que no se deben pasar por alto. Aun en el caso de que esos sesgos no hagan que un proyecto inaceptable parezca aceptable, el mero hecho de que se esperan tasas de rendimiento elevadas puede crear una falsa impresión del margen de error que se puede tolerar. A fin de contrarrestar los sesgos ascendentes que pueden entrar en juego, algunos analistas prefieren introducir un desfase de un año entre los costos y los beneficios. Por ejemplo, la secuencia semestral se puede computar como (-10, -100, 0, +115), o convertirse en una secuencia anual como (-110, +115). Esto, sin embargo, introduce un sesgo indebidamente conservador en la estimación.

9. Es difícil prescribir una regla general, salvo decir que el analista deberá utilizar los desfases esperados reales entre insumos y productos siempre que el no proceder así introduzca sesgos significativos.

10. Si un proyecto tiene varios componentes, en que los insumos y los productos aparecen en diferentes momentos, entonces debe utilizarse, en principio, el mismo método para computar la tasa de rendimiento agregada. Por ejemplo, supóngase que un proyecto tiene tres componentes, X, Y y Z, con las siguientes corrientes de costos y beneficios:

- 
1. Puede servir de ayuda recordar la fórmula general relacionando la tasa de rendimiento anual ( $r$ ) con una tasa de rendimiento basada en una fracción de un año,  $k$ . La fórmula es:

$$r = (1 + r_k)^{1/k} - 1, \text{ en que } r \text{ es la tasa de rendimiento fraccionaria.}$$

Si el intervalo pertinente es seis meses, entonces  $k = 0,5$ .  
Por consiguiente, si  $r_k \cdot 100 = 5\%$ , entonces  $r \cdot 100 = [(1,05)^2 - 1] = 10,25\%$ .

Fracciones de un año	0	1/4	1/2	3/4	1
<u>Componente</u>					
X	-100	0	0	0	120
Y	0	0	-50	0	65
Z	<u>0</u>	<u>-80</u>	<u>-</u>	<u>95</u>	<u>0</u>
T O T A L	<u>-100</u>	<u>-80</u>	<u>-50</u>	<u>95</u>	<u>185</u>

Dándose por supuesto, por razones de sencillez, que el proyecto dura sólo un año, tenemos:

Tasa de rendimiento anual para X, 20%.

La tasa de rendimiento semestral para Y es del 30%, y equivalente anual es del 69%.

La tasa de rendimiento semestral para Z es del 18,75%, y su TIRE equivalente anual es del 41%.

La tasa de rendimiento trimestral para el proyecto en conjunto es del 7%, y su equivalente anual es de alrededor del 31%.

### III. Escalonamiento Cronológico Optimo

11. La regla del primer año (RPA) se ilustra abajo. Supóngase que hay dos corrientes temporales de costs (C) y de beneficios (B) como sigue (utilizando intervalos de actualización de un año):

- i) : (-C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, ...)
- ii) : (0, -C, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, ...)

Sustrayendo la segunda corriente temporal de la primera, se tiene la corriente temporal

- iii) : (-C, B<sub>1</sub>, + C, 0, 0, ...)

Si  $r$  es la tasa de descuento apropiada entonces se debe demorar en un año el comienzo del proyecto si el valor neto actualizado de esta corriente temporal (iii) es negativo, es decir,

$$\begin{aligned} \text{si} \quad & -C + \frac{B_1 + C}{(1 + r)} < 0, \\ \text{o,} \quad & B_1 + C < C(1 + r) \\ \text{o,} \quad & \frac{B_1}{C} < r \end{aligned}$$

Si la relación entre los beneficios del primer año ( $B_1$ ) y los costos en el momento cero ( $C$ ) es mayor o igual que la tasa de actualización ( $r$ ), entonces debe comenzarse el proyecto; de otro modo debe demorarse un año. En el último caso es necesario repetir la aplicación de la regla del primer año hasta que se obtiene la fecha óptima de comienzo a la cual la relación beneficio-costos supera, o iguala, a la tasa de actualización. Este método de "buscar" y encontrar la fecha óptima de comienzo del proyecto asegura el éxito sólo si se mantienen las varias condiciones expuestas en el texto (ver párrafo 32).

12. La regla del primer año aplicable en la práctica debe, por supuesto, permitir un período de "construcción" mayor de un año. Pero esto se resuelve con facilidad si las demás condiciones se mantienen sin cambios. Por ejemplo, si el período de construcción es de dos años, entonces las corrientes temporales pertinentes son:

$$\begin{aligned} \text{i)} \quad & (-C_0, -C_1, B_1, B_2 \dots) \\ \text{ii)} \quad & (0, -C_0, -C_1, B_2, \dots) \end{aligned}$$

si escribimos

$$\begin{aligned} c &= C_0 + \frac{C_1}{1+r} & \text{y} \\ b &= \frac{B_1}{1+r} \end{aligned}$$

Entonces la corriente temporal (ii) tendrá un valor neto actualizado mayor que la corriente (i) si

560/027  
Oct 1983

ANEXO  
página 6 de 7

$$-c + \frac{b}{1+r} < - \frac{c}{(1+r)}$$

es decir, si  $\frac{b}{c} < r$

13. De manera análoga, si el período de construcción es de tres años, entonces la regla del primer año indicará aplazamiento si

$\frac{b}{c} < r$ , en que

$$b = \frac{B_1}{(1+r)^2}, \text{ y } c = C_0 + \frac{C_1}{(1+r)} + \frac{C_2}{(1+r)^2}$$

14. La regla del primer año se puede generalizar con facilidad de esta manera con respecto a cualquier longitud dada del período de "construcción". También se puede modificar con objeto de tener en cuenta otros factores, como incrementos en los costos del proyecto (en términos reales) debidos al aplazamiento. Ahora bien, cuando se hacen varias modificaciones para dar acomodo al análisis, lo mejor es describirlas de manera detallada, en lugar de decir simplemente que se ha utilizado la regla del primer año. hablando estrictamente, la expresión regla del primer año se relaciona sólo con el caso ilustrado en el párrafo 11 anterior.

REFERENCIAS

1. Little, I.M.D. y J.A. Mirrlees, Project Appraisal and Planning for the Developing Countries. Basic Books, EE.UU., 1974. Capítulo 1 y 8.
2. Squire, L. y H.G. van der Tak, Análisis Económico de Proyectos. Editorial Tecnos, Madrid, España, 1977. Capítulo 4.
3. Los lectores interesados en conocer ilustraciones más detalladas de los cálculos del valor neto actualizado y de la tasa de rendimiento económico (así como de otros conceptos) pueden remitirse a los varios documentos preparados por el Instituto de Desarrollo Económico. La Unidad de Materiales de Adiestramiento puede facilitar información relacionada con estos documentos.



