



“Evaluación social de proyectos de inversión y lógica difusa: un caso de aplicación”

Alejandro A. Barbei

Documento de trabajo Nro. 008
Julio, 2011

ISSN 2545-7896

RESUMEN*

En el presente trabajo se aborda la medición en la evaluación de proyectos de inversión y las posibilidades del análisis borroso para abordar esta problemática.

Por un lado se analiza la medición financiera de externalidades y su inclusión en la evaluación de un proyecto de inversión y, en forma complementaria, se aborda la utilización de la lógica difusa para tratar la incertidumbre inherente a las mediciones financieras de las variables incluidas en un modelo de evaluación de proyectos de inversión.

Para poder tratar estas cuestiones, se establecerán las principales características del instrumental financiero para la evaluación de proyectos de inversión, resaltando la importancia de considerar, además de los flujos operacionales de un proyecto de inversión convencional, aquellos flujos relacionados con ciertas externalidades identificadas con los proyectos.

Luego, se identificarán las principales características de la lógica difusa o borrosa para el tratamiento de cuestiones inciertas.

Una vez elaborado el marco teórico que sustenta este trabajo, se presenta un caso práctico de evaluación de un proyecto de inversión con externalidades a partir de la utilización de lógica difusa, específicamente mediante Números Borrosos Triangulares (NBT).

Se demostrará que, con la utilización de la lógica borrosa para la evaluación de proyectos de inversión, se obtiene información adicional a la producida por los modelos de lógica bivalente.

A través del desarrollo puede afirmarse que

- la integración de beneficios/costos sociales de los proyectos de inversión agrega una magnitud al análisis, enriqueciendo la toma de decisiones por parte de los actores involucrados.
- las mediciones financieras presentes en el modelo desarrollado, al ser inciertas, presentan el marco adecuado para que el análisis borroso se vuelva particularmente útil.

* Trabajo presentado en el 17º Encuentro Nacional de Investigadores Universitarios del Área Contable. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

Chapman, W., en su ponencia a la Academia Nacional de Ciencias Económicas del año 1981 trató de manera muy interesante la problemática de la medición de beneficios y costos sociales.

Su ponencia titulada "Dificultades para medir la cuantía del beneficio social neto de la actividad económica de las empresas públicas y privadas", plantea de manera temprana la preocupación por la medición de impactos sociales de la actividad empresaria al afirmar:

"Prácticamente toda la actividad de las empresas desde las extractivas a las manufactureras, y desde las agrícolas a las ganaderas, sin dejar de lado las de servicios, particularmente las de transporte y de comunicaciones, influyen sobre diversos componentes de nuestro contexto ambiental: aire, agua, suelo, ambiente sónico y panorama estético"

"Por desgracia, cada vez más, con la justificación de propender al progreso material se provocan daños materiales, se destruyen bienes y se afecta el bienestar material. Otras veces se aniquilan bienes espirituales que atañen a valores culturales, educativos y estéticos". (p.74)

El autor refiere esencialmente dos dificultades para realizar estas mediciones:

- La cantidad de grupos afectados, positiva y negativamente, por la acción de las empresas.
- La medición monetaria de estas cuestiones.

En este sentido, y para abordar una evaluación de un proyecto de inversión, es necesario elaborar un modelo como representación simplificada de la realidad. Esta aclaración está relacionada con la existencia de un conjunto de externalidades que no son consideradas dentro del modelo decisorio y esto puede representar una limitación. Muchas veces la elección de las variables a incluir en un modelo de evaluación de proyectos de inversión que toma en cuenta flujos financieros, depende de la posibilidad de ser medidas en términos monetarios. Se sabe que para medir impactos sociales, las mediciones de este tipo no son las más aptas.

Las mediciones financieras incluidas en la evaluación de un proyecto de inversión suelen estar enmarcadas en un contexto de incertidumbre que la teoría probabilística no puede solucionar de manera adecuada. Es aquí en donde la utilización de la lógica borrosa se convierte en una alternativa de interés.

En este trabajo se abordará la evaluación de un proyecto de inversión considerando externalidades sociales y aplicando un modelo de lógica difusa como superador de la lógica bivalente.

2. OBJETIVOS

- Demostrar la importancia de considerar los efectos económicos y sociales en la evaluación de proyectos de inversión.
- Caracterizar el instrumental financiero básico para la evaluación de proyectos.
- Introducir las principales cualidades de la lógica borrosa para el tratamiento de la incertidumbre de las mediciones.
- Demostrar a través de un caso práctico que la integración de los beneficios/costos sociales de los proyectos de inversión agrega una magnitud al análisis enriqueciendo la toma de decisiones por parte de los actores involucrados y que las mediciones

financieras presentes en el modelo desarrollado, al ser inciertas, presentan el marco adecuado para que el análisis borroso se vuelva particularmente útil.

3. DESARROLLO

3.1. Evaluación social y económica de proyectos de inversión

El conflicto económico nace debido a que existen múltiples necesidades por satisfacer y los recursos con los que se cuentan son escasos y tienen varios usos alternativos. Dado los distintos usos alternativos que tienen los recursos, y que dependiendo en que se los use van a satisfacer una u otra necesidad, es necesario tomar decisiones respecto a cuáles se van a satisfacer y en qué medida.

Este problema se plantea a los distintos sujetos, a las personas, a los organismos públicos y privados, al país como un todo, etc., es decir, a la comunidad en su conjunto.

Para asesorar en la toma de decisiones, se han desarrollado *técnicas de formulación y evaluación de proyectos*. Un proyecto es todo plan de acción que implica usar recursos productivos y que es capaz de generar beneficios por sí mismo (Brealey-Myers, 1993). Es decir, que en todo proyecto habrá una utilización de recursos productivos (costos) y una obtención de satisfacción en el futuro (beneficios).

Es necesario aclarar y tener en cuenta, que en su gran mayoría, las decisiones de un proyecto se toman para el futuro y no se puede detallar con seguridad respecto de lo que ocurrirá. Pero dentro de ciertos límites y parámetros, se puede hacer algo aceptable como para predecirlo, pues de esta manera se reduce la probabilidad de tomar decisiones equivocadas. En sí, se trata de evaluar las consecuencias futuras de una decisión tomada hoy.

La formulación y evaluación de proyectos es una técnica que busca recopilar, crear y analizar en forma sistemática un conjunto de antecedentes económicos que permitan juzgar cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de asignar recursos a una determinada iniciativa.

En otras palabras, la evaluación de proyectos consiste en identificar, cuantificar y valorar los egresos y los ingresos para toda la vida útil del mismo. Para cada período o etapa, se estima el flujo de fondos neto, que es la diferencia entre el valor de los ingresos y el de los egresos desde el punto de vista de lo percibido. Si para un proyecto la suma de los flujos de fondos netos, debidamente actualizados o descontados, es positiva, se puede afirmar que la situación, de la unidad económica analizada, es mejor con proyecto que sin él.

Los flujos se actualizan o descuentan por dos sencillas razones: primero, porque un peso hoy vale más que un peso mañana, debido a que un peso hoy puede invertirse para comenzar a obtener intereses inmediatamente, y segundo, porque un peso seguro vale más que uno con riesgo.

Un aspecto fundamental en la formulación y evaluación de proyectos, es la correcta identificación y cuantificación de los ingresos y egresos que deben tomarse en cuenta para decidir acerca de su conveniencia. Para que un ingreso o egreso sea considerado relevante, y por lo tanto sea considerado para tomar la decisión, debe ser líquido o real (deben considerarse los flujos que impliquen desembolsos reales de efectivo y se deben considerar en el periodo en que efectivamente se producen), futuros (se deben considerar los flujos que se van a producir a futuro) y diferenciales (significa que debe ser la diferencia respecto a

que el proyecto no se realice). Al considerar el impacto social de los proyectos, se está suponiendo que los flujos generados por externalidades son "reales" en términos de su impacto en la comunidad.

3.2. Importancia de la evaluación de proyectos de inversión con externalidades

Una metodología que entrega información adicional para quien tenga que tomar la decisión de iniciar un proyecto de desarrollo determinado es la evaluación de impacto ambiental del proyecto, que consiste en la identificación, análisis y valoración de efectos del proyecto sobre su entorno, natural y social.

Sapag Chain et. altri (2000) proponen un modelo de medición esencialmente aplicable a proyectos de negocios pero que buscan reconocer el impacto social de los mismos.

La medición en estos casos se encuentra asociada directamente con cuestiones como la consideración de externalidades, la utilización de tasas de descuento de tipo social, la valoración con precios sociales, etc.

Según estos autores "la evaluación social de proyectos compara los beneficios y costos que una determinada inversión pueda tener para la comunidad de un país en su conjunto" ya que no siempre la rentabilidad para un privado significa rentabilidad para la comunidad. Tanto la evaluación social como la privada usan criterios similares para estudiar la viabilidad de un proyecto, aunque difieren en la valoración de las variables determinantes de los costos y beneficios que se les asocian. A este respecto, la evaluación privada trabaja con el criterio de precios de mercado, mientras que la evaluación social lo hace con precios sombra o sociales. Estos últimos, con el objeto de medir el efecto de implementar un proyecto sobre la comunidad, deben tener en cuenta los efectos indirectos y externalidades que generan sobre el bienestar de la comunidad; por ejemplo, la redistribución de los ingresos o la disminución de la contaminación ambiental." (p. 8)

En el presente trabajo, el impacto social analizado tiene que ver con las ventajas de un sistema de transporte en contraposición a las alternativas existentes.

3.3. La evaluación de proyectos y la incertidumbre: Aplicación de lógica borrosa

La evaluación de proyectos de inversión supone recurrir a herramientas metodológicas que permitan tratar con cuestiones imprecisas. La alternativa de aplicar los desarrollos de la matemática borrosa, cuyos inicios se remontan a la década del 60 a través de los postulados de Lofti Zadeh, posibilitan tratar la incertidumbre y subjetividad inherente al análisis de distintos escenarios. Si este cuerpo de conocimientos se considera útil para la evaluación de proyectos, entonces será posible realizar inferencias de mejor calidad.

Según lo expresa Reig y González (2002):

"... la lógica borrosa se revela como un instrumento muy potente a la hora de modelizar sistemas contables... al permitir, por un lado recoger la incertidumbre generada por el entorno de la empresa, y por otro tratar la subjetividad que implica toda opinión de expertos" (p. 436)

La idea de la lógica borrosa y de los conjuntos borrosos va de la mano de la ambigüedad. Zadeh, en su artículo "Fuzzy Sets" incluye el concepto de conjunto borroso para abordar la problemática de los conjuntos definidos de un modo impreciso. El autor refiere que existen elementos que pueden ser identificados exactamente en cuanto a su pertenencia a un conjunto pero otros son ambiguos. El grado de pertenencia a un conjunto borroso estaría

determinado por una función de pertenencia (función característica) que permite atribuir a cada objeto un grado de pertenencia en un rango que va desde cero a uno.

De acuerdo a lo expuesto por Domínguez, Ruiz y Sánchez (1992) "... un número borroso es la asociación de dos conceptos, el de intervalos de confianza (ligado a la incertidumbre) y el de nivel de presunción (ligado a la subjetividad)" (p.49)

Según lo plantean Lazzari, Machado y Perez (1998) "Con frecuencia las clases de objetos que se encuentran en el mundo real no poseen criterios de pertenencia definidos con precisión". Sin embargo tales clases poseen un papel destacado en el pensamiento humano, especialmente en las disciplinas sociales como la Contabilidad, permitiendo mejorar las explicaciones a múltiples realidades. El detonador para disciplinas económicas ha sido Kaufmann (1971).

"La matemática borrosa provee una manera natural de tratar problemas en los que la fuente de imprecisión es la ausencia de criterios nítidos de pertenencia a una clase. La consideración de clases "mal definidas" rompe con la teoría de conjuntos ordinaria y con la lógica booleana subyacente, se destruye la dicotomía pertenece-no pertenece."

Medina (2006) cita una muy apropiada afirmación de Manzini (1977) en cuanto a los sistemas de lógica borrosa y su forma de funcionamiento:

La lógica borrosa "... convierte variables de entrada (cuantitativas y cualitativas) en variables lingüísticas a través de funciones de pertenencia o conjuntos difusos, los cuales son evaluados mediante un conjunto de reglas difusas del tipo si-entonces. Luego las salidas del sistema se convierten en valores nítidos (crisp) mediante un proceso de concreción (defuzzyfication), que permiten brindar información para la toma de decisiones" (p. 198)

Si bien no existe un extenso desarrollo sobre aplicaciones de la lógica difusa y la teoría de los conjuntos borrosos en la Contabilidad y Finanzas, se considera que la utilización de estas teorías en casos prácticos permitirá demostrar la utilidad para la solución de problemas donde la incertidumbre y vaguedad son la regla.

3.4. Modelos alternativos para la evaluación financiera de proyectos de inversión

A los efectos de hacer más sencillo tomar la decisión de ejecutar o no un proyecto, se han desarrollado distintos indicadores de rentabilidad, cada uno de los cuales pretende resumir en un número, los resultados de la ejecución del proyecto. Cada indicador trae asociado una regla de decisión, la cual expresa cuál debe ser el valor mínimo (o máximo) del indicador para que el proyecto sea aceptable.

Antes de pasar a describir los distintos indicadores de rentabilidad es necesario aclarar que, para realizar una evaluación y obtener indicadores, se requiere contar con suficiente información del problema a tratar, para lo cual se cuentan con distintas herramientas, como por ejemplo, un estudio de mercado, un análisis de las tecnologías disponibles, un estudio de los aspectos financieros, de los aspectos organizativos, etc. Todo esto es conocido como formulación o preparación del proyecto. A continuación se presentará un breve detalle de los indicadores más utilizados en la evaluación de proyectos.

a) Valor Actual Neto (VAN): es la diferencia entre el valor actual de los ingresos y el valor actual de los egresos, incluyen dentro de estos las inversiones. Expresa en pesos del momento 0 (t_0), cuánto más rico será el inversor si hace el proyecto.

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

donde: F_t es el flujo de ingresos (egresos) netos del periodo t y r es la tasa de descuento o costo de oportunidad del capital, que es la tasa de rentabilidad a la que se renuncia al invertir en el proyecto en lugar de invertir en la mejor alternativa. **Con este criterio, se deben aceptar o al menos no se deben rechazar, todos aquellos proyectos cuyo VAN sea mayor que cero ($VAN > 0$).** Entre distintos proyectos, se debe elegir aquellos proyectos con mayor VAN, siempre que todos los VAN sean positivos y que los proyectos tengan igual duración.

b) Tasa interna de retorno (TIR): conceptualmente es la “rentabilidad interna” del proyecto, operativamente es la tasa que hace el $VAN=0$, r tal que $VAN(FN_t, r)=0$. El criterio de decisión es no rechazar los proyectos cuya TIR sea mayor o igual a la tasa de descuento ($TIR \geq r$). **Ceteris paribus, entre dos proyectos, se elige el de mayor TIR.** Pese a ser intuitiva y resumir mucha información relevante, la TIR tiene distintos inconvenientes, como no poder diferenciar si el proyecto es una inversión o un crédito; si el flujo de fondos cambia de signos se obtienen múltiples TIR que dificulta el criterio de decisión; la TIR no permite seleccionar adecuadamente entre proyectos mutuamente excluyentes y no repetibles; etc.

c) Periodo de repago de la inversión (PRI): es el tiempo en el cual el proyecto repaga la inversión inicial. Se considera más conveniente a aquel proyecto que permita una recuperación más rápida del capital invertido en el mismo. Las desventajas de este criterio son que privilegia los proyectos más cortos; da igual ponderación a todos los flujos anteriores al momento de corte, ignorando los flujos posteriores; y por ello, requiere estimar un momento de corte.

d) Valor anual equivalente (VAE): es un criterio derivado del VAN. Consiste en convertir cada uno de los ingresos y egresos del proyecto en una anualidad. Si el $VAE > 0$ el proyecto es aceptado. Este criterio sirve para comparar proyectos de diferente vida útil.

e) Razón beneficio-costos (RBC): es un criterio derivado del VAN, para calcularlo se divide la suma descontada de todos los beneficios por el valor actual de los costos (donde por lo general se toma en cuenta el valor de la inversión inicial).

$$RCB = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}{C_0}$$

Donde C_0 es el costo inicial del proyecto, C_t es el flujo de fondos de cada periodo y r es la tasa de descuento. El proyecto es conveniente si $RCB > 1$, o lo que es equivalente a que el Valor Actual de los Beneficios sea mayor al Valor Actual de los Costos.

Estos dos últimos indicadores de rentabilidad son análisis alternativos al criterio del Valor Presente Neto.

En el caso bajo análisis, y por todos los comentarios que se realizaron sobre los distintos indicadores de rentabilidad, se considera al VAN, como el más robusto y el más confiable para saber si el proyecto resulta rentable.

3.5. Caso de aplicación: Análisis borroso de un proyecto de inversión con externalidades.

El presente problema supone analizar la viabilidad de un proyecto de inversión con impacto social, incluyendo en el análisis tanto la rentabilidad del proyecto económico como la medición financiera del impacto social de las externalidades.

Este proyecto de inversión supone la implementación de un nuevo sistema de transporte de pasajeros con ciertas ventajas en relación a los medios tradicionales. La información brindada se basa en supuestos de construcción del modelo y se organizará en dos áreas:

- Operación: Que incluirá todos los flujos inherentes a las inversiones, ingresos y costos del proyecto.
- Externalidades: Tendrá en cuenta la expresión en términos financieros de las externalidades positivas del proyecto.

Operación

La información necesaria para construir el flujo de fondos a fin de establecer el VAN del proyecto tendrá en cuenta:

1. Cantidad de pasajeros transportados anualmente: Esta medición se refiere a la demanda anual estimada del servicio por parte de la población.
2. Tarifa por pasajero transportado: Este valor es único por pasajero transportado ya que no existen distintos valores por tramo.
3. Costo de operación por pasajero transportado: Esta estimación incluye el conjunto de los costos directos erogables a partir del conjunto de pasajeros transportados.
4. Subsidio estatal recibido: Es el monto que el gobierno erogará anualmente como mecanismo de apoyo a una inversión con características positivas para el medio.
5. Otros ingresos: Es el importe anual de ingresos relacionados con la publicidad que se incorporará al medio de transporte así como a las estaciones intermedias. Adicionalmente incluye los ingresos por alquileres de espacios comerciales en las estaciones cabeceras del recorrido.
6. Tasa de descuento: Se utiliza una tasa de costo de capital que incluye los costos de la deuda y la rentabilidad al capital propio.
7. Períodos: Se estima un período de proyección de 29 años que incluye 3 años para las obras y 26 años de operación.

Externalidades:

Dentro de este grupo de ingresos se incluye la medición financiera de las siguientes externalidades positivas:

- a. La estimación del beneficio ambiental por la no emisión de gases de efecto invernadero valorizados en cuanto a los bonos "verdes".
- b. El ahorro de combustible contra las alternativas de transporte existente.
- c. La disminución en el tiempo de traslado de los usuarios.
- d. El impacto en la cantidad de accidentes ocurridos por el uso de este medio de transporte en comparación con las alternativas actuales.

Asignación de valores a las variables y NBT

A lo largo del desarrollo del modelo de evaluación serán utilizados Números Borrosos Triangulares (NBT), determinando los expertos correspondientes en una escala, tres valores:

- a. Un valor límite inferior (es imposible que se presente un valor inferior)
- b. Un valor límite superior (es imposible que se presente un valor superior)
- c. Un valor con mayores posibilidades de presentarse

Es importante recordar que distintos expertos podrán participar para dar su precisión sobre cada concepto y terminará la estimación en tres valores.

Para ellos se someterán a expertos las variables de Operación y sobre Externalidades

Operación

1. Cantidad de pasajeros transportados anualmente:
(11.000.000, 13.000.000, 15.000.000)
2. Tarifa por pasajero transportado (U\$S):
(0,7; 0,8; 0,9)
3. Costo de operación por pasajero transportado (U\$S):
(0,6; 0,55; 0,5)
4. Subsidio estatal recibido (U\$S):
(3.500.000; 4.500.000; 5.500.000)
5. Otros ingresos (U\$S):
(1.100.000; 2.600.000; 4.500.000)
6. Tasa de descuento: Se utiliza una tasa de costo de capital que incluye los costos de la deuda y la rentabilidad al capital propio: 10%. Es un número nítido.
7. Períodos: Se estima un período de proyección de 29 años que incluye 3 años para las obras y 26 años de operación.
8. Factor de crecimiento:
(2%; 3%; 4%)

Externalidades:

Dentro de este grupo de ingresos se incluye la medición financiera de las siguientes externalidades positivas:

- a. La estimación del beneficio ambiental por la no emisión de gases de efecto invernadero valorizados en cuanto a los bonos "verdes".
- b. El ahorro de combustible contra las alternativas de transporte existente
- c. La disminución en el tiempo de traslado de los usuarios
- d. La caída en la cantidad de accidentes relacionados con el transporte al comparar con alternativas en uso.

1. Para el conjunto de las externalidades (U\$S):
(8.470.000; 22.880.000; 44.550.000)
2. Factor de crecimiento: (2%; 3%; 4%)

Valor de la inversión realizada a lo largo de los primeros tres años (U\$S):

Año 1. 120.000.000
Año 2. 80.000.000
Año 3. 70.000.000

Es importante recordar que el proyecto comienza a ser operativo a partir del año 4 y quedaría constituido el flujo de fondos como sigue:

	S1	S2	S3
Pasajeros año	11.000.000	13.000.000	15.000.000
Tarifa U\$S	0,70	0,80	0,90
Ingresos operativos	7.700.000	10.400.000	13.500.000
Pasajeros año	11.000.000	13.000.000	15.000.000
Costo Op. U\$S	0,60	0,55	0,50
Costos operativos totales	-6.600.000	-7.150.000	-7.500.000
Flujo operación inicial	1.100.000	3.250.000	6.000.000
Subsidio estatal	3.500.000	4.500.000	5.500.000
Otros ingresos	1.100.000	2.600.000	4.500.000
Flujo operativo total	5.700.000	10.350.000	16.000.000
Externalidades	8.470.000	22.880.000	44.550.000
Flujo Año 4	14.170.000	33.230.000	60.550.000

El procedimiento para obtener el flujo de fondos de la inversión durante la etapa operativa de la misma (26 años) implica otorgarle un factor de crecimiento de acuerdo al intervalo establecido por el experto a cada uno de los niveles de presunción (0, 1, 0), es decir un crecimiento de (2%, 3%, 4%). Luego de obtener los 26 flujos anuales se actualizan al año 0, que es el momento en el cual se toma la decisión. A ese valor se le restan las inversiones a valor actual, obteniendo el VAN para cada valor del NBT.

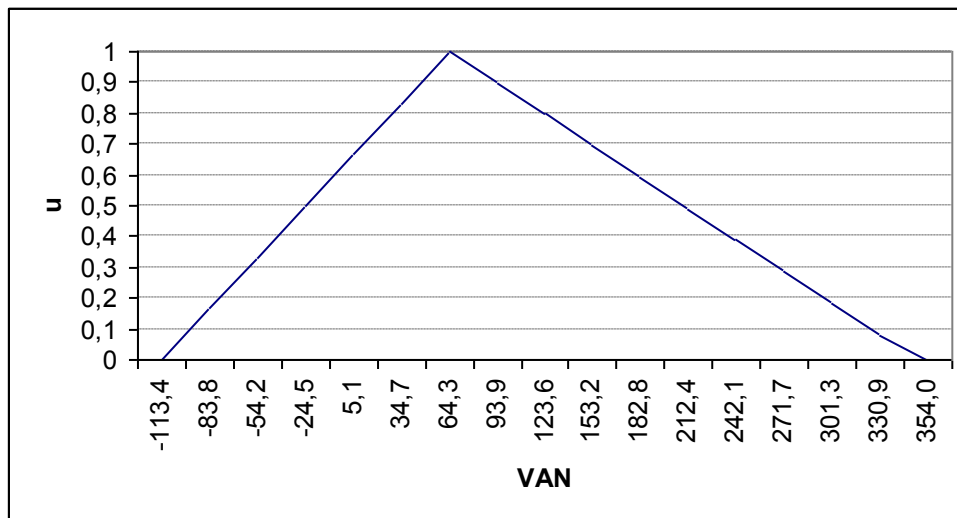
Como resultado se obtiene:

AÑO 0	S1	S2	S3
INVERSION	-227.798.648	-227.798.648	-227.798.648
V.ACTUAL F. OPERATIVO	46.014.925	90.986.046	153.743.985
V.ACTUAL F. EXTERNALIDADES	68.376.564	201.136.303	428.080.909
V.ACTUAL	-113.407.158	64.323.701	354.026.247

Estos resultados permitirían obtener la siguiente función de pertenencia:

$$\mu A(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < -113,4 \\ 0,005626x + 0,63808 & \text{si } -113,4 \leq x \leq 64,3 \\ -0,003451x + 1,22203 & \text{si } 64,3 < x \leq 354 \\ 0 & \text{si } x > 354 \end{cases}$$

Gráficamente sería:



Una medición interesante es conocer qué parte de la superficie total del NBT adopta valores con VAN <0, es decir, proyectos no deseables. Esta representa el 15,4% del total del triángulo. De ello se deduce que el índice de consentimiento sería de 84,6%, lo que sugeriría llevar adelante el proyecto de inversión.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha incursionado en el análisis de dos instrumentos metodológicos:

- La medición financiera de externalidades y su inclusión en la evaluación de un proyecto de inversión.
- La utilización de la lógica difusa para tratar la incertidumbre inherente a las mediciones financieras de las variables incluidas en un modelo de evaluación de proyectos de inversión.

Inicialmente, se han establecido las características del instrumental financiero para la evaluación de proyectos de inversión.

Luego, se ha puesto el acento en la importancia de considerar, además de los flujos operacionales de un proyecto de inversión convencional, aquellos flujos relacionados con ciertas externalidades identificadas con el mismo.

A continuación, se han identificado las principales características de la lógica difusa o borrosa para el tratamiento de cuestiones inciertas.

A partir de la construcción de este marco teórico se ha abordado, a través de un caso práctico, la evaluación de un proyecto de inversión con externalidades a partir de la utilización de lógica difusa, específicamente mediante Números borroso Triangulares (NBT) obteniéndose:

- El VAN a partir de la información provista por expertos.
- La función de pertenencias del NBT.
- La representación gráfica del NBT.
- El índice de consentimiento.

Como se ha demostrado, la utilización de la lógica borrosa para la evaluación de proyectos de inversión, permite obtener información adicional a los modelos de lógica bivalente que otorgaría solo uno de los valores obtenidos (el que corresponde al nivel nítido 1, es decir, 64,3 millones).

Por otra parte, la integración de beneficios/costos sociales de los proyectos de inversión agrega una magnitud al análisis enriqueciendo la toma de decisiones por parte de los actores involucrados. Obviamente, el establecimiento de una medición financiera a las externalidades, puede contener una carga de incertidumbre en cuanto a la confiabilidad aunque esta usualmente también se presenta en las mediciones de los flujos operativos de un proyecto convencional. Es en la existencia de incertidumbre en donde la utilización del análisis borroso se vuelve particularmente útil.

ANEXO

En el presente anexo se incluyen los cálculos que permiten arribar al VAN considerado en el caso de aplicación.

Este primer cuadro muestra los valores actuales relacionados con la operación (tanto la inversión inicial como los flujos por operación), considerados al período 0, que es en el momento de toma de decisiones.

PER.	OPERACIÓN - VALORES NOMINALES			OPERACIÓN - VALORES ACTUALES		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
1	-120.000.000	-120.000.000	-120.000.000	-109.090.909	-109.090.909	-109.090.909
2	-80.000.000	-80.000.000	-80.000.000	-66.115.702	-66.115.702	-66.115.702
3	-70.000.000	-70.000.000	-70.000.000	-52.592.036	-52.592.036	-52.592.036
4	5.700.000	10.350.000	16.000.000	3.893.177	7.069.189	10.928.215
5	5.814.000	10.660.500	16.640.000	3.610.037	6.619.332	10.332.131
6	5.930.280	10.980.315	17.305.600	3.347.488	6.198.102	9.768.560
7	6.048.886	11.309.724	17.997.824	3.104.035	5.803.677	9.235.729
8	6.169.863	11.649.016	18.717.737	2.878.287	5.434.352	8.731.962
9	6.293.261	11.998.487	19.466.446	2.668.957	5.088.530	8.255.674
10	6.419.126	12.358.441	20.245.104	2.474.851	4.764.714	7.805.364
11	6.547.508	12.729.195	21.054.908	2.294.862	4.461.505	7.379.617
12	6.678.458	13.111.070	21.897.105	2.127.963	4.177.591	6.977.092
13	6.812.028	13.504.402	22.772.989	1.973.202	3.911.744	6.596.524
14	6.948.268	13.909.535	23.683.909	1.829.696	3.662.815	6.236.713
15	7.087.234	14.326.821	24.631.265	1.696.627	3.429.727	5.896.529
16	7.228.978	14.756.625	25.616.515	1.573.236	3.211.472	5.574.900
17	7.373.558	15.199.324	26.641.176	1.458.819	3.007.105	5.270.815
18	7.521.029	15.655.304	27.706.823	1.352.723	2.815.744	4.983.316
19	7.671.450	16.124.963	28.815.096	1.254.343	2.636.560	4.711.498
20	7.824.879	16.608.712	29.967.700	1.163.118	2.468.779	4.454.508
21	7.981.376	17.106.973	31.166.408	1.078.528	2.311.675	4.211.534
22	8.141.004	17.620.182	32.413.064	1.000.090	2.164.568	3.981.814
23	8.303.824	18.148.788	33.709.587	927.356	2.026.823	3.764.625
24	8.469.900	18.693.251	35.057.970	859.912	1.897.844	3.559.281
25	8.639.298	19.254.049	36.460.289	797.373	1.777.072	3.365.139
26	8.812.084	19.831.670	37.918.701	739.382	1.663.985	3.181.586
27	8.988.326	20.426.620	39.435.449	685.609	1.558.095	3.008.045
28	9.168.092	21.039.419	41.012.867	635.746	1.458.944	2.843.970
29	9.351.454	21.670.602	42.653.381	589.510	1.366.102	2.688.844

INVERSIÓN	-227.798.648	-227.798.648	-227.798.648
OPERACIÓN	46.014.925	90.986.046	153.743.985

En este segundo cuadro se observan los valores actuales relacionados con el conjunto de externalidades considerados al período 0, que es en el momento de toma de decisiones.

PER.	EXTERNALIDADES - V. NOMINALES			EXTERNALIDADES - V. ACTUALES		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
1						
2						
3						
4	8.470.000	22.880.000	44.550.000	5.785.124	15.627.348	30.428.249
5	8.639.400	23.566.400	46.332.000	5.364.388	14.632.880	28.768.527
6	8.812.188	24.273.392	48.185.280	4.974.250	13.701.697	27.199.334
7	8.988.432	25.001.594	50.112.691	4.612.487	12.829.771	25.715.734
8	9.168.200	25.751.642	52.117.199	4.277.033	12.013.331	24.313.058
9	9.351.564	26.524.191	54.201.887	3.965.976	11.248.846	22.986.891
10	9.538.596	27.319.917	56.369.962	3.677.542	10.533.010	21.733.061
11	9.729.368	28.139.514	58.624.761	3.410.084	9.862.728	20.547.621
12	9.923.955	28.983.699	60.969.751	3.162.078	9.235.100	19.426.842
13	10.122.434	29.853.210	63.408.541	2.932.109	8.647.412	18.367.196
14	10.324.883	30.748.807	65.944.883	2.718.864	8.097.122	17.365.349
15	10.531.380	31.671.271	68.582.678	2.521.129	7.581.850	16.418.148
16	10.742.008	32.621.409	71.325.985	2.337.774	7.099.369	15.522.613
17	10.956.848	33.600.051	74.179.025	2.167.754	6.647.591	14.675.925
18	11.175.985	34.608.053	77.146.186	2.010.099	6.224.563	13.875.420
19	11.399.505	35.646.294	80.232.033	1.863.910	5.828.454	13.118.579
20	11.627.495	36.715.683	83.441.314	1.728.353	5.457.552	12.403.020
21	11.860.045	37.817.154	86.778.967	1.602.655	5.110.254	11.726.491
22	12.097.246	38.951.668	90.250.126	1.486.098	4.785.056	11.086.865
23	12.339.191	40.120.218	93.860.131	1.378.018	4.480.552	10.482.126
24	12.585.974	41.323.825	97.614.536	1.277.799	4.195.426	9.910.374
25	12.837.694	42.563.540	101.519.117	1.184.868	3.928.444	9.369.808
26	13.094.448	43.840.446	105.579.882	1.098.696	3.678.452	8.858.728
27	13.356.337	45.155.659	109.803.077	1.018.790	3.444.369	8.375.524
28	13.623.464	46.510.329	114.195.201	944.697	3.225.182	7.918.678
29	13.895.933	47.905.639	118.763.009	875.991	3.019.943	7.486.750

EXTERNALIDADES	68.376.564	201.136.303	428.080.909
-----------------------	-------------------	--------------------	--------------------

En resumen, pueden extraerse los siguientes datos que son los incluidos en el desarrollo del trabajo:

AÑO 0 – VALOR ACTUAL	S1	S2	S3
INVERSION	-227.798.648	-227.798.648	-227.798.648
OPERACIÓN	46.014.925	90.986.046	153.743.985
EXTERNALIDADES	68.376.564	201.136.303	428.080.909
VAN	-113.407.158	64.323.701	354.026.247

BIBLIOGRAFÍA

BREALY, R. y MYERS, S. (1993): *Fundamentos de Financiación Empresarial*; McGraw-Hill; 4ª Edición; España.

CHAPMAN, W.L. (1981): "Dificultades para medir la cuantía del beneficio social neto de la actividad económicas de las empresas públicas y privadas". *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Económicas*. VOL XXVI (1981).

DOMÍNGUEZ, M., RUIZ M Y SÁNCHEZ J. (1992). Valoración de rentas de capital con tipos de interés borroso [Versión electrónica]. *Cuadernos de Estudios empresariales*, 2, 47-55.

GIL LAFUENTE, A. M. (1990): *El análisis financiero en la incertidumbre*". Editorial Ariel

GRUPO DE INVESTIGACIÓN MATEMÁTICA BORROSA (2000): "Flujo de fondos proyectados en situación de incertidumbre". Publicado en *Anales del XIII Congreso Nacional de Profesionales en Ciencias Económicas*. San Carlos de Bariloche. Octubre.

LAZZARI, L.; MACHADO, E.; PEREZ, R. (1998). *Teoría de la decisión fuzzy*. Ediciones Macchi.

MEDINA, S. (2006). Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros. [Versión electrónica]. *Cuadernos de Administración*, 32(19), 195-223.

REIG, J. Y GONZÁLEZ, J. (2002). "Modelo borroso de control de gestión de materiales" [Versión electrónica]. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 112(XXXI), 431-460.

SAPAG CHAIN, N et altri (2000): *Preparación y evaluación de proyectos*, 4ta Edición, McGraw-Hill Interamericana, Chile.