



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

No. 00031

EVALUACION SOCIAL DE
PROYECTOS Y ASIGNACION DE
RECURSOS: UN CASO DE ESTUDIO
PARA MEXICO

En México, D.F., se presentaron a las 10:00 horas del día 27 del mes de abril del año 2007 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. ALEJANDRO SEGUNDO VALDES

MTRO. HECTOR FELIX CERVINI ITURRE

DRA. NORA NIDIA GARRO BORDONARO

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretaria la última, se reunieron a la presentación de la acta de comunicación de Resultados cuya denominación aparece para la obtención del grado de:



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIRECCIÓN DE SISTEMAS ESCOLARES



Casa abierta al tiempo

MAESTRO EN ESTUDIOS SOCIALES (ECONOMIA SOCIAL)

DE JESUS GUILLERMO HERNANDEZ ZAMORA

de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

JESUS GUILLERMO HERNANDEZ
ZAMORA
FIRMA DEL ALUMNO

APROBAR

REVISO

LIC. JULIO CESAR DE LARA ISASSI
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CSH

DR. PEDRO CONSTANTINO SOLIS
PEREZ

PRESIDENTE

DR. ALEJANDRO SEGUNDO VALDES

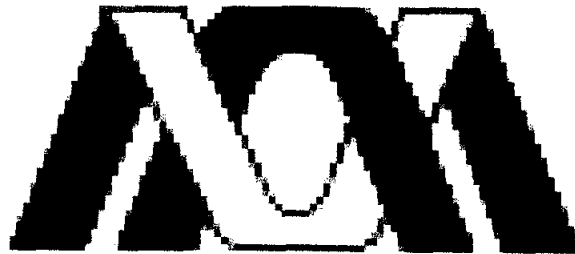
VOCAL

MTRO. HECTOR FELIX CERVINI
ITURRE

SECRETARIA

DRA. NORA NIDIA GARRO BORDONARO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa



Casa abierta al tiempo

**EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS Y ASIGNACIÓN
DE RECURSOS: UN CASO DE ESTUDIO PARA MÉXICO**

IDÓNEA COMUNICACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRÍA EN ESTUDIOS SOCIALES

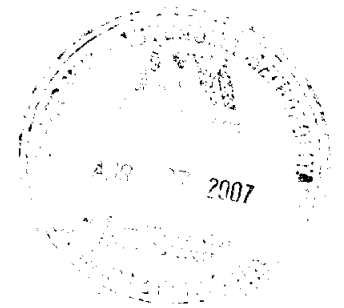
LÍNEA DE ECONOMÍA SOCIAL.

PRESENTA:

HERNÁNDEZ ZAMORA JESÚS GUILLERMO
MATRÍCULA: 204382294

ASESOR: MTRO. HÉCTOR CERVINI ITURRE.

MÉXICO, 2007.



INDICE

	Página
Antecedentes	i
El problema de investigación	v
La pregunta(s) de investigación	vi
El marco teórico	vi
Las hipótesis de trabajo	vi
La operacionalidad de las hipótesis	vii
Los parámetros	viii
CAPÍTULO 1	
LA ECONOMÍA DEL BIENESTAR	
1. El marco teórico	4
1.1 Los fundamentos teóricos y la racionalidad del análisis costo-beneficio	4
1.2 La eficiencia económica, distribución del ingreso y el mecanismo del mercado	5
1.2.1 La norma de eficiencia: óptimo de Pareto	5
1.2.2 Las tres condiciones de eficiencia	6
1.2.2.1 La eficiencia en la producción	6
1.2.2.2 La eficiencia en el intercambio	7
1.2.2.3 La asignación eficiente	8
1.2.3 El óptimo de Pareto y la función del bienestar social	10

	Página
1.2.4 El mercado determina la asignación y la eficiencia	12
1.2.5 Los fallos de mercado	14
1.3 Los fallos de mercado, eficiencia económica y decisiones colectivas	16
1.3.1 La eficiencia en presencia de bienes públicos	17
1.3.2 Las condiciones de eficiencia para los bienes públicos	17
1.3.3 El financiamiento obligatorio	20
1.3.4 La eficiencia en presencia de externalidades	22
1.3.5 La internalización de efectos externos	23
1.3.6 La internalización a través de negociación	24
1.3.7 La internalización a través de la intervención del gobierno	26
1.4 Los principios de análisis costo-beneficio	27
1.4.1 Las etapas del análisis costo-beneficios	28
1.5 Los efectos de la asignación de proyectos públicos	31
1.5.1 El excedente del consumidor	31
1.5.2 La variación compensatoria y equivalente	34
1.5.3 El excedente del productor	35
1.5.4 Los beneficios y costos de un proyecto	37
1.5.5 Los efectos reales	37
1.5.6 Los efectos externos	39
1.5.7 Los efectos pecuniarios	41

CAPÍTULO 2

LA METODOLOGÍA DE PROYECTOS DE AGUA

2.1 La teoría en la cual se basa la metodología	43
2.2 El valor social de la producción	44
2.2.1 Los efectos redistributivos	51
2.3 El costo social de producción	53
2.3.1 Los efectos redistributivos	57
2.4 El costo social de la mano de obra	58
2.5 El precio social de la divisa	60
2.6 La tasa social de descuento	62
2.7 La metodología de evaluación para proyectos de agua potable	64
2.7.1 Los proyectos de dotación	64
2.7.2 Los proyectos de ampliación de la oferta	66
2.7.3 Los proyectos de rehabilitación del sistema	66
2.7.4 Los proyectos de reposición del servicio	69
2.7.5 La identificación de costos	70
2.7.6 La identificación de beneficios	71
2.7.7 La demanda por agua potable	71
2.7.8 El horizonte de evaluación	73
2.7.9 Los indicadores de rentabilidad	73

	Página
2.8 La metodología de evaluación para proyectos de alcantarillado sanitario	75
2.8.1 Los proyectos de dotación de un sistema de alcantarillado	76
2.8.2 Los proyectos de ampliación de redes de alcantarillado	76
2.8.3 Los proyectos de construcción o ampliación de plantas de tratamiento	77
2.8.4 La identificación de costos	79
2.8.5 La identificación de beneficios	79
2.8.6 El horizonte de evaluación	80
2.8.7 Los indicadores de rentabilidad	80

CAPÍTULO 3

UN CASO DE ESTUDIO PARA MÉXICO: EVALUACIÓN SOCIAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA ARNULFO VILLA

3.1 Los antecedentes	82
3.1.1 El origen del proyecto	82
3.1.2 La descripción del proyecto	82
3.1.3 El objetivo del proyecto	83
3.2 La situación actual	83
3.2.1 La oferta, capacidad instalada y el proceso de operación	83
3.2.2 El costo marginal social de producción	88
3.2.3 La demanda por agua potable	88
3.2.4 El balance oferta-demanda en la situación actual	92

3.3 La situación sin proyecto	93
3.3.1 La optimización	93
3.3.2 La proyección de la demanda	94
3.3.3 La proyección de la oferta	96
3.4 La situación con proyecto	99
3.4.1 La definición del proyecto	99
3.4.2 La descripción técnica del proyecto	100
3.4.3 La capacidad instalada y el proceso de operación	100
3.4.3 El mayor consumo de agua	103
3.4.4 Los otros efectos del proyecto	104
3.5 La evaluación social	106
3.5.1 La identificación, la cuantificación y la valoración de costos	106
3.5.2 La identificación, la cuantificación y la valoración de beneficios	108
3.5.3 La evaluación	111
3.5.4 El análisis de las alternativas	113
3.6 Las conclusiones	117
3.7 Las limitaciones	118

	Página
ANEXOS	
Anexo A	119
Anexo B	131
Anexo C	141
Anexo D	150
Anexo E	157
Anexo F	183
Anexo G	185
Anexo H	188
Anexo I	192
Anexo J	193
Anexo K	200
Bibliografía	201

Antecedentes

El Banco Mundial (Banco Mundial, 1988) señala que durante los años ochentas la mayoría de los países desarrollados que pudieron evitar las crisis económicas mantuvieron un déficit fiscal estable y moderado. Los países con problemas tuvieron altos e insostenibles déficits fiscales. Una vez que la crisis ocurrió, la reducción fiscal fue esencial para una estabilización efectiva, pero por si misma no fue suficiente para generar crecimiento.

Cuando los déficits fiscales son excesivos, generalmente se recorta el gasto público. Los gobiernos deben fijar cuidadosamente prioridades tanto cuando el gasto público se incrementa como cuando se recorta. Una buena planeación fiscal, presupuestación y evaluación de proyectos son herramientas importantes para asegurar que el gasto público concuerde con las estrategias sectoriales y se complemente, en lugar de competir, con la iniciativa privada.

Los gobiernos en cualquier parte juegan un rol esencial en la asignación de recursos. Ellos influyen de la siguiente manera: qué producir, cómo producir, quién recibe los beneficios y quién los paga. Los gobiernos intervienen directa o indirectamente. En primer lugar, todos los gobiernos proveen directamente defensa o infraestructura social, casi la mayoría ofrece energía y unos pocos producen bienes agrícolas o industriales. Para ello los gobiernos crean empresas estatales que llevan a cabo dichas funciones. Pero los gobiernos también influyen indirectamente en la producción y en la asignación de bienes producidos privadamente a través de subsidios, impuestos y de un amplio rango de herramientas reguladoras, tales como el control de precios y las restricciones cuantitativas.

El gasto público juega un rol crítico en el desarrollo. A través del gasto los gobiernos preservan y promueven la identidad nacional, ofrecen infraestructura para el desarrollo, influyen en el curso del crecimiento económico y la distribución del ingreso y proveen servicios sociales para satisfacer las necesidades básicas de la población. El rápido crecimiento del gasto público ha llevado a varios países desarrollados a tener crisis fiscales y, en varios casos, no ha sido efectivo en la promoción del crecimiento y la equidad. En consecuencia, los gobiernos tuvieron la necesidad de ajustar su gasto y mejorar sus asignaciones.

Los gobiernos deben fijar prioridades si quieren controlar el nivel y la asignación eficiente del gasto. Estas prioridades pueden estar basadas sobre dos consideraciones: La primera, es una apreciación sobre dónde es necesario que el gobierno intervenga y cuándo es posible confiar en que los mercados provean los mismos bienes con igual o mejor calidad. La segunda es sobre cómo se pueden gastar los recursos limitados de una manera eficiente en las áreas en donde la intervención del gobierno es necesaria.

Bajo estas prioridades del gobierno, para asignar eficientemente sus recursos limitados, el Banco Mundial sostiene que la teoría y la experiencia práctica sugieren que los gobiernos deben concentrar sus gastos en ciertas áreas donde es necesaria su participación para lograr el buen funcionamiento del mercado, el crecimiento económico y la disminución de la pobreza. Las decisiones sobre el gasto público deben comenzar bajo el entendimiento de estos principios básicos y el reconocimiento del hecho que el gasto es costoso.

Todos los fondos tienen usos alternativos o costos de oportunidad. Los gobiernos crean gravámenes económicos para aumentar los ingresos y con ello financiar el gasto. En suma, la provisión de bienes y servicios por parte del Estado puede afectar los precios de mercado o la conducta de los agentes, tal como el esfuerzo del trabajo individual o la tendencia a ahorrar o consumir. Por lo tanto, la provisión puede tener efectos más allá de sus beneficios directos. Desafortunadamente, varios gobiernos no asignan eficiente y eficazmente sus recursos limitados. Muchos fondos pueden llegar a gastarse en áreas erróneas y muy pocos son para tareas críticas donde únicamente el gobierno puede ejecutarlas. La mala asignación esta ocurriendo dentro y entre el gasto de capital y corriente.

El Banco Mundial afirma que los gobiernos deben planear sus programas de inversión pública con consideraciones conjuntas: el total de prioridades para la economía y la apropiada división de responsabilidades entre las actividades públicas y privadas. Las prioridades intersectoriales dependerán de la estructura económica, la dotación de recursos naturales y el desarrollo de estrategias.

Así mismo, argumenta que "no existen métodos claros para guiar la elección intersectorial, si bien se pueden identificar, en la congestionada economía, tasas de retorno para las diferentes actividades, cuya comparación permita proveer algunas pistas. La asignación intersectorial del gasto se ha basado larga e inevitablemente en juicios intuitivos, reconociendo la necesidad de un balance global entre sectores

(Banco Mundial, 1988)". A esta afirmación del Banco Mundial, Tulio Ceconi (1996) observa que es posible que todavía no se haya tomado buena conciencia en el ámbito político de la importancia de contar con criterios correctos para asignar el gasto público.

Ceconi sostiene que el problema de asignación del gasto público es cómo se debe distribuir un monto determinado de gasto entre diferentes destinos, representados cada uno de ellos por varios proyectos de inversión, de modo de lograr su utilización más eficiente. Esta elección ha estado dominada por el análisis de costo-beneficio social, propuesto por Little y Mirrlees (1969) y unos años después por Dasgupta, Marglin y Sen (1972), Habberger (1973) y Van der Tak (1975). Dicho análisis es una extensión de los principios usados por el sector privado para tomar decisiones de inversión. Es un test que pondera los costos y beneficios de un proyecto público en términos de su contribución al bienestar social nacional. Si los beneficios sociales del proyecto superan sus costos sociales, la recomendación es que el gobierno lleve a cabo el proyecto.

Ceconi describe el análisis costo-beneficio como la expresión de los costos y beneficios sociales en unidades monetarias y plantea la necesidad de evaluar los beneficios y costos intangibles, es decir, aquellos para los cuales no se tienen unidades físicas que los representen ni precios de mercado, pues éste no los provee. Por último, Ceconi señala que la tasa de descuento social se elige con base en juicios de valor del gobierno, acerca de la ponderación del consumo futuro respecto del presente.

Ceconi comenta que existen nuevas propuestas y evidencia empírica para justificar la afirmación del Banco Mundial, que han aparecido en la bibliografía desde mediados de los ochentas. Dichas propuestas se basan en análisis de regresión que es una forma empírica de estudiar la asignación de los recursos. Estos análisis estadísticos han consistido regresiones con series de tiempo de diferentes países, entre asignaciones intersectoriales del gasto y crecimiento del producto, de modo de examinar el impacto de diferentes "mezclas" de gasto público sobre el crecimiento. Entre estos estudios, Pradhan (1996) menciona a diferentes autores que someten a debate la afirmación del Banco Mundial sobre el tema que la asignación en el gasto intersectorial se ha basado larga e inevitablemente en juicios intuitivos. Así, por ejemplo, Aschauer (1989) llegó a la conclusión que el gasto en infraestructura en EEUU tiene el mayor impacto en la productividad del sector privado. Baffes y Shah (1993) estimaron la productividad de diferentes clases de capital público, como

infraestructura, recursos humanos, recursos militares. Ellos llegaron a la conclusión que la inversión en recursos humanos tiene relativamente mayor elasticidad producto, seguida por la inversión en infraestructura que tiene elasticidad positiva pero baja, mientras que la inversión en recursos militares dio elasticidad negativa.

Aschauer y Greenwood (1985) y Barro (1990) separaron el gasto público, entre el gasto que aparece como variable en la función de utilidad de los consumidores pero que no afecta el crecimiento, y el que se destina a inversión que complementa a la producción del sector privado. Los diferentes estudios sobre asignación intersectorial y crecimiento no obtienen resultados coincidentes acerca del impacto de diferentes "mezclas" de gasto público:

Pedro Belli (1996) acepta que los problemas del rol del gobierno en la provisión de bienes y servicios y el impacto fiscal del proyecto son importantes, pero que también debe analizarse la durabilidad o permanencia, el impacto sobre los diferentes grupos de la población y los riesgos del proyecto. Sostiene que las herramientas tradicionales (análisis costo-beneficio) son útiles para dar respuesta a estas cuestiones, e incluso que pueden ser utilizadas para evaluar los impactos ambientales y proyectos que normalmente no han sido objeto del análisis económico. Para Belli, las nuevas cuestiones sobre las cuales se debe poner atención en el análisis de proyectos son:

i) los aspectos financieros: Un proyecto puede contribuir positivamente al bienestar económico de una país, pero si no se cuenta con los fondos necesarios se resentirá la implementación y con ello su aporte al bienestar. Por lo tanto, no se puede divorciar la evaluación económica de la financiera; el impacto del proyecto sobre las finanzas públicas. Para ello deberá considerárselo en relación con el tamaño del presupuesto o el de la secretaria del cual depende, según quien es el encargado de proveer los fondos. La idea es saber si aún en situaciones difíciles desde el punto de vista del presupuesto, el proyecto en cuestión podría ser financiado; debe extenderse el análisis a sectores a los que tradicionalmente no se les ha aplicado un análisis económico riguroso, como educación o salud.

ii) Se deben obtener medidas cuantitativas de los beneficios, sea en unidades monetarias o no monetarias, para elegir entre las diferentes alternativas y mejorar el diseño de proyectos.

iii) deben tomarse sistemáticamente en cuenta las externalidades, que han sido una de las mayores fuentes de divergencias entre las evaluaciones privadas y sociales de los proyectos. Aunque el método tradicional reconocía la necesidad de tenerlas en cuenta, no había medidas satisfactorias en unidades monetarias.

iv) medir los riesgos del proyecto para mejorar su diseño. Deben identificarse para ello las variables críticas y monitorearlas durante la implementación para reducir el riesgo que el proyecto fracase.

Para responder a estas nuevas cuestiones debe integrarse la evaluación financiera y la económica y hacer un seguimiento de las fuentes de divergencias entre los costos y beneficios financieros y económicos. Es necesario identificar: i) las fuentes de diferencias entre los precios de mercado y los costos económicos, así como entre los flujos económicos y financieros, ii) el grupo que paga los costos y el que goza de los beneficios. Esta información permite identificar ganadores y perdedores y, por lo tanto, defensores y detractores del proyecto.

Belli concluye en forma muy rotunda, que a pesar que las cuestiones que se tienen en cuenta en los proyectos ahora, son distintas a las de hace treinta años, el análisis económico de proyectos es tan relevante como entonces.

La afirmación del Banco Mundial de que la asignación intersectorial del gasto público estaba basada inevitablemente en la intuición queda en duda. La asignación eficiente de los recursos, por lo tanto, llega a conclusiones inciertas. Mientras otros llegan a la conclusión que los métodos tradicionales (análisis costo-beneficio) pueden contribuir positivamente al bienestar económico llegando a resultados confiables.

El problema de investigación

Esta discusión plantea un problema de investigación, el cual se puede plantear en un espacio tiempo determinado. El problema es:

Evaluar los efectos directos sobre el bienestar social asociados a la realización de un proyecto de inversión para un proyecto de ampliación y sustitución de fuente de abastecimiento de agua potable en México.

La pregunta de investigación

¿Cuáles son los beneficios sociales y costos sociales directos en los que incurre la sociedad por la realización de un proyecto de inversión?

El estudio tendrá como meta contestar a esta pregunta y someter a comprobación la afirmación del Banco Mundial con evidencia empírica para un Proyecto de ampliación y sustitución de la fuente de abastecimiento de agua potable en México. Para ello se empleará un marco teórico adecuado que permita estimar los beneficios y costos sociales directos asociados a la realización de un proyecto de inversión.

El marco teórico

La teoría en la cual se basa la evaluación de proyectos de inversión y la metodología para el caso de proyectos de agua, para explicar la asignación eficiente de los recursos es la se denomina *Economía del Bienestar* (expuesta en el Capítulo 1). El análisis costo-beneficio se basa en esta teoría y da los fundamentos para evaluar proyectos de inversión.

La hipótesis de trabajo

Anteriormente se expuso la teoría básica que explica los criterios de eficiencia en el uso de los recursos y la metodología para evaluar proyectos de inversión que están basados en el análisis costo-beneficio. Por lo tanto, se plantean las hipótesis de trabajo, las cuales serán sujetas a verificación.

Hipótesis 1:

En condiciones de exceso de demanda de agua, se justifica un proyecto de inversión que aumente la oferta porque los beneficios excederán a los costos sociales.

Hipótesis 2:

En los proyectos que tienen como objetivo aumentar la oferta del agua en condiciones de escasez, existe un momento óptimo para invertir eficientemente los recursos.

Estas hipótesis se confrontarán con las afirmaciones de los autores expuestos, en el sentido si existen o no criterios correctos para asignar el gasto público y, por lo

tanto, se puede llegar a resultados positivos o negativos sobre el efecto de los diferentes grupos sociales cuando se realiza un proyecto de inversión.

La operacionalidad de las hipótesis

Los estudios empíricos que permiten contrastar en forma concluyente si la teoría explica confiablemente la asignación eficiente de los recursos y de este modo poder llegar a resultados confiables sobre el efecto sobre los diferentes grupos de la sociedad cuando se realiza un proyecto de inversión se basará en el análisis costo-beneficio.

La operacionalidad de las hipótesis a partir de análisis costo-beneficio

En primer lugar es necesario identificar, valorar y medir los beneficios y costos. Naturalmente, los precios de mercado constituyen la norma para valorar los beneficios y costos de carácter privado. Sin embargo, los precios sociales o precios sombra se utilizan en la evaluación social.

En resumen, para la evaluación social de proyectos se debe utilizar en el periodo (año) t el insumo j en las cantidades Y_{jt} , con un costo unitario de P_{jt} , de modo que el costo total en el periodo t es:

$$C_t = \sum_{j=1}^n Y_{jt} \cdot P_{jt} \quad (1)$$

donde n es el número de insumos

A su vez, el proyecto genera beneficios en el periodo t mediante la entrega de X_{it} bienes i que generan un beneficio unitario de P_{it} ; así, el beneficio total en el año t es:

$$B_t = \sum_{i=1}^m X_{it} \cdot P_{it} \quad (2)$$

donde m es el número de bienes

Restando (1) y (2) se obtiene el beneficio neto en el periodo t :

$$BN_t = B_t - C_t = \sum_{i=1}^m X_{it} \cdot P_{it} - \sum_{j=1}^n Y_{jt} \cdot P_{jt}$$

La formulación del proyecto tiene como tarea estimar las cantidades X_{it} y Y_{jt} , asimismo, deberá especificar los valores que asumirán P_{it} y P_{jt} . En el proceso de determinar las cantidades deberá tenerse en cuenta la eficiencia técnico-económica, para lo cual será necesario efectuar las evaluaciones correspondientes.

La evaluación económica del proyecto sumará los BN_t que generará el proyecto durante su existencia y emitirá un juicio de valor sobre la conveniencia de llevarlo a cabo. El análisis costo-beneficio consistirá en una evaluación del proyecto a un nivel de perfil, deberá estar sustentado con la información confiable y precisa que permita una cuantificación en términos monetarios de los beneficios y costos en forma detallada.

Se deben cuantificar los costos y beneficios del proyecto, así como el flujo de los mismos a lo largo del horizonte de evaluación, con objeto de mostrar que es susceptible de generar beneficios netos.

Los parámetros

La evaluación deberá tomar en cuenta efectos directos derivados de la realización del proyecto sobre el mercado relevante, los mercados relacionados de bienes y servicios, y otros agentes económicos.

La cuantificación de los costos y beneficios generarán indicadores de rentabilidad, las cuales son las siguientes:

1. Para el *valor presente neto* (VPN):

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

donde,

B_t = beneficios totales en el período t;

C_t = costos totales en el período t;

r = tasa de descuento;

n = número de años del horizonte de evaluación, y

t = año calendario, en donde el año 0 será el del inicio de las erogaciones del gasto de inversión.

Si tomamos en cuenta el valor presente neto (*VPN*) para determinar la rentabilidad del proyecto, entonces, la inversión será rentable sólo si el valor actual del flujo de beneficios netos que genera es positivo, descontando estos flujos a la tasa de interés pertinente para el inversionista. Este valor actual mide, en moneda de hoy, cuánto más rico es el inversionista por invertir en el proyecto en lugar de hacerlo en la alternativa que rinde la tasa de descuento. Sin embargo, en la evaluación social se debe descontar a una tasa social de descuento, el cual se tomará como un dato dado. Por lo tanto, el proyecto será rentable desde un punto de vista social, si el valor actual de los beneficios netos sociales es positivo.

En la evaluación social de un proyecto de inversión debe considerar el hecho que la realización del mismo significa que el gobierno necesita obtener recursos adicionales para tal fin, es decir, debe tomar en cuenta el costo que desde el punto de vista social conlleva la obtención de estos recursos. La tasa social de descuento sirve de guía para lo agentes que toman decisiones sobre inversión, con un objetivo: que el rendimiento de cada proyecto sea por lo menos igual al costo social de los recursos utilizados en su realización.

2. Para la *tasa interna de retorno (TIR)*:

La TIR (ρ^*) es el valor de la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero.

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + \rho^*)^t} = 0$$

donde, ρ^* es la *TIR*.

La *TIR* es la tasa de interés que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos. Indica lo siguiente: es conveniente realizar la inversión cuando la tasa de interés es menor a la tasa interna de rendimiento, o sea, cuando el uso del capital en inversiones alternativas "rinde" menos que el capital invertido en este

proyecto. Para la evaluación social de proyectos la *TIR* se comparará con la tasa social de descuento, por lo tanto, será conveniente realizar la inversión si la *TIR* es mayor a la tasa social.

Para la tasa de rendimiento inmediato (*TRI*):

$$TRI = \frac{(B_t - C_t)}{I}$$

donde,

B_t = beneficios totales en el período t ;

C_t = costos totales en el período t , e

I = valor capitalizado o futuro de la inversión total al año en que se termine la construcción del proyecto.

El momento óptimo para la entrada en operación del proyecto se determina cuando la *TRI* es mayor que la tasa de descuento. Cabe destacar que si el momento óptimo de entrada en operación del proyecto es el año i y la construcción dura z años, ésta deberá comenzar en el año $t-z$.

Anteriormente, se dijo que si el valor actual de los beneficios netos es positivo, se debe realizar el proyecto, sin embargo, este valor indica solamente que es conveniente realizarlo, pero nada dice sobre el momento óptimo de hacerlo. Es decir, puede darse el caso que convenga postergar la iniciación del proyecto por uno o más años y obtener beneficios netos mayores. Principalmente, se puede deber a dos razones: a cambios en la tasa de descuento y por cambios en el flujo de costos o beneficio del proyecto. El momento óptimo se resume de la siguiente forma: El momento óptimo para iniciar una inversión suponiendo que los costos no cambian y cuyos beneficios netos anuales dependen exclusivamente del tiempo, es aquel en que los beneficios netos del primer año de operación son iguales al costo de capital de la inversión comprometida en el proyecto.

4. Para el costo anual equivalente (CAE):

$$CAE = VPC \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right]$$

donde,

VPC = valor presente de los costos de inversión, operación y mantenimiento;

r = tasa de descuento, y

n = número de periodos de vida útil del activo.

El CAE es un criterio, el cual explica como se distribuye anualmente un activo. El CAE se utiliza para comparar proyectos con una vida útil distinta y, por consiguiente, se elegirá el proyecto con el criterio del menor CAE.

CAPÍTULO 1

LA ECONOMÍA DEL BIENESTAR

La teoría para explicar la asignación eficiente de los recursos y la implicación en el bienestar social es la que se le denomina *Economía del Bienestar*. El análisis costo-beneficio se basa en esta teoría y da los fundamentos para evaluar proyectos de inversión, así como la toma de decisiones sobre estos.

La práctica formal del análisis costo-beneficio empezó en el sector público como una ayuda en las decisiones gubernamentales. Primero, el análisis se adoptó por el gobierno federal de los Estados Unidos durante los años treinta para valorar las decisiones sobre el gasto en proyectos públicos. Posteriormente, el enfoque se desarrolló y tomó forma, extendiéndose a Gran Bretaña durante los años sesenta, así como a otros países. El enfoque tradicional se desarrolló dentro del contexto de los países industrializados más avanzados. Una variante al análisis costo-beneficio "moderno", fue creada en los años setenta, adaptando el análisis para circunstancias especiales de los países menos desarrollados y consolidar las decisiones multilaterales. A todo esto, el uso del tradicional análisis continuó creciendo. En los Estados Unidos en los años ochenta y noventa, las agencias federales se comprometieron a utilizar el análisis costo-beneficio para proponer mayores regulaciones a diferentes niveles de las decisiones públicas, incluyendo el poder ejecutivo como el legislativo del gobierno federal, así como a los estados y gobiernos locales (Fuguitt y Wilcox, 1999).

El análisis de costo-beneficio es una forma práctica de juzgar la conveniencia de los proyectos en el largo plazo (en el sentido de considerar las repercusiones futuras lo mismo las cercanas) y sobre un horizonte amplio (en el sentido de apreciar los efectos sobre las diferentes clases, numerosas personas, industrias, regiones, etc.); en otras palabras, el análisis supone la enumeración y evaluación de todos los costos y beneficios pertinentes. El análisis toma elementos de los estudios económicos sobre la teoría del bienestar y de las finanzas públicas y trata de consolidarlos en un conjunto coherente. En los últimos años el tema sobre el análisis costo-beneficio ha tomado importancia para los economistas. La historia sobre el análisis se ubica en Francia, donde el clásico ensayo de Dupuit (1844) sobre la utilidad de las obras públicas dio origen a esta técnica. Durante el siglo veinte, el análisis costo-beneficio adquirió importancia inicialmente en los Estados Unidos, según

Hammond (1958), fue "en su inicio, una práctica administrativa sin ninguna conexión con la teoría económica y adaptada a un tipo estrictamente limitado de actividad federal: el fomento de la navegación".

En los Estados Unidos el análisis costo-beneficio originalmente fue planeado para informar sobre las decisiones públicas sobre proyectos de agua. A principio del siglo diecinueve, la legislación de los Estados Unidos autorizó la supervisión por parte de ingenieros acerca de las necesidades del recurso agua. La factibilidad técnica y la evaluación económica fueron incorporadas gradualmente en una serie de legislaciones durante décadas posteriores. Las actas de River and Harbor de 1927 y 1928 autorizaron a los ingenieros militares supervisar los ríos de la nación y se incluyeron en estas actas 308 reportes sobre la estimación de los costos de los proyectos propuestos, con ello se empezó la primera etapa hacia la evaluación económica. El acta Flood Control Act de 1936 reconoció controlar las inundaciones por ser de interés para el bienestar general y estipuló que proyectos específicos tenían una justificación económica. El Congreso reconoció que los proyectos públicos de control de inundaciones generaban un valor en la forma de productos o servicios, beneficiando a los miembros de la sociedad (Mc Kean, 1958); por ejemplo, la prevención de los daños por inundaciones aumentaría el valor de las propiedades e incrementaría el cultivo en la agricultura. La legislación autorizó al departamento de agricultura estimar tales beneficios con relación a sus costos.

El acta de 1936 marcó el principio de las aplicaciones de los principios económicos para ayudar a las decisiones de gasto público. De este modo, el acta acreditó la iniciación de la práctica del análisis costo-beneficio para medir los beneficios y costos sociales, expresarlos en unidades monetarias y, por lo tanto, facilitar las comparaciones y la racionalidad de la evaluación de proyectos.

Detrás de los Estados Unidos y Gran Bretaña, el análisis se extendió a otros países, incluyendo a los países menos desarrollados. En los años cincuenta y sesenta se incrementaron los proyectos de asistencia de las naciones occidentales a los países menos desarrollados, conduciendo a numerosas preguntas sobre las ganancias de los proyectos conseguidos. Los ciudadanos de los países donantes requirieron la justificación de sus gobiernos de cómo se invierten sus impuestos en los países menos desarrollados. Las agencias responsables para la asignación de estos fondos buscaron el método para valorar y comparar las alternativas de inversión, lo que implicó el interés en el análisis costo-beneficio. Sin embargo, las características económicas circunstanciales de los países menos desarrollados difieren de los países

más desarrollados. Es decir, los precios de mercado están más distorsionados en los países menos desarrollados y, por tal razón, dichos precios no son medidas útiles para determinar una valoración social. Algunos factores que inciden en esto, es la mala distribución del ingreso y el alto riesgo e incertidumbre que existe como resultado de políticas ineficaces y de mercados monopólicos.

La creciente aplicación del análisis en los Estados Unidos y alrededor del mundo es sugerida por su alcance para una amplia variedad de decisiones en numerosos campos. El análisis costo-beneficio fue creado para valorar gastos alternativos públicos como proyectos de agua y de transportación, así como programas urbanos, de educación, de salud, de políticas de nutrición y proyectos de control de la contaminación y preservación de especies en peligro. Una experiencia de más de sesenta años ha sido acumulada por el mismo, que ahora engloba diversas técnicas de valoración que están disponibles para ayudar a decisiones políticas en una gran variedad de áreas.

Actualmente en México se ha dado relevancia a la evaluación económica para los proyectos de inversión, ya sea para infraestructura económica o social. En el diario oficial (Diario Oficial, 2004) se publicó el Manual de Normas Presupuestarias para la Administración Pública Federal. El acuerdo consiste en lo siguiente: "Artículo 75. Las dependencias deberán contar con el dictamen favorable de un experto sobre el análisis de factibilidad técnica, económica y ambiental y, en su caso, sobre el proyecto ejecutivo de obra pública para:

Los nuevos proyectos de infraestructura productiva de largo plazo;

Los nuevos programas y proyectos de inversión en infraestructura de hidrocarburos, eléctrica, de transporte, incluyendo carreteras, cuyo monto total de inversión sea mayor a 100 millones de pesos y, en el caso de infraestructura hidráulica, mayor a 50 millones de pesos, y

Las adiciones que representen un incremento mayor al 25 por ciento, en términos reales, del monto total de inversión registrado conforme al último análisis costo y beneficio presentado para actualizar la Cartera, tanto de proyectos de infraestructura productiva de largo plazo como de inversión presupuestaria, cuyo monto total y tipo de infraestructura correspondan a lo señalado en la fracción anterior.

Las dependencias deberán obtener el dictamen y remitirlo a la Unidad de Inversiones, en los términos que establezcan el Presupuesto de Egresos y los lineamientos a que se refieren las fracciones IV y V del artículo 76 de este Manual.”

La Secretaría, por conducto de la Subsecretaría de Egresos, previo dictamen favorable del experto, podrá establecer, a su juicio, condiciones específicas adicionales para la realización de los programas y proyectos de inversión, en el ámbito de su competencia.

1.1 El marco teórico

A continuación se presenta la teoría en la que se basa el análisis costo-beneficio para evaluar proyectos de inversión. El análisis costo-beneficio es una herramienta para la toma de decisiones y se enfoca en el bienestar de una comunidad, región o sociedad. Para que se asegure la eficiencia económica en la asignación de recursos y se consigan las máximas ganancias en el bienestar social se necesita usar un procedimiento de evaluación que esté basado en una sistemática y cuidadosa valoración. El análisis costo-beneficio es uno de estos procedimientos, que es un método desarrollado para la evaluación social de políticas públicas (proyectos de inversión). En la metodología de costo-beneficio se identifican todas las potenciales ganancias y pérdidas. Posteriormente, se convierten en unidades monetarias y se comparan sobre el fundamento de las reglas de decisión para determinar si la propuesta es deseable desde el punto de vista de la sociedad.

El análisis costo-beneficio se diseñó particularmente para la evaluación de proyectos públicos (Nas, 1996) y el resultado del proyecto siempre se evalúa sobre el fundamento del interés público. Por el contrario, en el análisis financiero, todos los costos y beneficios relevantes se miden con los precios de mercado observados. La valoración en el análisis costo-beneficio se hace con precios corregidos por la distorsiones en los mercados. Es importante notar que los costos y beneficios se miden en términos de una ganancia y pérdida social, que se refleja con el flujo de efectivo. Los costos y beneficios externos (externalidades negativas o positivas) se incluyen en la evaluación.

1.1.1 Los fundamentos teóricos y la racionalidad del análisis costo-beneficio

El análisis de un proyecto público requiere una estructura general dentro de la cual se puedan identificar y valorar los costos y beneficios desde una perspectiva social. La

economía del bienestar y las finanzas públicas proveen los fundamentos teóricos para dicha estructura. Estas áreas justifican la preocupación del gobierno en la economía y el grado en que el gobierno puede influir en el sector privado, además de analizar la naturaleza de su impacto en el nivel de bienestar de la sociedad.

La intervención del gobierno en la economía se debe a los fallos de mercado: la competencia imperfecta, la información incompleta, la inhabilidad de proveer bienes públicos o la presencia de externalidades. Todos estos fallos impiden el cumplimiento hacia el progreso del mercado con una determinada asignación social y normas distributivas. El gobierno como proveedor a través del aumento de los fondos públicos (vía impuestos) o pidiendo prestado provee una variedad de bienes y servicios públicos. El gobierno como regulador interviene cuando el mercado se ve afectado por externalidades negativas. El gobierno toma medidas por medio de la legislación de leyes y la regulación de precios cuando el mercado privado está dominado por unas pocas firmas que restringen el trabajo del mercado.

Otro rol del gobierno es mantener la distribución del ingreso sobre las líneas de bienestar social establecidas. La distribución del ingreso se consigue a través del mercado privado pero puede diferir de los niveles de deseos sociales y da lugar que unos grupos con escasos recursos estén en desventaja para la generación de un ingreso adecuado. Para reducir la distancia de grupos con ingresos bajos, el gobierno implementa planes correctivos: recauda impuestos progresivos para redistribuir el ingreso por medio de varias formas de donaciones federales o programas sociales. Todas estas formas de intervención pública tienen un profundo impacto en los recursos de la sociedad.

1.2 La eficiencia económica, distribución del ingreso y el mecanismo del mercado

Los fundamentos teóricos para el análisis de proyectos públicos y la descripción de las reglas de eficiencia para realizar decisiones sobre costos y beneficios se basan en: el óptimo de Pareto, las tres condiciones de eficiencia, la función de bienestar social, el mecanismo de mercado y los fallos de mercado.

1.2.1 La norma de eficiencia: óptimo de Pareto

Las decisiones de reasignación de recursos en una economía de libre mercado se basan sobre la información que genera el mecanismo de precios. Es decir, cuando los

precios varían, los productores tienden a ajustar su producción buscando maximizar sus ganancias (minimizan pérdidas). Si como resultado de las variaciones de los precios, una industria en particular llega a tener mayores ganancias, las firmas ya establecidas en la industria aumentarán su producción. Además, nuevas firmas entrarán a la industria y desviarán recursos a esta industria, disminuyendo los usos productivos de la anterior industria y, por lo tanto, aumentando el bienestar social. Por otro lado, si una industria incurre en pérdidas económicas, las firmas que temporalmente pierden contraerán su producción y las que pierden en el largo plazo salen de la industria en busca de mayores expectativas de ganancias. Este proceso continúa hasta que el mercado tiende a un nivel de asignación donde no es posible ninguna mejora en el bienestar social. Tal asignación en la producción es conocida como óptimo de Pareto.

Se debe notar que la definición de eficiencia pareteana es limitada. Es decir, esta solamente se aplica a las decisiones de reasignación que mejoran el bienestar común de la sociedad. En otras palabras, si mejora el bienestar del último individuo sin que empeore ningún otro individuo. En casi la mayoría de las situaciones del mundo real, un aumento del bienestar se hace a expensas del empeoramiento de una última persona; esto implica que las ganancias en el bienestar se pueden ver más como mejoras potenciales que como mejoras pareteanas.

Los individuos que se benefician de una reasignación deben ser capaces de compensar a aquellos individuos que perdieron. Cuando éste es el caso, una reasignación de recursos que aumenta el beneficio social neto puede ser juzgada como una mejora potencial pareteana.

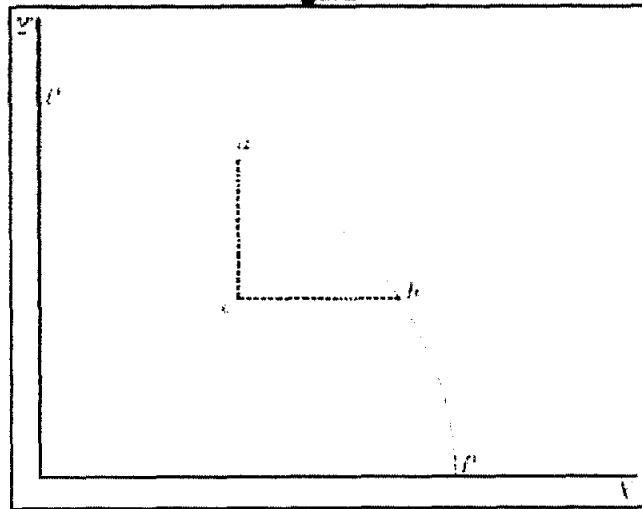
1.2.2 Las tres condiciones de eficiencia

1.2.2.1 La eficiencia en la producción

La eficiencia en la producción se representa por una reasignación de recursos donde no es posible incrementar la producción de un bien sin reducir la producción de otro. Tales reasignaciones se ilustran por la curva de frontera de posibilidades de producción *PP* (Figura 1.1). La curva *PP* ilustra lo máximo que se puede obtener de las cantidades de dos bienes (*X* y *Y*). Estos bienes pueden ser producidos dado una dotación de recursos y la tecnología. Los puntos *a* y *b* sobre la frontera representan la eficiencia de Pareto. Aquellos puntos por debajo de la frontera, como el punto *c*, representan usos de recursos ineficientes. A través de movimientos de *c* a cualquiera

de los dos puntos a o b , el producto se puede incrementar en un sector con una reducción del producto en otros sectores. Por ejemplo, cuando la combinación del producto cambia de c a b , la producción de X aumenta con ningún cambio correspondiente en la producción de Y . De c a a , la producción de Y aumenta con ninguna disminución en la producción de X . Una vez que la frontera se alcanza, movimientos adicionales en los factores puede dar como resultado un incremento en la producción en un sector a expensas de otro.

Figura 1.1



Un movimiento de a a b puede causar que la utilización de los factores se alteren en los dos bienes (X y Y), resultando un aumento en la cantidad de X y una disminución en la cantidad de Y producida. La tasa a la que Y se convierte en X es llamada tasa marginal de transformación ($TMgT_{xy}$).

1.2.2.2 La eficiencia en el intercambio

Obteniendo el óptimo en la reasignación de recursos se requiere también la presencia de eficiencia en el intercambio. Esto simplemente implica que para una particular asignación sea un óptimo de Pareto necesita una combinación eficiente del producto producido, además de una asignación eficiente entre los consumidores.

La eficiencia en el intercambio se consigue cuando es imposible mejorar a un individuo sin empeorar a otro. En el modelo de dos individuos (A y B) y dos bienes (X y Y), los dos individuos A y B se asume que tienen una función de utilidad que representa la preferencias del consumo para combinaciones alternativas de X y Y . Una importante propiedad de la función de utilidad es la disminución de la tasa de

sustitución entre X y Y. Para tener más de X, un individuo tiene que disminuir Y para mantener el mismo nivel de utilidad.¹

La tasa a la que X es sustituida por Y se llama tasa marginal de sustitución técnica de X y Y ($TMgST_{xy}$). Esta tasa mide la disposición de los individuos de sustituir X y Y para un determinado nivel de utilidad. Por ejemplo, para cada unidad adicional de X el individuo debe proporcionar unas cuantas unidades de Y para mantener el mismo nivel de utilidad.

Se debe notar que cuando $TMgST_{xy}$ de A difiere de la $TMgST_{xy}$ de B, cualquier reasignación de X y Y entre dos individuos puede aumentar el bienestar de uno o de los dos individuos sin que ninguno empeore.

Una asignación eficiente que corresponde a una particular combinación del producto se puede conseguir cuando $TMgST_{xy}$ de A es igual a la $TMgST_{xy}$ de B. Para esta asignación, no es posible hacer que A y B mejoren sin que otros empeoren.² La eficiencia en el intercambio se obtiene cuando dicha asignación se consigue.

1.2.2.3 La asignación eficiente

Para satisfacer la condición de asignación eficiente se debe cumplir que en el intercambio y en la producción las condiciones de eficiencia se conozcan. Es decir, la tasa a la que los bienes se producen ($TMgT$) debe ser igual a la tasa a la que los consumidores están dispuestos a sustituir un bien por otro ($TMgST$). Se debe notar que cada punto en la frontera de posibilidades de producción corresponde a diferentes asignaciones entre los dos individuos que satisfacen la condición de eficiencia en el intercambio. Cuando todos estos puntos en la frontera de producción son considerados, el número de posibilidades de asignaciones eficientes son infinitas. Por que una canasta de bienes producidos eficientemente (un punto en la frontera de producción dado una $TMgT$) pueden asignarse entre A y B a distintas tasas, hay una última asignación en particular donde:

¹ Combinaciones alternativas producen el mismo nivel de utilidad representadas con una curva de indiferencia. Como se discute en el Anexo A, una curva de indiferencia representa todas las posibles combinaciones de dos bienes donde el individuo es indiferente.

² Esta situación y otra combinación conduce a la misma igualdad mostrada por la curva de contrato que ilustra todas las posibles combinaciones de X y Y y que se pueden asignar entre A y B en un particular nivel de producto.

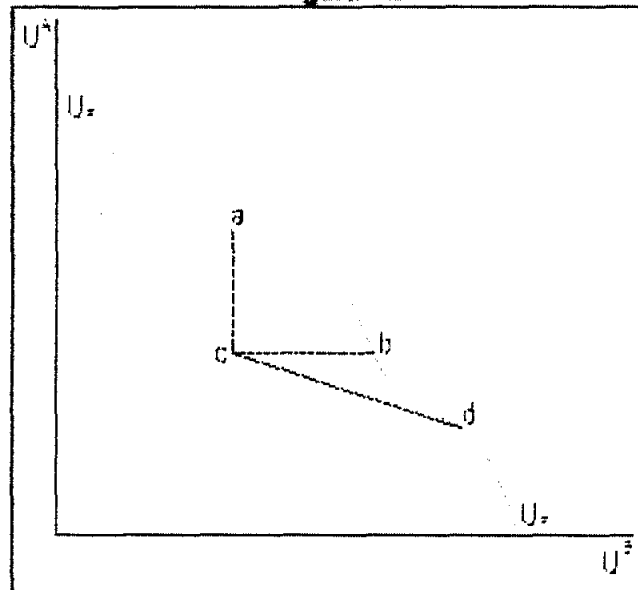
$$TMgT_{xy} = TMgST_{xy}$$

Esta es la asignación donde se cumple simultáneamente las condiciones de eficiencia en el intercambio y en la producción.

Cuando tales asignaciones se consiguen, la tasa a la que los bienes se sustituyen en la producción es igual a la tasa a la que se intercambia en el consumo. Por ejemplo, si $TMgT_{xy}$ es igual $TMgST_{xy}$ y equivale a $3/2$, quiere decir que dos unidades de X se pueden producir solamente dando tres unidades de Y , y los dos individuos A y B están dispuestos a aceptar dos unidades de X dando a cambio tres unidades de Y .

Tales asignaciones están representadas por la gran frontera de utilidad ($UF-UF$), que se muestra en la Figura 1.2. La gran frontera de utilidad se deriva de la frontera de posibilidades de producción y muestra las posibles asignaciones de cada combinación de producción eficiente, especificando solamente los puntos donde $TMgT_{xy}$ es igual a $TMgST_{xy}$. Cuando solamente se ilustra estos puntos donde la producción y el intercambio son eficientes, la frontera representa todas las combinaciones eficientes del bienestar entre A y B .

Figura 1.2



Como se muestra en la Figura 1.2, un movimiento de a a b , representa una mejora en el bienestar de B , esto es solamente posible a expensas de reducir el bienestar de A . Se debe notar que los puntos por debajo de la gran frontera de utilidad

son ineficientes por que es posible mejorar el bienestar con un reordenamiento de recursos para los diferentes niveles en la frontera. Por ejemplo, el bienestar representado por el punto c , puede mejorar moviéndose al punto a o al punto b , o a otra posición en el rango ab . Otra reasignación en el triángulo acb puede incrementar el bienestar de uno o de los dos individuos sin que ninguno empeore.

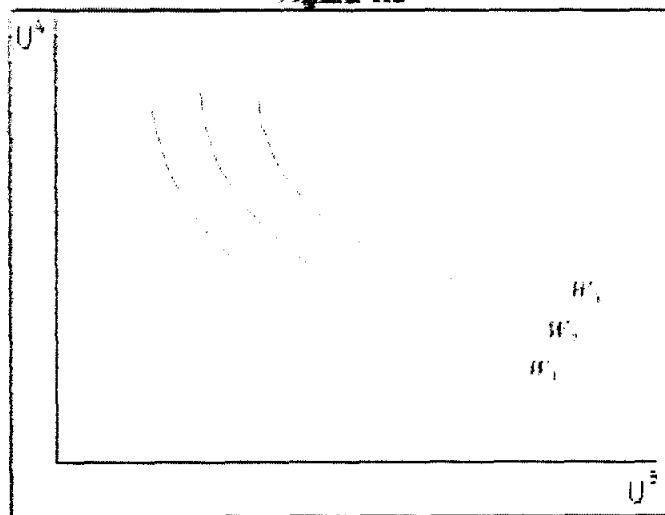
También se debe notar que una reasignación de recursos de c a d no cumple el criterio de Pareto por que B mejora a expensas de A . Este movimiento está definido como una potencial mejora pareteana en el sentido que d es superior a c , y el movimiento al punto d puede ser posible si B puede compensar a A por la pérdida resultado de dicha reasignación. Este movimiento se conoce como mejora Kaldor-Hicks y comúnmente se usa en las normas de eficiencia en el análisis costo-beneficio.

1.2.3 El óptimo de Pareto y la función de bienestar social

Usando el criterio de óptimo de Pareto se puede distinguir entre eficiencia e ineficiencia en la distribución de utilidad y jerarquizar estas distribuciones que están situadas en la gran frontera de utilidad como superiores a las que se encuentran por debajo de la frontera. El análisis de Pareto no provee un marco conceptual para comparar estas dos soluciones que son eficientes. Tales comparaciones envuelven juicios éticos y requieren de la formulación de normas sociales distributivas.

La Figura 1.3 muestra una función de bienestar social que refleja la distribución ética de la sociedad. Las curvas sociales de indiferencia W_1, W_2, \dots, W_n representan las combinaciones alternativas de las utilidades individuales a la que la sociedad es indiferente. Un movimiento a lo largo de estas curvas representa ningún cambio en el bienestar social. Cuando la utilidad de un individuo aumenta, las otras utilidades individuales declinan si la sociedad mantiene constante el nivel de bienestar. Se mejora el bienestar social solamente cuando el movimiento de la curva se aleja del origen: W_2 representa un nivel mayor que el bienestar de W_1 y W_3 es mayor que W_2 y W_1 .

Figura 1.3

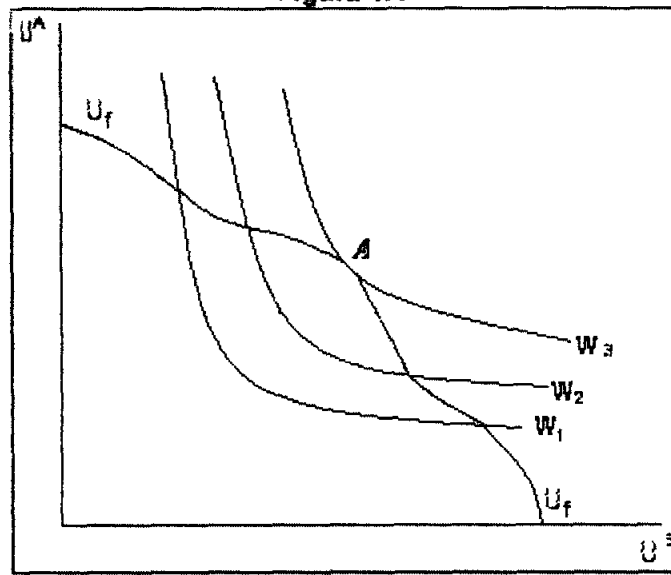


Estas curvas se representan en la gran frontera de utilidad en la Figura 1.4. El punto A, punto de tangencia entre la frontera y la mayor curva de indiferencia social, muestra una situación donde la sociedad puede conseguir una máxima asignación de bienestar. Este punto es superior a cualquier otro punto en la frontera, por consiguiente, este punto es eficiente y equitativo desde una perspectiva social.

Debe notarse que una máxima asignación se consigue a diferentes niveles de bienestar dependiendo de los pesos distributivos asignados. Por ejemplo, la forma funcional usada en la Figura 1.4 satisface el criterio de óptimo de Pareto, es decir, si la utilidad de un individuo aumenta cuando las otras utilidades permanecen constantes, el bienestar social debe incrementarse.³

³ Esta función la uso primero Abram Bergson y se refirió a la función social de bienestar Bergson-Samuelson.

Figura 1.4



Existen numerosas formulaciones que son extensamente usadas en el análisis económico y que involucran temas distributivos. Dos de ellos son el utilitarismo y la justicia distributiva Rawlsiana.⁴

1.2.4 El mercado determina la asignación y la eficiencia

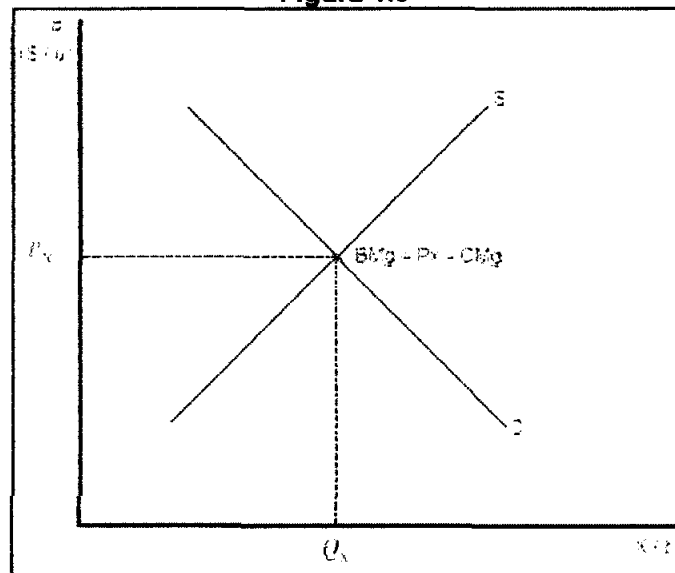
El teorema fundamental del estado de bienestar económico señala que el mecanismo de operación del mercado en un ambiente de competencia perfecta produce soluciones de óptimos de Pareto. Un mercado perfectamente competitivo se caracteriza por las siguientes condiciones: i) existe libre disposición de información perfecta acerca de las transacciones de mercado, consumidores, propietarios de recursos y la maximización de las firmas; esto quiere decir, que las firmas escogen la producción del producto que les de el mayor beneficio neto; ii) las firmas son tan pequeñas con relación al total del mercado que no pueden influir en el precio. Cada firma es un tomador de precio: está ofrece un producto homogéneo a muchos compradores a un precio de mercado. Las prácticas de precio líder y la existencia de monopolio contraen los niveles de producción y por regla quedan excluidos; iii) no existen barreras o impedimentos estructurales que prevengan a las firmas entrar o salir de una industria. Los recursos son completamente móviles y las firmas son capaces de entrar libremente si una industria es rentable o salir si hay expectativas de pérdidas; iv) todos los factores de producción son de propiedad privada.

⁴ Para una mejor comprensión del utilitarismo y la justicia distributiva Rawlsiana se puede ver Nicholson (1997), pág. 543.

Asumiendo que los supuestos se satisfacen el mecanismo de mercado genera diferentes precios a través de la oferta y la demanda. Del lado de la demanda del mercado los consumidores escogen niveles de consumo donde los beneficios que ellos reciben de unidades adicionales del producto (beneficio marginal) equivalen al precio que existe en el mercado. Del lado de la oferta la producción eficiente se consigue en el nivel donde el costo de producir una unidad adicional (costo marginal) equivale al precio de mercado. De este modo del lado de la demanda y la oferta del mercado se puede obtener una solución eficiente donde el precio de mercado equivale al beneficio marginal y al costo marginal.

En la Figura 1.5 se muestra una línea con pendiente negativa D que representa la función de demanda indicando las cantidades que los individuos están dispuestos a comprar a los diferentes precios. El precio está inversamente relacionado con la cantidad; a un menor precio, se demanda cantidades mayores. Cuando el precio disminuye, los consumidores maximizan consumiendo unidades adicionales hasta el punto donde el precio es igual al beneficio marginal. Por lo tanto, para cada punto en la curva de demanda, los individuos maximizan escogiendo niveles de consumo, donde el beneficio que reciben de la última unidad del producto de lo que compran es igual al precio que ellos pagan.

Figura 1.5



La curva con pendiente positiva S es la curva de oferta que indica las cantidades de los bienes que se producen para ofrecerse a los diferentes precios. La relación entre el precio y la cantidad es directa: a cantidades mayores se ofrece a un costo marginal mayor y requiere precios altos para que las unidades adicionales sean

factibles para los productores. Cuando los precios se incrementan, los productores maximizan ofreciendo unidades adicionales de producto hasta el punto donde el precio equivale al costo marginal.

En la Figura 1.5 se muestra que el precio P_x se obtiene cuando el beneficio marginal es igual al costo marginal. En este precio de equilibrio, los mercados proveen un nivel de producto Q_x donde el costo de producir la última unidad adicional equivale a la valoración del consumo marginal de esta unidad. Este equilibrio corresponde a la solución de un óptimo de Pareto. Cualquier otra combinación de precio-nivel de producción es ineficiente. Por ejemplo, para niveles de producción por debajo de Q_x los beneficios esperados de una unidad adicional de producción exceden a los costos de producir la unidad adicional. Por lo tanto, producir cantidades adicionales pueden ser mejoras pareteanas por que cada unidad adicional producida puede sumar más al beneficio total que al costo total. La producción adicional tomará lugar solamente cuando el precio se consiga. Cualquier combinación de precio-cantidad después del equilibrio es ineficiente por que el costo marginal excede al beneficio marginal y de este modo suma más a los costos que a los beneficios.

Se debe señalar que el equilibrio de mercado produce asignaciones eficientes solamente cuando los mercados operan en un ambiente de competencia perfecta. Esto implica que: i) los niveles de precios en los mercados de insumos y bienes se determinan por las fuerzas de la oferta y la demanda; ii) las firmas se mueven fácilmente dentro y afuera de cualquier sector con perfecta movilidad de factores para asegurar el uso óptimo de los recursos; iii) no existe otra forma que el mecanismo de precio para asumir la racionalidad de los recursos; iv) los precios de los bienes reflejan el costo de oportunidad de los factores empleados en sus producciones. La ausencia de cualquiera de estas condiciones puede hacer que el mercado falle y que la eficiencia no se consiga.

1.2.5 Los fallos de mercado

El origen de los fallos de mercado es la información imperfecta. Normalmente, se dificulta la obtención de información relevante y a veces no existe, y si existe, los individuos a veces no están enterados de su disponibilidad. Esto supone limitaciones a la conducta maximizadora del individuo, puesto que el alcance de la información no esta disponible para hacer decisiones racionales.

La competencia imperfecta y las externalidades también son orígenes de los fallos de mercado. Para el caso de una industria, existen barreras que bloquean la entrada y estas pueden ser resultado de prácticas monopolísticas. Las barreras contraen los niveles de producción, mantienen los precios por debajo de los niveles competitivos y, por consiguiente, conducen a una asignación ineficiente de los recursos. Cuando se presentan externalidades, los costos marginales excluyen a los costos impuestos a terceros o la demanda de mercado deja afuera a los beneficios sociales. Cualquiera que sea, los costos marginales sociales se desvían de los beneficios marginales sociales, llevando a una mala asignación de recursos.

Otro fallo es la incapacidad del mercado de asignar recursos al sector público, ya que el mercado sirve a los individuos y a las necesidades sociales. Los bienes públicos requieren hacer decisiones colectivas para su provisión. A diferencia de un bien privado, un bien público una vez que ha sido producido, llega a estar disponible para todo individuo, a una cantidad determinada, cualquiera que sea el precio que el individuo pague. De esta manera, el vínculo entre la disposición a pagar y los beneficios esperados se reducen llevando a la necesidad de un marco teórico alternativo para examinar las cuestiones de eficiencia en el sector público.

Todos estos fallos distorsionan el trabajo del mecanismo de precios y causan que el mercado se desvíe de su nivel ideal de eficiencia, puesto que el principal impacto es en la estructura de precios. Todas las imperfecciones generan divergencias entre los precios observados y los costos de producción en los mercados de los productos y los factores, causando una sub o sobreutilización de recursos.

Cuando la desviación es mínima, las implicaciones de las distorsiones del precio y la asignación de los recursos no tienen consecuencias y, cuando éste es el caso, el precio y los beneficios reflejan los verdaderos valores de escasez de los recursos de la sociedad y sus movimientos intraindustriales son los correctos. Por lo tanto, las medidas correctivas son innecesarias. Sin embargo, cuando la economía se desvía significativamente de su nivel ideal, la intervención del gobierno se justifica. El gobierno detrás de su función como proveedor de bienes públicos realiza políticas públicas para conducir a un uso óptimo de los recursos en las áreas donde el mercado falla.

1.3 Los fallos de mercado, eficiencia económica y decisiones colectivas

En el mundo real existen numerosas causas para que la eficiencia económica no se consiga, incluyendo la incapacidad del mercado para proveer adecuadamente bienes colectivos. Algunas de estas causas son la presencia de externalidades y la competencia imperfecta. El origen de la ineficiencia en cada caso es la desviación de los beneficios marginales sociales de los costos marginales sociales.

Un ejemplo es el problema de *free rider*, el cual explica que el monto total que los individuos están dispuestos a pagar por un bien público es muy pequeño para justificar su provisión. Es decir, si el bien se produce a un nivel que satisface únicamente las necesidades de aquellos individuos que han revelado su disposición a pagar por el bien, el beneficio marginal se desviará del costo marginal social de producir el bien conduciendo a una subutilización de recursos.

Otro ejemplo son las externalidades negativas, o sea, cuando los costos marginales privados excluyen los costos impuestos a terceras partes. Para el caso de externalidades positivas, el beneficio marginal privado deja afuera los beneficios externos. Los costos marginales sociales para ambos casos se desvían de los beneficios marginales sociales conduciendo a una sobre o subproducción y de este modo a una mala asignación de recursos. Una situación similar es el caso del monopolio, es decir, en el nivel de producción donde se maximizan las ganancias privadas, el precio de mercado excede a los costos marginales y tiene como resultado un nivel inferior comparado con el nivel de producción competitivo.

Las distorsiones de precios causados por las decisiones sobre financiamiento y el gasto del gobierno también llevan a una mala asignación de recursos. El gasto y las políticas de impuestos comúnmente interfieren con el mecanismo de precios y cambia la naturaleza de las decisiones en el mercado. Por tales efectos que distorsionan el mercado, los gobiernos y los que toman decisiones colectivas trabajan para conseguir resultados sociales, ya que estos resultados no se pueden conseguir a través del mercado. Las dos prioridades del gobierno son: i) mejorar la eficiencia económica en la asignación de recursos y, ii) conseguir un nivel de bienestar basado en las normas sociales distributivas. Adicionalmente, el gobierno determina medidas y regulaciones para promover la eficiencia económica y la redistribución del ingreso en favor del bienestar social. Las tres áreas donde el gobierno interviene en el mercado privado son: los bienes públicos, las externalidades y las estructuras de mercado de competencia imperfecta.

1.3.1 La eficiencia en presencia de bienes públicos

Los bienes públicos puros tienen dos características fundamentales: i) ~~ausencia de rivalidad~~ y, ii) la imposibilidad de excluir a nadie de su consumo. El consumo en ausencia de rivalidad se refiere cuando el consumo individual no impide a los demás de consumir el mismo bien. Por ejemplo, un programa de radio público, una vez que está en el aire, está disponible para todo individuo y la simple sintonización por parte de un individuo no excluye a otras para que escuchen el mismo programa. Similarmente, la información pública que se proporciona por las agencias federales en temas tales como salud, medio ambiente y regulaciones para que los bienes sean seguros están disponibles para todos los ciudadanos.

Los bienes públicos una vez que son producidos y suponiendo que sus costos son insignificantes, la existencia de un consumidor más aumenta el beneficio total por el mayor consumo. El costo de proveer estos bienes a un individuo adicional son cero. Puesto que, el beneficio social neto será necesariamente positivo.

En la realidad el principio de exclusión aplicado a los bienes públicos no se cumple, ya que en una comunidad dichos bienes están disponibles para todos los individuos, incluyendo aquellas personas que no están dispuestos a pagar por ellos y que puede ser costoso monitorearlos. Por ejemplo, la prohibición del acceso a un parque público no congestionado puede requerir la construcción de una barda, una cerca y de un guardia para excluir a los que no están dispuestos a pagar. El principio de exclusión solamente se puede aplicar para algunos bienes públicos tales como carreteras, puentes y playas públicas.

1.3.2 Las condiciones de eficiencia para bienes públicos puros

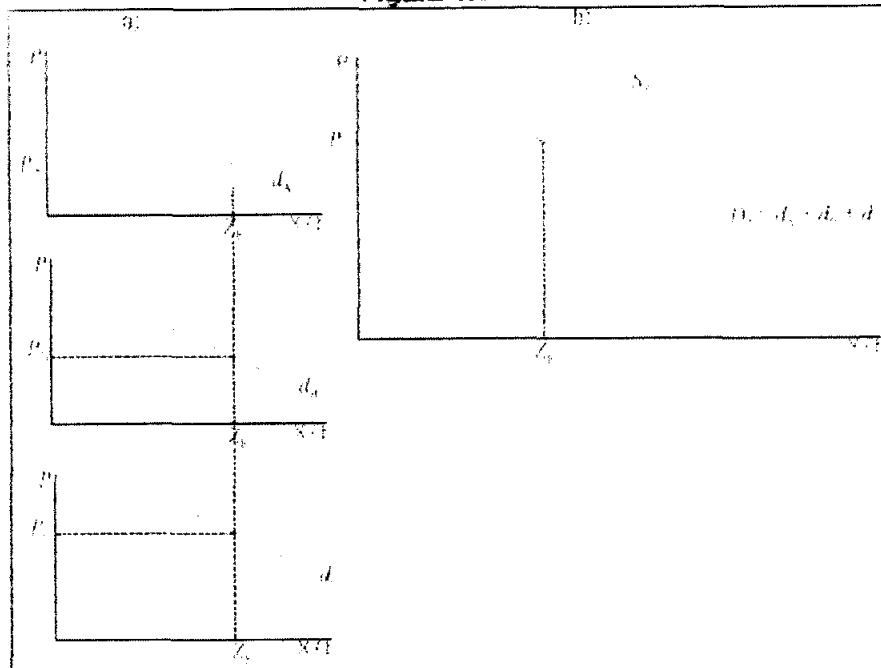
Antes de describir las condiciones de eficiencia para bienes públicos se debe hacer distinción entre los bienes privados y éstos. El precio de un bien privado se determina en el mercado, es decir, los individuos deciden cuánto consumir a un determinado precio. Pero para el caso de los bienes públicos, la comunidad decide cuánto pagar para una cantidad colectiva. En otras palabras, la curva de demanda del bien privado se deriva por la suma horizontal de las curvas individuales, en cambio, la curva de demanda de un bien público se deriva verticalmente.

Para determinar la demanda de provisión para un bien público se busca conocer el beneficio marginal para cada una de las unidades producidas, esto para

valorar socialmente el beneficio de todos los que consumirán. En la Figura 1.6a se describe lo anterior y supone a tres individuos en una comunidad que valora en distinta forma la provisión del bien público, es decir, el primer individuo valora la cantidad Z_E en P_A , el segundo en P_B y el tercero en P_C . Como se había mencionado, la demanda de un bien público es la suma vertical de las demandas individuales, es decir, la suma de las demandas d_A , d_B , y d_C . Por consiguiente, para la comunidad en su conjunto la provisión de la cantidad Z_E se valora por la suma de P_A , P_B y P_C que equivale a P_Z (ver Figura 1.6b). Se debe observar en la Figura 1.6a que para la construcción de la demanda de esta comunidad hipotética existirán distintas valoraciones de los individuos dependiendo de la cantidades proveídas (mayores o inferiores a la cantidad Z_E).

Para examinar las condiciones de eficiencia en la presencia de bienes públicos puros se considera la tradicional curva de demanda y de oferta que se muestra en la Figura 1.8b. La curva de oferta (S_Z) indica los costos marginales de producir unidades adicionales del bien público (Z); la curva de demanda (D_Z) muestra las cantidades de Z que la comunidad está dispuesta a tener a los costos alternativos. Suponiendo que es una comunidad pequeña con tres individuos, los patrones de demanda, d_A , d_B , y d_C representan las disposiciones a pagar de los individuos a cantidades alternativas del bien. En equilibrio, el precio del bien (P_Z) es el total de las valoraciones individuales ($P_Z = P_A + P_B + P_C$); ellos indican las cantidades de unidades monetarias que la sociedad está dispuesta a pagar colectivamente por la cantidad Z_E . Como se muestra en la Figura 1.6a, para la cantidad Z_E los tres individuos están dispuestos a pagar P_A y P_B y P_C , respectivamente.

Figura 1.6



Otra distinción entre un bien privado y un bien público se relaciona con la condición de eficiencia. La condición de eficiencia de un bien privado requiere que el beneficio marginal de cada individuo sea igual al precio de mercado. La eficiencia en presencia de un bien público requiere el cumplimiento de la condición de eficiencia agregada y la condición de eficiencia marginal. Estas son:

$$\sum BM = CM = P_Z \quad (1)$$

y

$$BM_A = P_A$$

$$BM_B = P_B \quad (2)$$

$$BM_C = P_C$$

De acuerdo con la condición de eficiencia agregada (1), el costo de producir Z_E debe ser igual a la suma de los pagos individuales del bien y deben ser iguales a la suma de los beneficios individuales. La condición de eficiencia marginal (2) requiere que cada valorización individual de Z_E sea igual a la cantidad monetaria que un individuo está dispuesto a pagar.

Por lo tanto, considerando (1) y (2), la eficiencia en el sector público es teóricamente posible cuando la provisión del bien satisface (1) y el método de financiamiento del bien es compatible con la solución de libre mercado que se representa por (2). Bajo este esquema de financiamiento voluntario cada individuo contribuye de acuerdo con su propia evaluación marginal y los pagos recibidos de todos los individuos dan como resultado el total P_Z . Esta forma de financiamiento se conoce como el sistema de impuesto proporcional de Lindahl.⁵

Se debe notar que cualquiera que sea la situación del mundo real, una cantidad eficiente de un bien público puede no producirse debido a una inadecuada revelación de preferencias. Puede haber una tendencia de los individuos a ser "free riders", ocultando sus verdaderas preferencias del bien y evitando los pagos, especialmente cuando el bien es proveído a través del financiamiento voluntario. Cuando este es el caso, la suma de las preferencias reveladas podría ser muy pequeña para justificar la provisión del bien. A veces, el bien público se produce en cantidades insuficientes y la suma de los beneficios marginales privados pueden ser tales que únicamente pueden justificar un nivel de producción que satisface la demanda de aquellos individuos que revelaron sus preferencias. Es decir, a causa de que el beneficio marginal social (incluyendo los beneficios de los que no pagan) excede al costo marginal del bien, la producción del bien es insuficiente y, por lo tanto, tal asignación conduce a una subutilización de recursos en el sector público. Esta situación provoca que el financiamiento obligatorio en la provisión de bienes públicos sea un problema.

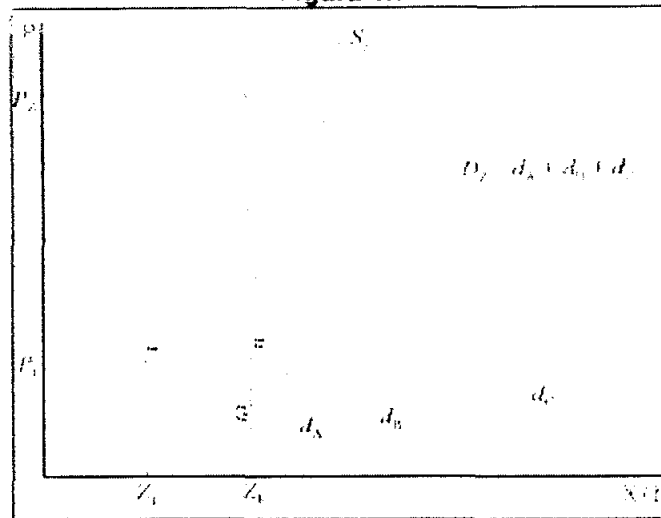
1.3.3 El financiamiento obligatorio

Los proyectos que producen bienes públicos solamente pasan el examen de eficiencia si el sistema de impuesto proporcional de Lindahl se puede operar. Esto es adicional a la condición de agregación eficiente. En dicho sistema, los pagos de cada persona por el bien deben de estar en línea con las preferencias individuales. Lo que se busca con el sistema es averiguar si voluntariamente los individuos pueden conseguir una asignación eficiente, o sea, si los individuos pueden acordar pagar impuestos a cambio de los beneficios que les reportan los bienes públicos.

Las proporciones del impuesto se determinan por partes iguales para todos los individuos, es decir, cada individuo contribuye con el mismo monto de financiamiento del bien público para la cantidad Z_E (ver Figura 1.7).

⁵ Para una mejor interpretación del impuesto de Lindahl, ver Nicholson (1997), pág. 535.

Figura 1.7



Para la cantidad Z_E cada individuo contribuye con 1/3 del costo del bien público. Para el precio (impuesto) P_1 solamente la condición de eficiencia marginal de B se satisface. Esto se debe a que Z_E corresponde al punto donde el beneficio marginal de B es igual al impuesto.

Las ganancias del proyecto se muestran en la Figura 1.7 por las distancias verticales entre P_1 y las esperadas demandas individuales de A y C a la cantidad del bien público que se incrementa de Z_1 a Z_E . Sin embargo, se debe notar que donde sea que la producción se incremente de Z_1 a Z_E , el individuo A incurre en pérdidas. En el punto Z_E , el individuo A prefiere un resultado donde pueda conseguir una menor proporción del impuesto. Pero al impuesto P_1 , A incurre en pérdidas representadas por el área FGH. En el punto Z_E la condición de eficiencia se satisface y los beneficios netos son mayores a cero.⁶

Se debe notar que el resultado de la Figura 1.7 no es eficiente en sentido estricto. Cuando el producto se incrementa de Z_1 al equilibrio de bienestar Z_E , B y C ganan mientras que A incurre en pérdidas. Tal asignación es una mejora potencial pareteana, siempre y cuando exista la posibilidad que C y B transfieran una proporción de sus ganancias a A. Si la transferencia no se realiza, el proyecto satisface el criterio potencial pareteano si el resultado de la ganancia es mayor a la pérdida. En las aplicaciones empíricas, la regla de una mejora potencial pareteana es más conveniente, por que es suficiente seleccionar un proyecto con la regla de un mayor beneficio neto sin preocuparse acerca de los pagos compensatorios que se necesitan hacer.

⁶ Para una mayor discusión de las ganancias y pérdidas, ver Gramlich (1990), pág.33-51.

1.3.4 La eficiencia en presencia de externalidades

Las externalidades son costos y beneficios impuestos a terceras partes, estas no son mal intencionadas y sus efectos no se trasladan a través del mecanismo de precio. Los ejemplos de externalidades negativas más comunes son los costos asociados con la contaminación industrial producidos por el mismo proceso productivo. Cuando las externalidades existen las firmas suelen no responsabilizarse del daño que ellas causan. Los costos de producción excluyen los costos asociados a la contaminación y los individuos afectados por dicha externalidad pueden no ser compensados por el daño causado por las firmas.

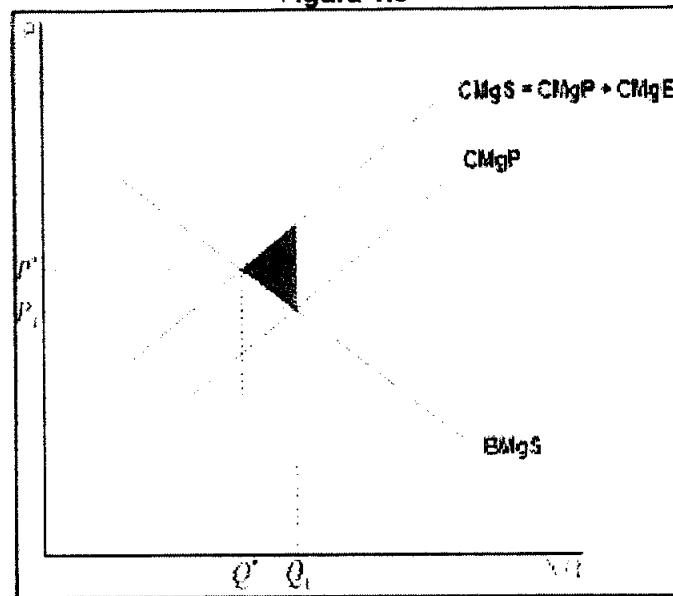
El origen del problema en este u otro caso de externalidades negativas se debe a que los recursos no tienen leyes de propiedad adecuadas, no existen o no se pueden ejecutar. Por ejemplo, consideremos la función de producción:

$$Q = f(K, L, E)$$

donde: K es el capital, L es trabajo y E es un recurso (tal como el aire o una vía fluvial, que está disponible libremente para los productores).

Puesto que E es libre para los productores (pero no libre de una perspectiva social) se sobreutiliza, es decir, el nivel de producción está por encima de su nivel social óptimo. En la Figura 1.8 se muestra el costo marginal privado ($CMgP$) que incluye el costo de capital (K), trabajo (L) y de todos los insumos que los productores pagan. El costo marginal externo ($CMgE$) es el costo asociado a la utilización de E y no se incluye en $CMgP$. El $CMgE$ simboliza el daño impuesto a las terceras partes que resulta de utilizar E . Los $CMgE$ se incluyen en los costos marginales sociales $CMgS$. Como se muestra en la Figura 1.8, el $CMgS$ es igual $CMgP$ más $CMgE$.

Figura 1.8



En la Figura 1.8 se muestra que el nivel óptimo de producción desde la perspectiva de la firma es Q_1 , ya que es el nivel donde el $CMgP$ es igual al beneficio marginal privado ($BMgP$). Sin embargo, es también un nivel donde el $CMgS$ excede al $BMgS$, causando ineficiencia en la asignación de recursos. Desde una perspectiva social, la producción se debe ubicar en Q^* , donde el $CMgS$ intercepta al $BMgS$. Esta intersección indica que los productores son responsables del daño causado, es decir, el costo externo lo internalizan los productores y, por consiguiente, el equilibrio se alcanza.

Para las externalidades, tanto negativas como positivas, el nivel eficiente de producción (Q^*) se consigue una vez que la externalidad se internaliza. En el caso de externalidades negativas, los productores deben pagar por el recurso libre o compensar por los daños, resultado de una sobreutilización del recurso. En el caso de las externalidades positivas, la producción aumenta a su nivel social si se aplican instrumentos como subsidios o incentivos.

1.3.5 La internalización de efectos externos

Las externalidades se pueden internalizar por mutuo acuerdo de las partes o corregirse a través de la intervención del gobierno. La negociación privada entre las partes involucradas provee una solución eficiente, siempre y cuando los costos de negociación sean mínimos. Con el acercamiento de los individuos involucrados se alcanza un satisfactorio y mutuo acuerdo que es compatible con la solución de libre mercado.

La intervención del gobierno se lleva a cabo solamente cuando falla la negociación para corregir el problema. El gobierno interviene a través de medidas correctivas y busca los estándares de producción establecidos. Las externalidades se controlan por seguimientos de ciertos procesos, por ejemplo, el control de la emisión que busca reducir la probabilidad de daño al medio ambiente. Este control se lleva a cabo a través de pagos correctivos (conocido como ajuste de Pigou) y permisos de contaminar. Sin embargo, los productores también requieren ser estimulados para moverse hacia niveles eficientes de producción.

1.3.6 La internalización a través de negociación

De acuerdo con el teorema de Coase, la internalización de las externalidades se pueden conseguir a través de la negociación privada sin la intervención del gobierno.⁷ Para explicar el teorema se expone el clásico ejemplo cuando una planta industrial contamina un río cercano y el afectado es el pescador que usa el río. En este ejemplo se supone la propiedad del río es de la planta. El pescador puede intentar negociar con el propietario, esperando que la planta pueda ponerse de acuerdo en no sobreutilizar el río. Bajo la existencia de leyes de propiedad, una solución óptima puede alcanzarse de la siguiente forma: i) la negociación se puede llevar a cabo y su duración puede prolongarse hasta que el pescador esté dispuesto a pagar más que la ganancias netas de la planta cuando contamina el río, ii) el propietario puede disponerse a reducir la producción, siempre y cuando la compensación sea mayor que la pérdida neta de realizar esta reducción y iii) el pescador se dispondrá a pagar, siempre y cuando la compensación sea menor que el costo por la contaminación el agua. En tales negociaciones, la solución de óptimo de Pareto se puede alcanzar.

En el ejemplo anterior, para que la negociación se solucione las leyes de propiedad no deben definirse en favor de la planta. Es decir, el resultado puede permanecer en un óptimo de Pareto si el pescador tiene leyes de propiedad del río. Bajo este supuesto, las negociaciones se pueden llevar a cabo siempre y cuando la planta propietaria esté dispuesta a pagar más que las ganancias netas del pescador y si el río se usa exclusivamente por el pescador. El pescador también puede no disponerse a pescar siempre y cuando la compensación sea mayor que la pérdida neta del no uso del río. En cualquiera de los casos, las negociaciones producen un resultado que se puede considerar eficiente en un sentido de Pareto.

⁷ Para una mayor discusión del teorema de Coase, ver Nicholson (1997), pág. 530.

En está y en similares situaciones, la eficiencia económica se consigue una vez que se establecen las leyes de propiedad sobre los recursos. Las leyes de propiedad se asignan a grupos específicos o a la sociedad.⁸ A los grupos que tienen leyes de propiedad sobre sus bienes permitirán que sus recursos puedan ser usados siempre y cuando reciban una adecuada compensación. Los recursos privados o públicos que tienen leyes de propiedad son solamente un prerrequisito para la utilización eficiente de los recursos.

En el ejemplo anterior, el problema de la externalidad se solucionó por la negociación privada. En dicha negociación se supuso que los costos de transacción eran insignificantes. Sin embargo, puede suceder que el número de las terceras partes se incrementen y, por consiguiente, los costos por transacción aumenten lo que puede llevar a que las negociaciones se compliquen. Por ejemplo, puede costar demasiado tiempo, esfuerzo y dinero conseguir un arreglo entre una compañía que origina la mayor contaminación del aire y que este en una jurisdicción amplia.

Aunque los costos de transacción sean significativamente bajos pueden tener problemas con las preferencias reveladas. Por ejemplo, algunos individuos afectados pueden escoger no participar en una acción legal. Por lo tanto, existe un problema de "free rider" similar al caso del bien público, es decir, cuando los individuos escogen no contribuir con el costo del pleito (no revelan su preferencia), puede producirse un monto insuficiente del bien. En el caso de la contaminación del aire significa un menor nivel de producción que un nivel óptimo de contaminar.

Otro problema con la solución privada respecto al problema de externalidad es que es distributivo. El resultado de la negociación puede ser eficiente sin que se establezcan leyes de propiedad sobre los recursos. Es decir, en la negociación quien se beneficia del arreglo privado debe estar en paralelo con las normas sociales distributivas. Por consiguiente, la insuficiencia en la información acerca del nivel de exposición de contaminantes al medio ambiente, los desacuerdos, las ambigüedades implicadas en la existencia de la legislación de leyes de propiedad y la internalización a través de la intervención del gobierno son razones para que la solución privada no se lleve a cabo.

⁸ En un proyecto público, la existencia de leyes de propiedad se toman como un dato dado. Pero siempre que cambie la situación, el análisis de costo-beneficio se puede emplear para comparar los beneficios y los costos de dichos cambios.

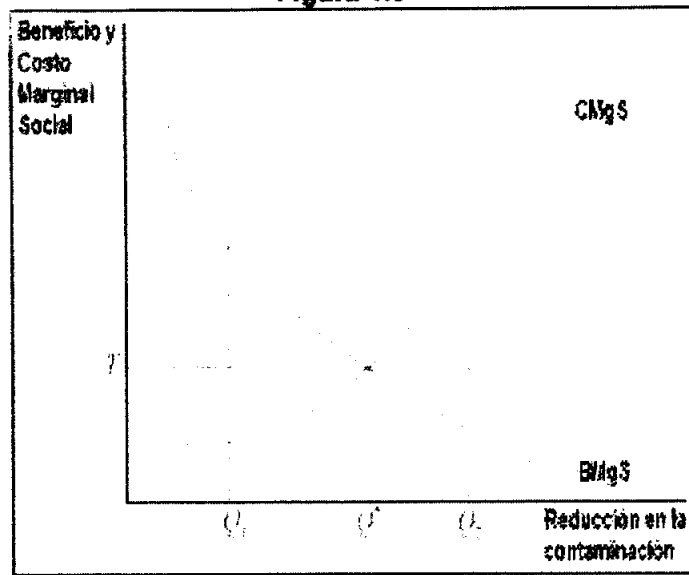
1.3.7 La internalización a través de la intervención del gobierno

El gobierno internaliza los efectos externos (externalidades) poniendo estándares de producción, impuestos o subsidios y subastando permisos para contaminar. El gobierno aplica dichos estándares a la producción para reducir la probabilidad de problemas externos. Algunos estándares son obligatorios por parte del gobierno para restringir y monitorear el nivel de contaminación generada por los productores. Alternativamente, los impuestos (pigouvianos) y los subsidios se asignan por el gobierno para controlar los efectos externos. Los impuestos son recaudados para minimizar el daño al medio ambiente como es el caso de la contaminación del aire. Los subsidios se proveen cuando el producto está por debajo del nivel social deseable como en el caso de las vacunas para controlar epidemias.

Los economistas en el sector público aplican impuestos pigouvianos y son más frecuentes que los estándares de producción, por que estos son más adecuados con la solución de libre mercado. En el caso de externalidades negativas donde el origen del problema es la disponibilidad de un bien económico que no le cuesta al usuario, la solución es imponer una multa o un impuesto para que el usuario economice y trate al recurso como cualquier otro bien por cual se paga. En el caso de externalidades positivas los beneficios se los apropian las terceras partes y la solución para alcanzar un nivel óptimo en la producción es proveer un subsidio como una forma de compensación.

El nivel óptimo de abatimiento a la contaminación se puede conseguir de la siguiente manera: i) recaudando a través de un impuesto pigouviano y, ii) estableciendo un permiso de contaminación. La imposición de un impuesto pigouviano se muestra en la Figura 1.9. La curva con pendiente negativa son los beneficios marginales sociales ($BMgS$) que muestra el mejoramiento de la calidad del medio ambiente. La curva de $BMgS$ supone que se recicla o se limpia la primera unidad de contaminación y que es socialmente mayor y benéfica que haciéndola con la siguiente unidad. Los costos marginales sociales ($CMgS$) por reducciones adicionales en la contaminación se muestra por una curva de pendiente positiva y explica el costo que tiene para la sociedad reducir la contaminación.

Figura 1.9



En la Figura 1.9, el nivel óptimo de abatimiento de la contaminación de la sociedad se representa por Q^* , donde Q^* es el punto que el *BMgS* intercepta al *CMgS*. El nivel óptimo se puede conseguir por un impuesto que se representa por una línea horizontal *T*. Un impuesto que se grava sobre una firma que contamina es el precio por el no uso del aire; esta situación forzará a la firma a economizar sobre el pago del recurso. Cuando la firma paga el impuesto buscará producciones alternativas más eficientes para reducir el nivel de contaminación. Por ejemplo, en la Figura 1.9 la firma puede cuestionar el nivel de producción Q_1 , ya que estaría mejor si usa un proceso de producción más eficiente para reducir el nivel de contaminación, ya que en este nivel el monto del impuesto excede el costo de reducir la contaminación a causa de la política de abatimiento. En Q_2 los *CMgS* exceden al impuesto, induciendo a las firmas a pagar el impuesto.

Cabe señalar que las firmas se pueden dirigir hacia Q^* por medio de una subasta de permisos por contaminar. Es decir, las firmas ofrecen por contaminar montos iguales al nivel dado de Q^* . A este precio óptimo que corresponde a un nivel óptimo de abatimiento de la contaminación, las firmas tienen la elección de pagar por contaminar o la adopción de procesos de producción más ecológicos.

1.4 Los principios del análisis costo-beneficio

La condición de una potencial mejora paretiana, también llamada regla de Kaldor-Hicks, es un criterio más práctico que el óptimo de Pareto, debido a que justifica cualquier reasignación siempre y cuando se incrementen los beneficios netos

sociales.⁹ Es decir, una reasignación puede mejorar el bienestar social incluso a pesar de que alguien empeore, siempre y cuando quienes se benefician compensen a aquellos que pierden. En este sentido la reasignación se considera como una mejora.

La presencia de fallas de mercado es la principal razón por la que el gobierno interviene en el mercado privado. En teoría, cada política de intervención busca la maximización del bienestar social, con lo que subsecuentemente se alcanzan soluciones de equilibrio de conformidad con regla de Kaldor-Hicks (Gramlich, 1990).

En este sentido, el tema de la evaluación de proyectos es pertinente, ya que un proyecto público puede afectar al menos el bienestar de tres grupos: i) aquellos individuos que resultan beneficiados por el proyecto, ii) los contribuyentes que proveen los fondos para el proyecto y, iii) aquellos individuos que incurren en pérdidas una vez que el proyecto se ha implementado. Por esta razón, las partes afectadas por el proyecto deben identificarse, además de calcular sus pérdidas y ganancias, para determinar si el proyecto es viable desde el punto de vista de la sociedad.

La implementación de un nuevo proyecto público requiere de insumos que son recién producidos o bien son atraídos de otros sectores de la economía. Dentro del típico análisis costo-beneficio, las valoraciones sociales de estas inversiones son cuantificadas y comparadas en términos monetarios con respecto al total de beneficios esperados provenientes del proyecto. El proceso de evaluación está formado por varias etapas, cada una pone atención tanto en los detalles como en el total de los beneficios y costos acumulados por distintos grupos en diferentes períodos de tiempo; determinando si como consecuencia de la aplicación del proyecto existen pérdidas o ganancias y considerando muchos otros factores que pueden tener un impacto sobre la decisión de llevar a cabo el proyecto (Layard y Glaister, 1994).

1.4.1 Las etapas del análisis costo-beneficio

El análisis costo-beneficio se compone de cuatro etapas esenciales: i) identificación de costos y beneficios relevantes, ii) valoración de costos y beneficios, iii) comparación de flujos acumulados de costos y beneficios durante la vida del proyecto y, iv) selección del proyecto.

⁹ En la práctica cuando el valor presente neto (VAN) de un proyecto es positivo, la decisión lógica es que se lleva a cabo, pues sin duda el país se hace más rico. Sin embargo, el proyecto puede estar perjudicando a terceras partes o inclusive estar perjudicando a personas de un nivel socioeconómico bajo. En esta decisión se involucran juicios de valor y la misma ética para los que deben hacer tal decisión.

1.4.1.1 La identificación de costos y beneficios

En la primera fase del análisis se deben identificar todos los costos y beneficios atribuibles al proyecto y su relevancia debe justificarse. Un nuevo proyecto atrae factores de producción empleados en otras áreas. El traslado de estos factores hacia el nuevo proyecto generará una nueva producción y, al mismo tiempo, puede resultar una disminución de la producción en cualquier otro lugar de la economía. La tarea en esta etapa del análisis es identificar las pérdidas (costos) y estimar el valor de la producción (beneficios) que se producen por el proyecto.

La principal referencia en la identificación de los costos y beneficios es el criterio de eficiencia de Kaldor-Hicks. Este criterio se satisface siempre y cuando la aplicación de una política maximice los beneficios netos sociales. De acuerdo con esta regla, aquellos individuos que se benefician de un incremento en la producción pueden compensar a aquellos que pierden y permanecer aún en mejor situación que antes de la aplicación de la política.

Para determinar el beneficio neto derivado de la aplicación de una política, se necesitan calcular las ganancias y las pérdidas de todas las partes afectadas. Primero, el análisis tiene que distinguir los costos y beneficios que son históricos de los que son económicos. Los costos históricos o hundidos no son atribuibles al proyecto, por lo cual no tienen relevancia. Por ejemplo, la construcción de un centro de recreación se considera como un costo histórico puesto que es un gasto que ya ha sido realizado y no entra dentro de las decisiones de expandir o demoler el centro, ya que de ninguna manera es un costo recuperable. En cambio un costo económico es aquel que puede ser recuperable, o mejor dicho evitable, ya que por el solo hecho de no expandir o demoler el centro pueden ser evitados.

Una forma común de hacer la distinción entre costos históricos y económicos es considerar la situación con y sin proyecto, es decir, comparar los costos y beneficios en los que se incurre con y sin la aplicación del proyecto. Otra forma de hacer la distinción entre estos costos es diferenciando los efectos reales en la producción de los efectos monetarios en la producción derivados del proyecto. Los efectos reales en la producción son cambios en las posibilidades físicas de producción con un subsecuente cambio en el bienestar de la sociedad; por otra parte, los efectos monetarios son distributivos y crean ganancias no reales en el bienestar de la sociedad. Se debe tener cuidado en no realizar una doble contabilización de los costos

y beneficios, pues únicamente deben considerarse los que son realmente atribuibles a la realización del proyecto.

1.4.1.2 La valoración de costos y beneficios

La valoración de costos y beneficios es una tarea que requiere extremo cuidado y creatividad. Los elementos tangibles de un proyecto, tales como tierra, trabajo y capital tienen un precio de mercado. Esta información puede obtenerse fácilmente de los mercados competitivos. Normalmente, los precios de mercado representan valores económicos, pero algunas veces estos precios deben usarse con precaución. En ausencia de mercados competitivos, los precios de mercado no representan probablemente verdaderos valores de escasez. Por ejemplo, el precio de mercado del beneficio de un proyecto puede diferir de su costo de producción a causa de la distorsión de un impuesto. Para evitar que los beneficios no sobrestimen los costos del proyecto, pueden usarse los precios sombra (precio social o de cuenta), los cuales reflejan el verdadero costo de oportunidad de los factores de la producción.

Otro problema que se presenta al momento de medir los costos y los beneficios es la dificultad para evaluar elementos intangibles como el tiempo, la moral, factores ambientales, entre otros.

1.4.1.3 La comparación de costos y beneficios

En la tercera fase, el análisis del proyecto debe calcular el valor presente de los beneficios y costos del proyecto y, posteriormente éstos deben compararse con el valor presente de los costos de inversión. Para llevar a cabo lo anterior, los valores futuros de los beneficios se descuentan a una determinada tasa. La cuestión crítica en esta etapa es escoger una tasa de descuento apropiada. Normalmente, la tasa de descuento usada dentro del análisis costo beneficio es diferente a la usada en el análisis financiero. Esta última es conocida como la tasa de interés de mercado, la cual se determina en los mercados financieros. Esta tasa difiere de la tasa social de acuerdo con las preferencias en el tiempo, es decir, cuando en el mercado de fondos prestables está distorsionado por un impuesto del gobierno. La tasa de interés de mercado se desvía de la tasa social de descuento, por que la sociedad y el mercado privado ponderan de manera diferente la inversión.

El propósito de cualquier proyecto privado es la maximización de los beneficios privados y, para esto, es adecuado utilizar la tasa de interés de mercado para

descontar los flujos. Sin embargo, el análisis de un proyecto público utiliza una tasa social de descuento, la cual da lugar a una razón costo-beneficio diferente. Puesto que la implementación de un proyecto público transforma el consumo presente en consumo futuro, la tasa a la que se descuentan los flujos del proyecto debe ser atractiva desde el punto de vista de la sociedad.¹⁰

1.4.1.4 La selección del proyecto

En la fase final del análisis de un proyecto, los proyectos se deben jerarquizar tomando en cuenta que se tiene una cartera de proyectos factibles de realizar. Existen tres diferentes criterios para la selección de proyectos: i) la razón costo-beneficio, ii) el valor presente neto, y iii) la tasa interna de retorno. De acuerdo con estos tres criterios, el proyecto es aceptado cuando su razón costo-beneficio es mayor a la unidad, su valor presente neto es mayor a cero. En el caso de proyectos privados se deben realizar si su tasa interna de retorno es más elevada que la tasa de descuento privada y para el caso de proyectos públicos si es más elevada que la tasa social de descuento. Adicionalmente, el ranking de los proyectos puede hacerse en un orden que indique cuáles son más convenientes de ejecutar, o bien, cuáles deben ser ejecutados en primer lugar de acuerdo con el presupuesto asignado. Los más convenientes de ejecutar serán aquellos que presenten un valor presente neto más elevado.

1.5 Los efectos de asignación de proyectos públicos

Existen medidas alternativas para evaluar un cambio en el bienestar, las cuales se usan para identificar los beneficios netos de un proyecto público. Con ellas se construye un marco analítico para formular, identificar y evaluar todos los posibles resultados de asignación de un proyecto público. Estas medidas pueden ser identificadas por medio de un análisis de equilibrio parcial.¹¹

1.5.1 El excedente del consumidor

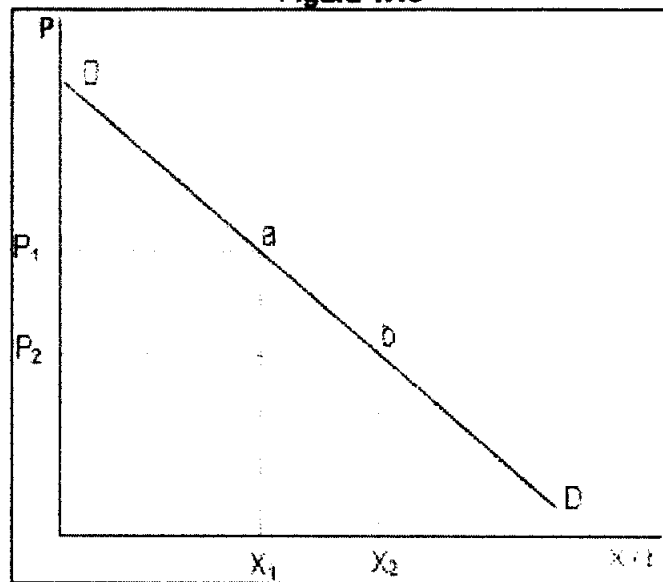
El excedente del consumidor es una medida monetaria del beneficio máximo que un individuo puede obtener de un bien a un determinado precio de mercado. Este

¹⁰ Para una mejor comprensión ver capítulo 2, pág. 62 de este trabajo.

¹¹ El análisis de equilibrio parcial pone atención únicamente en un mercado, asumiendo que los precios en otros mercados son constantes. Por otra parte, el análisis de equilibrio general considera la relación entre mercados, tomando en cuenta los efectos de los cambios en la demanda y en la oferta en otros mercados.

concepto fue introducido por Jules Dupuit en 1844 y después fue utilizado por Alfred Marshall en 1920, el cual se define como la diferencia entre la cantidad máxima que el individuo está dispuesto a pagar por un bien y el monto que realmente paga. Existen medidas alternativas para evaluar un cambio en el bienestar. Estas se usan para identificar los beneficios netos de un proyecto público. Con ellas se construye un marco analítico para formular e identificar todos los posibles resultados de asignación de un proyecto público (Mishan, 1988).

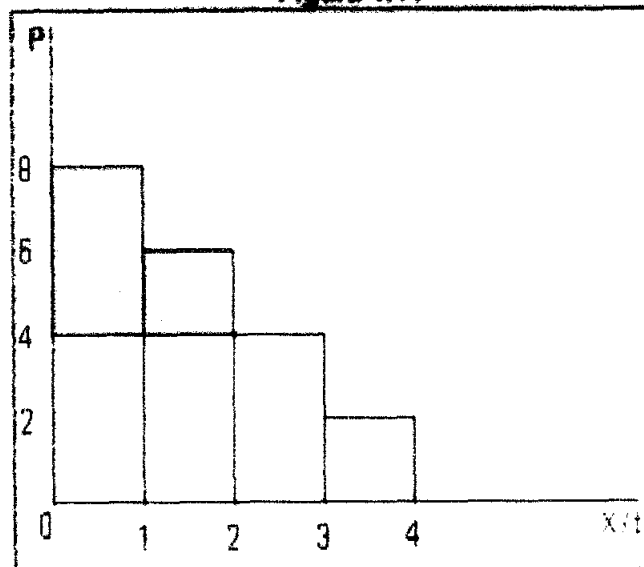
Figura 1.10



En la Figura 1.10 se muestra una curva de demanda ordinaria (Marshalliana) representada por DD . El área $ODaX_1$ indica la máxima cantidad que el individuo está dispuesto a pagar por X_1 unidades y el área OP_1aX_1 es la cantidad que realmente paga por el bien al precio P_1 . La diferencia es el área P_1Da , la cual representa el valor total del excedente del consumidor obtenido al consumir X_1 unidades.

Si el precio baja a un nivel P_2 , el excedente del consumidor corresponde al área contenida en el triángulo P_2Db , la cual es mayor que el área P_1Da . La diferencia entre estos dos triángulos P_1abP_2 , es el excedente del consumidor adicional que resulta de una disminución en el precio.

Figura 1.11



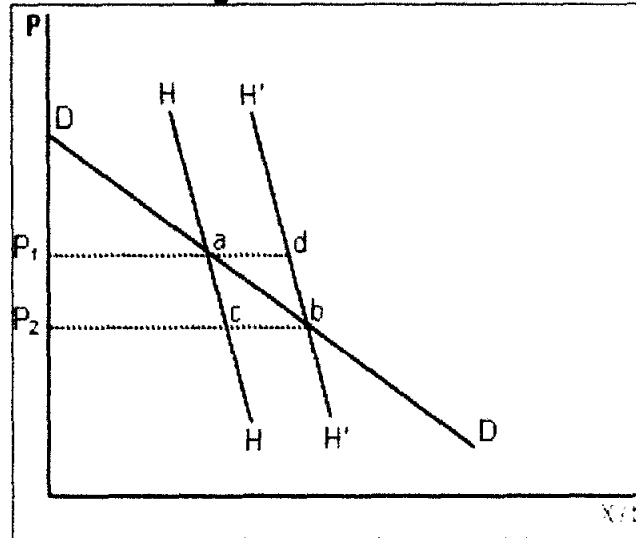
En la Figura 1.11 se muestra que el excedente del consumidor puede ser \$2 cuando el individuo adquiere dos unidades de bien al precio de \$6 cada una, asumiendo que el individuo está dispuesto a pagar \$8 por la primera y \$6 por la segunda. Al bajar el precio a \$4, el individuo adquirirá tres unidades y el excedente del consumidor se incrementará a \$6; el cambio en el excedente del consumidor es \$4.

Se debe destacar que el excedente del consumidor derivado de una curva de demanda ordinaria no es una medida exacta del efecto en el bienestar por un cambio en el precio. Una curva de demanda ordinaria asume un ingreso monetario constante y, consecuentemente, su uso dentro del análisis es cuestionable. Por definición, un movimiento sobre la curva implica dos efectos: el efecto ingreso y el efecto sustitución. Cuando el precio desciende, ambos efectos permiten que el individuo se mueva a una curva de indiferencia más alta. Por lo tanto, para obtener una medida exacta del efecto en el bienestar por un cambio en el precio, se debe eliminar el efecto ingreso y medir únicamente el efecto sustitución ante un cambio en el precio.

Para eliminar el efecto ingreso, se pueden utilizar una curva de demanda compensada (Hicksiana) en lugar de una curva de demanda ordinaria. En la Figura 1.12 se representan dos curvas de demanda compensadas, HH y H'H', respectivamente, que permiten al individuo mantener el mismo nivel de utilidad ante un cambio en el precio. Estas curvas suponen un ingreso real constante y sólo miden el efecto sustitución ante un cambio en el precio. Para el caso de bienes normales, las

curvas de demanda compensada presentan una pendiente más elevada que la curva de demanda ordinaria DD . El área bajo la curva DD , P_1abP_2 , representa la evaluación del individuo de un cambio en el precio, así como el cambio en el ingreso real del individuo. El área debajo de la curva HH , P_1acP_2 y el área debajo de la curva $H'H'$, P_1dbP_2 , miden únicamente el efecto sustitución, y estas son medidas precisas de la variación en el bienestar del consumidor por un cambio en el precio.¹²

Figura 1.12



1.5.2 La variación compensatoria y equivalente

Mediante las curvas de demanda compensada de la Figura 1.12 se pueden indicar medidas de variación compensatoria y equivalente.

1.5.2.1 La variación compensatoria

La variación compensatoria (VC) indica la cantidad que un individuo está dispuesto a pagar (aceptar) por una disminución o aumento en el precio para mantener su nivel de utilidad. En el caso en el que el precio disminuye de P_1 a P_2 , la variación compensatoria queda indicada por el área P_1acP_2 debajo de la curva HH en la Figura 1.12. Para el caso en el que el precio aumenta de P_2 a P_1 , esta variación está representada por el área P_1dbP_2 debajo de la curva $H'H'$.

1.5.2.2 La variación equivalente

¹² Para un análisis más detallado de las demandas ordinarias y compensadas, así como de los efectos ingreso y sustitución, véanse los Anexos B y C.

Por otra parte, la variación equivalente (*VE*) es la cantidad que se necesita para compensar al individuo que se abstiene de comprar un bien a un precio más bajo, o la cantidad máxima que el individuo está dispuesto a pagar para ser eximido de un precio alto y mantener el mismo nivel de ingreso real después del aumento en el precio. El área P_1dbP_2 es la cantidad de dinero que se necesita para compensar a un individuo que se abstiene de comprar el bien a un precio más bajo y no empeorar su situación. En consecuencia, el individuo acepta la oportunidad de comprar el bien a un precio de P_2 siempre y cuando reciba una suma de dinero que pueda mantenerlo al menos tan bien como antes del cambio en el precio. Una *VE*, en el caso de un incremento en el precio, queda representada por el área P_1acP_2 , que indica la máxima cantidad que el individuo está dispuesto a pagar por ser eximido de un precio alto, como es en este caso P_1 .

Las variaciones compensatorias y equivalentes juegan un papel importante en la estimación de los beneficios y costos dentro de la evaluación de proyectos. Estas son simples medidas por un cambio en la disposición a pagar (*DP*) de un individuo o por la disposición a aceptar un cambio (*DA*). Cuando se presenta una disminución en el precio o una mejora del bienestar, *VE* representa la disposición a aceptar una cantidad de ingreso en vez de un cambio en el precio o una mejora en el bienestar. Por otra parte, *VC* representa la cantidad que el individuo está dispuesto a pagar para mantener un precio bajo o la mejora en el bienestar.

Cuando hay un incremento en el precio o una pérdida del bienestar, la *VE* se convertiría en una medida de *DP*, indicando la cantidad que el individuo está dispuesto a pagar para ser eximido del cambio. En este caso, *VC* representa la cantidad que el individuo está dispuesto a aceptar y estar de esta manera de acuerdo con el cambio. Entonces, para medir las ganancias en el bienestar, se puede usar *VE* con (*DA*) o *VC* con (*DP*); y para medir pérdidas en el bienestar, se puede usar *VE* con (*DP*) o *VC* con (*DA*).¹³

1.5.3 El excedente del productor

Para el análisis del excedente del productor se supone que el costo de proveer una unidad adicional de un bien es constante. Dentro de un rango relevante de la producción, el costo unitario y el costo marginal es el mismo, y ambos son iguales al

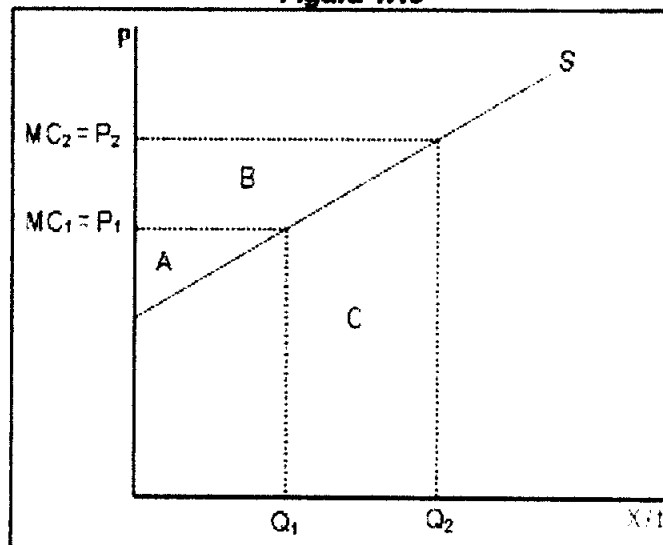
¹³ Para un análisis más detallado de las *VC* y *VE*, véase el anexo D.

precio recibido para cada cantidad producida. Bajo este supuesto, unidades adicionales de producto son proveídas al mismo precio.

Cuando el costo marginal se incrementa la producción también se incrementa y la curva de oferta toma una forma estándar. Lo anterior se muestra en la Figura 1.13 mediante una línea con pendiente positiva. Si el costo marginal es igual a P_1 , el nivel de producción es igual a Q_1 , y cuando el precio se incrementa, la producción se incrementa hasta que el costo marginal es nuevamente igual al precio. Se puede observar que cuando el precio es P_1 , todas las unidades dentro del rango de producción que va del origen hasta Q_1 se ofrecen al precio P_1 ; de esta manera, el productor devenga sumas adicionales por encima del respectivo costo marginal hasta que éste ofrece la cantidad Q_1 . Esto es lo que se llama excedente del productor, el cual queda indicado en la Figura 1.13 por el área A. Así pues, el excedente del productor es la diferencia entre el precio y la cantidad que el oferente está dispuesto a aceptar para proveer el bien (Mishan, 1988).

Cuando el precio se incrementa, el excedente del productor aumenta; cuando el precio desciende, el excedente del productor disminuye. Si el precio aumenta a P_2 , el nuevo precio excede el costo marginal correspondiente a Q_1 y esto provoca que la producción se expanda hasta el nivel Q_2 , donde el precio una vez más es igual al costo marginal. El área C es el cambio en el costo total variable y el área B es el incremento en el excedente del productor.

Figura 1.13



La curva de oferta representa el costo de oportunidad de proveer una unidad adicional de producto o, en su caso, si la curva indica la oferta de un factor de

producción, ~~esta~~ representa el costo de oportunidad de emplear una unidad adicional de ese factor. Es decir, el costo de oportunidad o precio sombra, indica en cuánto aumenta el beneficio al emplear una unidad adicional de ese factor. Por lo tanto, el excedente del productor, en cualquier caso, es la diferencia entre el valor de mercado del factor de producción y su costo de oportunidad.

1.5.4 Los beneficios y costos de un proyecto

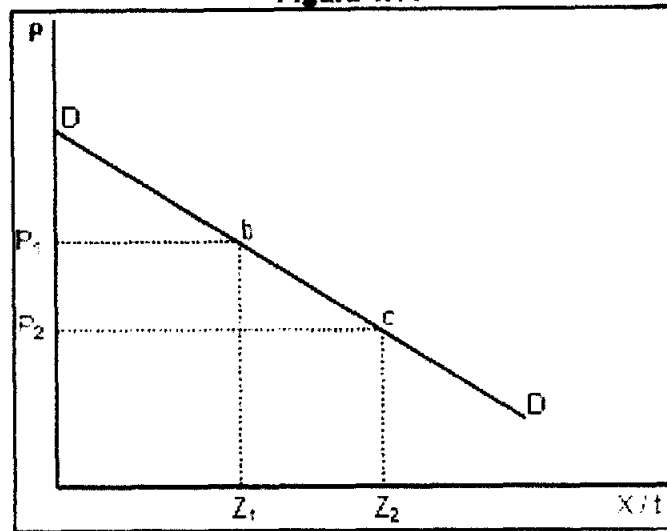
El principal propósito de cada proyecto es incrementar el nivel de su producción directa. Por ejemplo, un proyecto de una autopista mejora la eficiencia del tráfico a través del incremento del volumen de tráfico dentro de una distancia. Un proyecto agroindustrial para mejorar la calidad del procesamiento y envasamiento probablemente incremente los ingresos de la agricultura en una región. Un proyecto de vivienda diseñado para satisfacer las necesidades residenciales y mejorar las condiciones de vida en una área marginada podría probablemente incrementar el número de habitantes con vivienda entre la población objetivo. Los resultados previstos en cada uno de estos ejemplos son los beneficios directos esperados de los proyectos.

1.5.5 Los efectos reales

Los efectos reales pueden ser analizados utilizando el concepto de excedente del consumidor basado sobre cualquier curva de demanda ordinaria o curva de demanda compensada.¹⁴ Suponiendo que no existen imperfecciones de mercado y que la producción se realiza en un medio de costo constante, el efecto real directo de un proyecto puede mostrarse en la Figura 1.14 usando una curva de demanda ordinaria. El beneficio total de un proyecto público al nivel de producción Z_1 es el área $ODbZ_1$. Con costos totales determinados por el rectángulo OP_1bZ_1 , el beneficio neto generado está dado por el triángulo P_1Db .

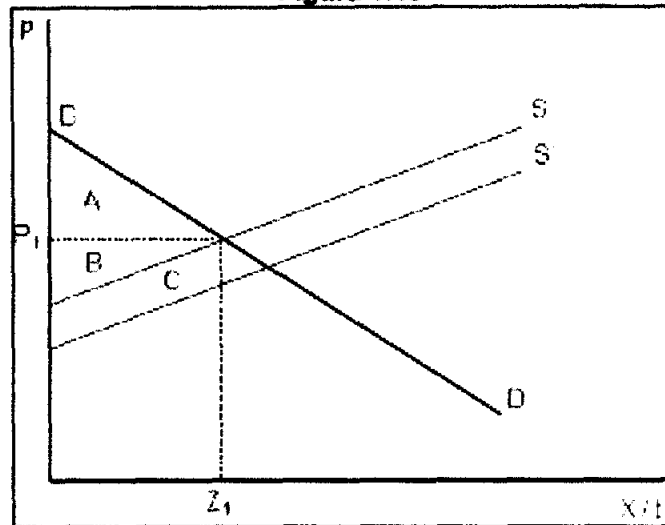
¹⁴ En este caso se realiza el análisis usando curvas de demanda ordinaria.

Figura 1.14



De manera alternativa, si se propone un nuevo proyecto para disminuir el costo de un programa público existente, es decir, si el precio disminuye de P_1 a P_2 , entonces el área P_1bcP_2 en la Figura 1.14 se convierte en la medida de los beneficios del proyecto. Esta es una típica representación de los beneficios de un proyecto bajo el supuesto de costos constantes.

Figura 1.15



Se debe resaltar que cuando la oferta tiene pendiente positiva (costos crecientes), los beneficios del proyecto consisten tanto en un excedente del consumidor como en un excedente del productor. Lo anterior se muestra en la Figura 1.15 por medio de las áreas A y B, respectivamente. De este modo, en el caso en el

que los costos son crecientes, un proyecto costo-ahorro que desplaza la curva de oferta de S a S' , tiene como resultado un incremento en el excedente del consumidor y en el excedente del productor. La suma de estos cambios se muestra en la Figura 1.15 como un incremento en los beneficios combinados, el cual se muestra mediante el área C .

1.5.6 Los efectos externos

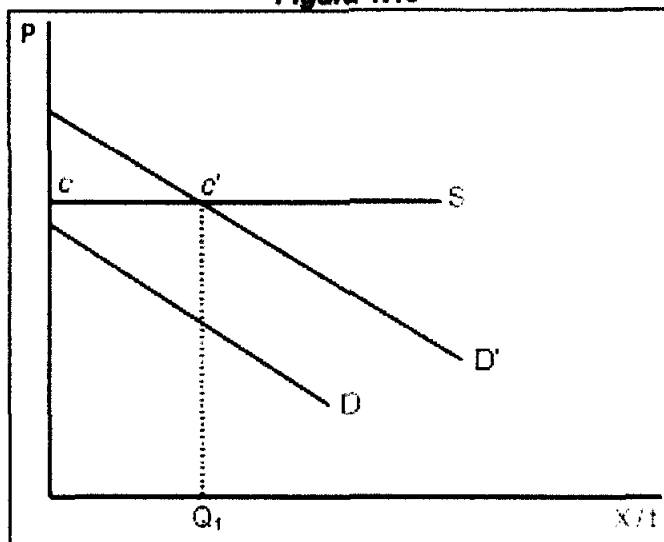
Además de los efectos reales de la producción, los efectos externos de un proyecto también tienen que ser considerados cuidadosamente y además deben ser distinguidos de los efectos pecuniarios externos.

Los efectos técnicos externos implican cambios en las posibilidades de producción física total, alterando el beneficio total de la sociedad. Por otra parte, los efectos externos pecuniarios son resultado principalmente de los cambios en los precios relativos tanto en el mercado de insumos como en el mercado de bienes, y consideran sólo resultados distributivos.

Como se discutió anteriormente, las externalidades técnicas son costos o beneficios impuestos sobre terceros. Por ejemplo, en el caso de un ejemplo de transporte, el incremento en el volumen de tráfico causa probablemente daño ambiental, tal como el incremento de ruido y la contaminación del aire. Otro ejemplo es el beneficio externo de una nueva carretera que podría incrementar la eficiencia en el transporte y tener impacto sobre los niveles de productividad en otras regiones.

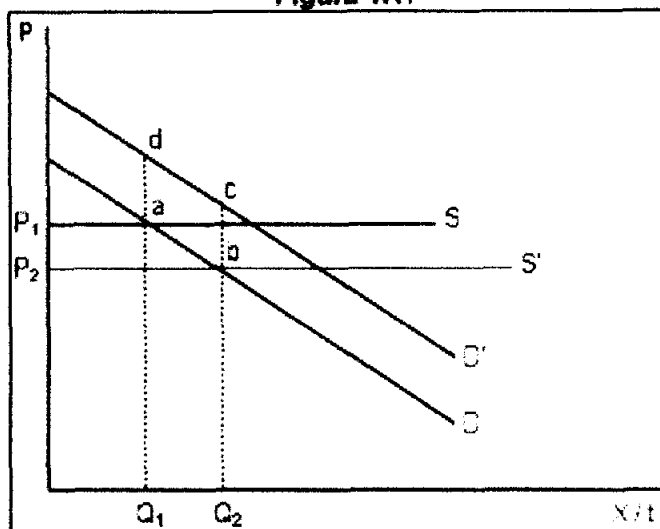
La omisión de estos efectos podría sobrestimar los costos del proyecto en el caso de costos externos, y subestimar los beneficios del proyecto en el caso de beneficios externos. Se puede considerar la causa de una sobreestimación de los beneficios del proyecto a través de los beneficios externos como se muestra en la Figura 1.16 donde D' y D son las curvas de demanda para un nuevo bien público con y sin beneficios externos, respectivamente. Si el proyecto es evaluado sobre la base de su demanda primaria excluyendo los efectos externos (D), entonces el cociente beneficio-costos podría sobrestimar su rentabilidad social, y probablemente resultaría en un rechazo del proyecto, lo cual puede llegar a una subutilización de los recursos públicos. Como se muestra en la Figura 1.16, con costos del proyecto por una cantidad $0cc'Q_1$, el cociente beneficio-costos puede ser pequeño cuando los beneficios son excluidos, pero grande cuando los beneficios son incluidos.

Figura 1.16



Identificar estos excedentes no es una tarea fácil, pero su omisión puede desviar los resultados de un análisis costo-beneficio y llevar a una mala asignación de los recursos. Para mostrar los efectos externos se debe hacer uso del excedente del consumidor como se muestra en la Figura 1.17. Suponiendo el caso de una industria con costos constantes, la producción sin proyecto es Q_1 , la cual queda determinada por la intersección de la curva de oferta horizontal (S) y la curva de demanda sin beneficios externo (D). Supóngase ahora un proyecto que desplaza hacia abajo la curva de oferta S' , generando ahorro de costos y excedente adicional ante un nuevo y más bajo precio P_2 . El área P_1abP_2 representa los beneficios primarios del proyecto y el área $abcd$ muestra el beneficio externo adicional que se genera por la realización del proyecto. Para determinar la rentabilidad de este proyecto, ambas áreas deben ser estimadas e incluidas en el análisis.

Figura 1.17



1.5.7 Los efectos pecuniarios

Los efectos reales externos no deben confundirse con los efectos pecuniarios externos. Los efectos pecuniarios externos también llamados efectos secundarios son ganancias y pérdidas de los productores que emplean o producen insumos o bienes que son idénticos o están estrechamente relacionados con los usados o producidos bajo consideración del proyecto (McKean, 1958).

Por ejemplo, la implementación de un proyecto puede dar como resultado un incremento en el precio de un insumo que el mismo proyecto utiliza, una disminución en el precio del bien que produce el proyecto, una reducción en el precio de bienes sustitutos o un incremento en el precio de bienes complementarios. Tales efectos son resultado principalmente de cambios en los precios relativos en los mercados privados e implican únicamente efectos redistributivos. Por lo que puede no haber ganancias netas sociales cuando se combinan todas las pérdidas y ganancias secundarias derivadas de un proyecto. Un flujo de ganancias secundarias asociadas a un proyecto puede contrarrestar un flujo de pérdidas en cualquier otro lugar de la economía.

Por ejemplo, el incremento de los beneficios de los restaurantes aledaños a lo largo de una construcción reciente de una carretera, son una transferencia del excedente del consumidor generado por la carretera que debió estar incluida durante el tiempo en que el proyecto estuvo siendo evaluado. En este caso el excedente

generado es estimado por el evaluador y todos los beneficios secundarios relacionados deben formar parte de la estimación. Por lo tanto, los efectos secundarios necesitan ser estudiados cuidadosamente debido a que la decisión de incluirlos en el análisis depende de la naturaleza del medio económico específico donde el proyecto está bajo consideración.

CAPITULO 2

LA METODOLOGÍA DE PROYECTOS DE AGUA

2.1 La teoría en la cual se basa la metodología

Antes de describir y ejemplificar la metodología para proyectos de agua potable conviene mencionar que existen principios básicos en la evaluación de proyectos que se deben cumplir cualquiera sea el tipo de proyectos (puertos, carreteras, agua, etc.). Estos principios son aplicables a todos los beneficios y costos de un proyecto.

En la fase de preparación y evaluación de proyectos, se plantean problemas relacionados con la valoración de los beneficios y de los costos que se imputan. Antes de la valoración, se procede a identificar los beneficios y costos. El principio es el siguiente: *los beneficios y costos atribuibles a un proyectos son aquellos que ocurren en la situación con proyecto optimizada, pero que no ocurren en la situación sin proyecto o situación actual optimizada*. Una vez identificados los conceptos, se deben cuantificar, es decir, determinar la cantidad de unidades físicas; luego se deben valorar dichas unidades (Ferrá, 2000).

Para valorar las unidades de cada bien o servicio que será producido por el proyecto se utiliza el concepto de costo de oportunidad. Es decir, los beneficios se deben a las unidades adicionales del bien o servicio que producirá el proyecto, suponiendo que se utilizan de la mejor forma posible. El costo se debe a la utilización de un recurso productivo y es lo que se pierde en unidades monetarias por utilizar las unidades adicionales del recurso productivo en el proyecto, suponiendo que si no fueran utilizadas en el proyecto tendrían el mejor uso posible.

Una vez hecha la valorización usando el criterio anterior, se debe verificar el cumplimiento de dos principios adicionales, aplicables a las definiciones de beneficios y costos del proyecto, respectivamente: i) El valor asignable a un beneficio no puede ser mayor que el menor costo de obtener ese mismo beneficio por una vía alternativa; ii) El valor asignable a un costo no puede ser mayor que el menor costo de evitarlo.

Los dos principios se relacionan con la definición de las situaciones con y sin proyecto, ambas optimizadas. La optimización de la situación actual o base es una fase importante para la preparación de un proyecto. Identificado el problema o la

necesidad insatisfecha por solucionar, es posible efectuar modificaciones de carácter administrativo o de gestión a la situación actual, tales que permitan su mejoramiento. Esta optimización generalmente altera, significativamente, los costos o beneficios operacionales de la situación actual. En general, se supone que los costos asociados a la optimización de la situación actual son menores que los beneficios que esta genera.

2.2 El valor social de la producción

La realización de un proyecto modifica la oferta de un bien o servicio y las demandas de insumos o factores usados en los procesos productivos. En el mercado del bien o servicio que producirá el proyecto se ofrecerán más cantidades al precio vigente, es decir, se experimentará un exceso de oferta del bien o servicio.

Si el proyecto no modifica el precio de mercado, se puede obtener el *valor social de la producción* simplemente multiplicando el precio de mercado por la cantidad de unidades que procura el proyecto.¹⁵ En algunos países, el sector público hace estimaciones de ciertos precios sociales usados con más frecuencia en la evaluación de proyectos. Estas estimaciones simplifica el proceso de evaluación, puesto que no es necesario hacer estimaciones para cada proyecto.¹⁶

Los beneficios directos de un proyecto se deben a la producción de bienes o servicios debido a su ejecución. En el proceso de la evaluación de proyectos se estima el *valor social de la producción* que es el verdadero valor que tienen para el país las unidades que serán producidas por el proyecto, por unidad de tiempo. Si el proyecto producirá varios bienes o servicios hay que sumar los valores sociales correspondientes a la producción de cada bien para cada periodo de operación del proyecto, y con ello se obtiene el flujo de beneficios directos.

En un mercado sin distorsiones y con condiciones normales, el desplazamiento de la curva de oferta provocado por el proyecto implicará que el precio del bien baje.¹⁷ Los consumidores podrán disponer de una mayor cantidad del bien o servicio a

¹⁵ En el caso hipotético de competencia perfecta, con ausencia de distorsiones y con pleno empleo, el precio social del bien o servicio proporcionado por el proyecto será aproximadamente igual a su precio de mercado.

¹⁶ Para la estimación de precios sociales se utilizan básicamente dos metodologías: los modelos globales de programación y el método de las distorsiones.

¹⁷ Bienes que para el país no son transables en el mercado internacional.

precios inferiores. Por otra parte, las unidades del bien o servicio se producirán en forma más eficiente debido al proyecto.¹⁸

Para obtener el *valor social de producción* de un proyecto, se determina el equilibrio de mercado en la situación sin proyecto, es decir, cuál será la cantidad transada y el precio en el respectivo mercado si no se ejecuta el proyecto. La Figura 2.1 muestra la situación de un mercado sin distorsiones y sin externalidades debidas al consumo o a la producción del bien.¹⁹ La curva de demanda del mercado (D) representa el beneficio marginal social (BMgS) de consumir unidades adicionales del bien y la curva de oferta de mercado (S) representa el costo marginal social (CMgS) de producir unidades adicionales del bien. Además, al no existir impuestos ni subsidios al consumo ni a la producción del bien, el precio de demanda coincide con el de oferta y resulta un equilibrio sin proyecto en el cual la cantidad transada es X_0 y el precio P_0 (punto B). El precio se expresa como pesos por unidad (\$/u) y la cantidad como unidades de X por periodo (X/t).

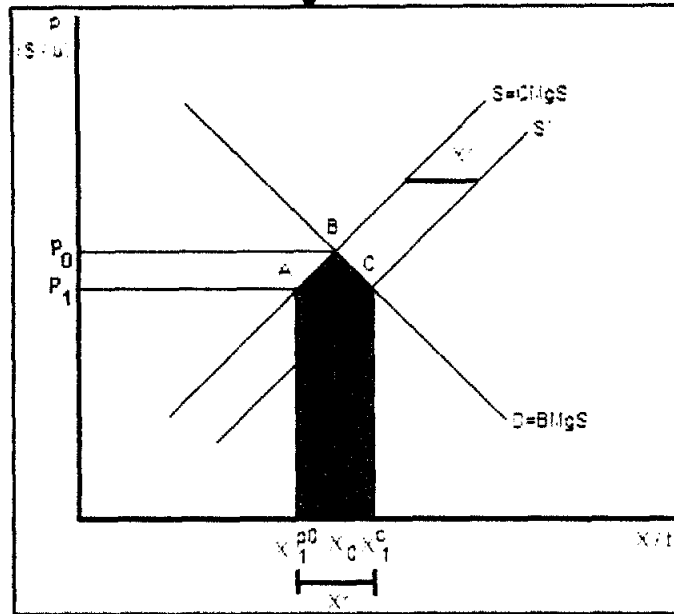
Una vez ubicada la situación sin proyecto, se simula lo que pasaría si un proyecto produce una cierta cantidad X^* por unidad de tiempo y la vende en el mercado. Para ello se traza la curva S' , que se obtiene sumando la cantidad X^* a la oferta de la situación sin proyecto. Es importante notar que la curva S' no es una verdadera curva de oferta, es solamente una forma de simular qué ocurre si un proyecto produce la cantidad X^* del bien.

El equilibrio en la situación con proyecto se obtiene donde la cantidad demandada es igual a la cantidad ofrecida, pero ahora teniendo en cuenta la cantidad ofrecida por el proyecto, es decir, se deben tener en cuenta la curva D y la S' . El precio es P_1 y la cantidad transada X^C_1 (punto C).

¹⁸ En una situación de competencia perfecta se requiere que cada productor pueda vender su producción a un precio fijo, que no puede cambiar o afectar por el hecho de vender.

¹⁹ No existe impuesto ni subsidio al consumo ni a la producción del bien. La eficiencia de la economía puede verse afectada por la existencia de impuestos o subsidios discriminatorios sobre bienes o servicios. Por discriminatorios se entiende impuestos o subsidios a distintas tasas que se establecen no por razones de eficiencia, sino para fines de recaudación o de privilegios.

Figura 2.1



Los cambios que se producen en el mercado como consecuencia del proyecto son: i) una disminución en el precio: induce a los demandantes a demandar una mayor cantidad del bien y obviamente si la cantidad demandada es mayor, la cantidad ofrecida debe serlo también; ii) puesto que la cantidad ofrecida tiene dos componentes, la producida por el nuevo proyecto y la producida por los otros oferentes en el mercado, los otros oferentes, al ver disminuido el precio que cobran por cada unidad del bien, decidirán ofrecer una cantidad menor, de acuerdo con su curva de oferta (punto A). En el Cuadro 2.1 se resumen los efectos del proyecto.

Cuadro 2.1

Efecto del Proyecto	Concepto	Cuantificar	Valoración
$X^d \uparrow$	Beneficio por mayor consumo. Ello significa una mayor satisfacción de necesidades y, por lo tanto, es un beneficio.	$X_1^C - X_0$	$(X_1^C - X_0)P_0 + P_1/2$
$X^s \uparrow \{X^*, X^{p0}\}$	Beneficio por liberación de recursos. Los otros productores se verán inducidos a producir menor cantidad del bien. Esto implica que ellos van a incurrir en menores costos de producción, de tal forma que quedarán recursos productivos libres para producir otros bienes que a su vez serán consumidos.	$X_0 - X^{p0}$	$(X_0 - X^{p0})P_0 + P_1/2$
		ΣX^*	

Los anteriores efectos se denominan efectos reales del proyecto. Esta expresión se usa en contraposición a efectos redistributivos. Los efectos reales son los

cambios en la cantidad de bienes y servicios disponibles para el país, valorados socialmente. Miden el efecto de los cambios sobre el bienestar de la comunidad en su conjunto. Por otro lado, los efectos redistributivos toman en cuenta quién recibe los beneficios y los pagos. Para el conjunto, los pagos y cobros entre integrantes de la misma comunidad son sólo transferencias.

Por consiguiente, el valor social de la producción es el valor del beneficio directo que tiene el país en su conjunto como consecuencia del proyecto y representa la satisfacción adicional debida a que X^* unidades adicionales serán producidas por el proyecto.

Si las curvas de demanda y oferta son líneas rectas en el tramo relevante, matemáticamente resulta:²⁰

$$VSP = (X_1^c - X_0) \cdot \frac{P_0 + P_1}{2} + (X_0 - X_1^{p0}) \cdot \frac{P_0 + P_1}{2}$$

Sacando factor común, que es la semisuma de los precios, y considerando que $X_1^c - X_1^{p0} = X^*$, resulta:

$$VSP = (X_1^c - X_0 + X_0 - X_1^{p0}) \cdot \frac{P_0 + P_1}{2} = X^* \cdot \frac{P_0 + P_1}{2}$$

A partir del valor social se puede obtener el precio social del bien (P^*), definido como el valor social de cada unidad, que resulta de dividir el valor social de la producción por la cantidad producida por el proyecto (X^*):

$$P^* = \frac{VSP}{X^*} = \frac{P_0 + P_1}{2}$$

Por consiguiente, el precio social es un promedio de dos precios: uno corresponde a la situación sin proyecto y el otro a la situación con proyecto. Ambos son a la vez precios de demanda y de oferta, debido a la inexistencia de impuestos y subsidios.

El valor privado de la producción (VPP), es decir, lo que el dueño del proyecto va a imputar como beneficio en la evaluación privada del proyecto, será la cantidad a

²⁰ Si no se cumple, se deben considerar como valoraciones las integrales de las respectivas curvas entre las cantidades.

vender, X^* , multiplicada por el precio correspondiente a la situación con proyecto, que es el que cobrará el dueño del proyecto, es decir:

$$VPP = X^* \cdot P_1$$

El valor privado de la producción difiere del social únicamente por el triángulo ABC. Si el tamaño del proyecto es tan “pequeño” que el precio no se modifica significativamente como consecuencia del mismo, se puede considerar que P_1 es casi igual P_0 . Por consiguiente, se puede afirmar que cuando el mercado no está distorsionado, el valor social de la producción coincide con el privado, o sea, el precio social coincide con el de mercado.

Para determinar el valor social en un mercado con distorsiones (impuesto o subsidio específico) y con elasticidades-precio de la demanda y de la oferta normal, es decir, con la oferta creciente y la demanda decreciente, el procedimiento es en esencia el mismo que para el caso de un mercado sin distorsiones.²¹

En primer lugar, se debe encontrar el equilibrio en la situación sin proyecto, es decir, la cantidad transada, el precio de demanda o del consumidor y el precio de oferta o del productor. El equilibrio con impuesto al consumo o a la producción se obtiene cuando se cumplen dos condiciones: i) que la cantidad demandada sea igual a la ofrecida; ii) que el precio de demanda exceda al de oferta en un monto igual al impuesto por unidad comprada o vendida. En la Figura 2.2 estas condiciones se cumplen para la cantidad X_0 y los precios P^c_0 de demanda y P^p_0 de oferta. La diferencia entre ambos precios es el valor del impuesto unitario (T), igual al segmento AE.

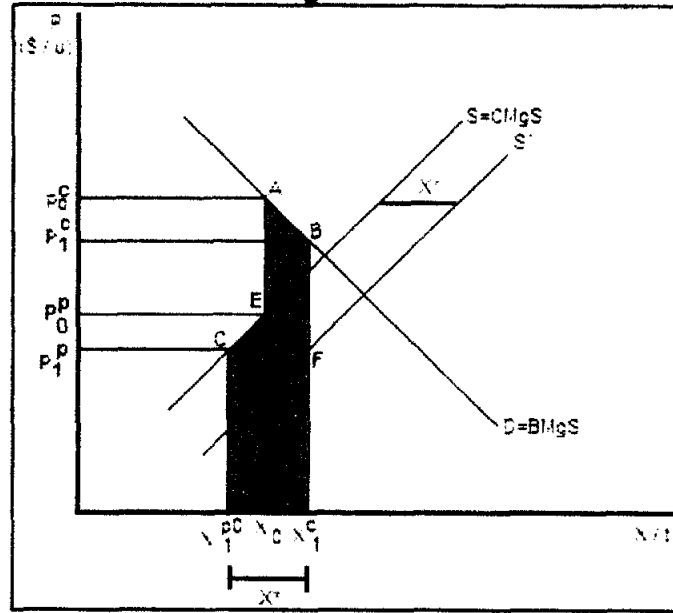
Una vez obtenido el equilibrio en la situación sin proyecto, se dibuja la curva S' , obtenida sumando la cantidad X^* a la oferta de la situación sin proyecto. El equilibrio en la situación con proyecto se obtiene teniendo en cuenta la misma curva de demanda D y la curva S' . Si se considera la misma altura vertical del impuesto entre las dos curvas quedan determinados los nuevos precios de demanda y oferta, P^c_1 y P^p_1 , respectivamente. La nueva cantidad transada es X^c_1 y el impuesto unitario es BF.

Como consecuencia del proyecto, disminuye el precio de demanda y de oferta, La disminución del precio de demanda induce a los consumidores a demandar una mayor cantidad. También debe aumentar la cantidad ofrecida total, pues para que

²¹ Los impuestos y subsidios discriminatorios son los específicos para el bien en cuestión y no generales para el conjunto de bienes de la economía.

exista equilibrio, la cantidad ofrecida debe ser igual a la demandada. La cantidad ofrecida tiene dos componentes: la ofrecida por el nuevo proyecto y la ofrecida por los otros oferentes en el mercado. Los otros oferentes, al ver disminuido el precio que cobran por cada unidad del bien, deciden ofrecer una menor cantidad.

Figura 2.2



En la Figura 2.2 se observa que el consumo aumenta en $(X_1^C - X_0^C)$ unidades y la producción de otros disminuye en $(X_0^P - X_1^P)$ unidades. El incremento del consumo se valora por el área bajo la curva de demanda entre X_0^C y X_1^C ; por consiguiente, el valor del beneficio por mayor consumo es el área $X_0^C X_1^C X_1^P X_0^P$.

Por otro lado, el valor de los recursos liberados debido a una menor producción es el área bajo la curva de oferta de otros productores (S) para las unidades que dejan de producir, en este caso entre X_1^P y X_0^P , por consiguiente, el valor del beneficio por concepto de recursos liberados es el área $X_0^P X_1^P X_0^C X_1^C$.

Matemáticamente, el valor social de la producción es:

$$VSP = (X_1^C - X_0^C) \cdot \frac{P_0^C + P_1^C}{2} + (X_0^P - X_1^P) \cdot \frac{P_0^P + P_1^P}{2}$$

Por consiguiente, el valor social de la producción es igual al cambio en el consumo multiplicado por el precio de demanda (precio promedio entre el precio que regirá sin proyecto y el que regirá con proyecto) más el cambio en la cantidad

producida multiplicada por el precio de oferta (promedio entre precios sin y con proyecto).

El precio social del bien, resulta de dividir el valor de la producción por la cantidad producida por el proyecto:

$$P^* = \frac{(X_1^c - X_0)}{X^*} \cdot \frac{P_0^c + P_1^c}{2} + \frac{(X_0 - X_1^{p0})}{X^*} \cdot \frac{P_0^p + P_1^p}{2}$$

Si como consecuencia del proyecto que se está analizando, la variación de precios es "pequeña", se puede reescribir la ecuación anterior:²²

$$P^* = \frac{(X_1^c - X_0)}{X^*} \cdot P^c + \frac{(X_0 - X_1^{p0})}{X^*} \cdot P^p$$

El precio social es un promedio ponderado entre el precio de demanda y el precio de oferta. Se debe señalar que la suma de las ponderaciones será igual a uno y la magnitud de las ponderaciones dependerá de la reacción relativa de los demandantes y oferentes ante cambios en el precio del bien. Las ponderaciones reflejan las elasticidades de las curvas. Esto implica que para hacer estimaciones del valor social de la producción o del precio social se deben conocer las elasticidades de demanda y de oferta.

El valor privado de la producción (VPP) será igual a la cantidad a vender, X^* , multiplicada por el precio de oferta correspondiente a la situación con proyecto, que es lo que cobra el dueño del proyecto:

$$VPP = X^* \cdot P_1^p$$

En la Figura 2.2 el VPP es el área $X^{p0}_1CFX^c_1$. En este caso se observa que el valor privado de la producción subestima al valor social o, lo que es igual, el precio de oferta es menor al precio social.

²² En este caso es aceptable utilizar los precios en la situación sin proyecto como una buena aproximación para encontrar el precio social.

2.2.1 Los efectos redistributivos

Al estimar el valor social de la producción se consideraron los beneficios para la comunidad en su conjunto debido a que el proyecto produce una determinada cantidad de un bien. Sin embargo, la realización de un proyecto puede beneficiar o perjudicar a cada integrante de la comunidad. El problema es determinar quiénes son los que reciben los beneficios y quiénes son los perjudicados.

Los primeros beneficiados y perjudicados como consecuencia del proyecto que producirá un bien, son los participantes del mercado en cuestión: los demandantes, los oferentes (el dueño del proyecto y los otros oferentes) y el sector público en caso de cobrar impuestos u otorgar subsidios. Además, si el consumo o la producción del bien ocasionan externalidades, las personas que sufren los daños o que reciben los beneficios externos también se pueden ver afectadas en su bienestar debido al proyecto.

Supóngase el mismo caso anterior, es decir, un mercado cuyas curvas de demanda y oferta tienen elasticidades-precio normales y existe un impuesto al consumo; además, se supone que no existen externalidades ni en la producción ni en el consumo del bien o servicio. Los efectos son los mismos: baja el precio, el de demanda y oferta, aumenta la cantidad demandada y la cantidad ofrecida total, y disminuye la cantidad ofrecida por otros.

En la Figura 2.3 se puede observar que el precio de demanda de X disminuye, los consumidores de X ganan excedente del consumidor por un valor igual al área $P_0^cABP_1^c$, que puede expresarse matemáticamente como:

$$\frac{(P_0^c - P_1^c) \cdot (X_1^c + X_0)}{2}$$

Dado que el precio de oferta de X disminuye, los otros productores de X pierden excedente del productor por un valor igual al área $P_0^pECP_1^p$, que matemáticamente se expresa como:

$$\frac{(P_0^p - P_1^p) \cdot (X_0 + X_1^p)}{2}$$

El sector público cambia su recaudación debido a que el proyecto aumenta la cantidad transada. Pierde la recaudación que tiene sin proyecto ($P_0^cAEP_0^p$) y gana la

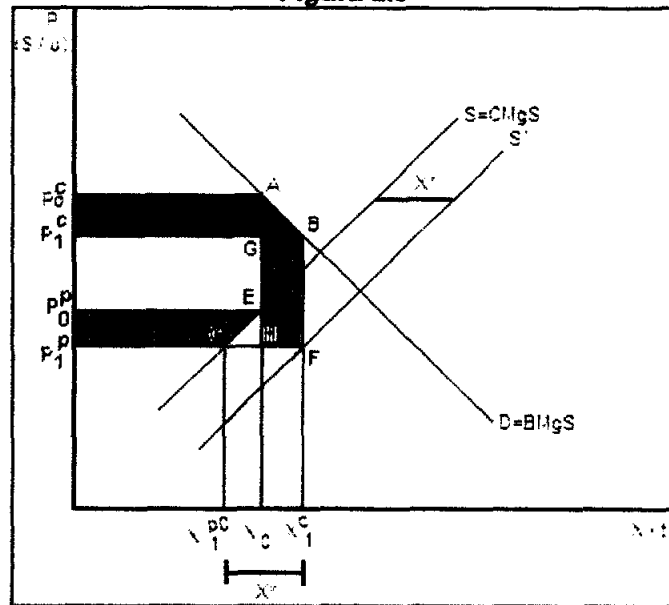
recaudación con proyecto (P_1^C, BFP_1^P). Si el impuesto es un importe fijo por unidad, la diferencia es una recaudación adicional igual al área GBFH, que se expresa:

$$(P_1^C - P_1^P) \cdot (X_1^C - X_0)$$

Finalmente el dueño del proyecto tiene ingresos por ventas (valor privado de la producción), representados por el área X^{P0}, CFX_1^C , que puede expresarse como:

$$X \cdot P_1^P$$

Figura 2.3



En el siguiente Cuadro 2.3 se resumen los efectos redistributivos:

Cuadro 2.3

Grupo	Concepto	Beneficios Netos
Consumidores	Los consumidores del bien x ganan en neto el aumento en el excedente del consumidor.	$P^c_0 ABP^c_1$
Otros Productores	Los productores tienen un costo neto por la disminución del excedente de esos productores.	$P^p_0 ECP^p_1$
Dueño del proyecto	El dueño del proyecto solamente tiene beneficios por ingresos de ventas. ²³	$X^{p0}_1 CFX^c_1$
Sector Público	Dado que aumenta la cantidad transada de X (cantidad consumida y cantidad producida), el sector público cambia su recaudación.	GBFH

La suma de los efectos redistributivos comparado con la suma de los efectos reales siempre coincide. Esto tiene dos implicancias que deben tenerse en cuenta: i) la lógica del resultado es la siguiente, si el beneficio para el país es igual a \$100 debido a un proyecto, debe ser cierto que algunas personas de esa comunidad reciben en conjunto beneficios por un valor de \$100. Si alguien tiene un perjuicio de \$30, entonces otros deben recibir beneficios de \$130; ii) los dos enfoques son excluyentes en el sentido que nunca hay que sumar efectos reales con efectos redistributivos. Por otra parte, en la toma de decisiones, se debe considerar, además de los efectos del proyecto para la comunidad en su conjunto, quiénes se benefician y quiénes se perjudican con el proyecto.²⁴

2.3 El costo social de producción

Los costos sociales se determinan a partir del valor de las cantidades adicionales de insumos y factores productivos usados en la economía y del costo alternativo de los insumos que dejan de utilizar otros productores para cedérselos al proyecto.

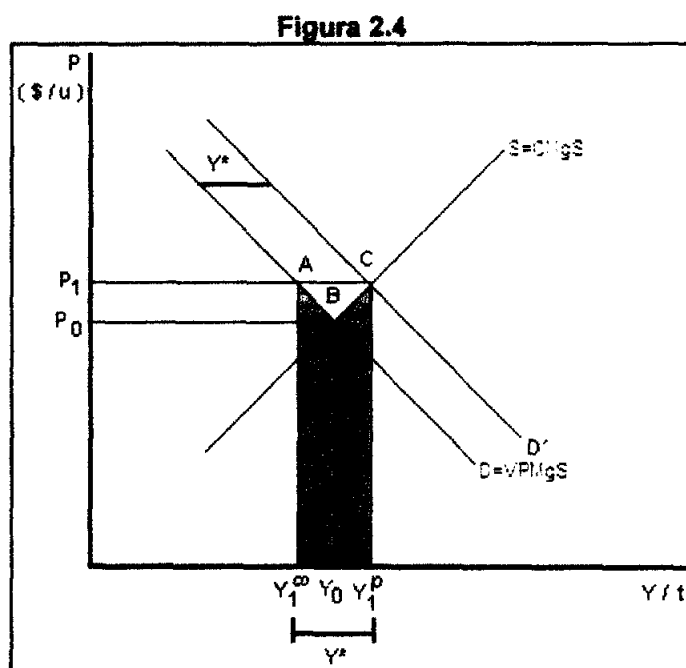
La realización de un proyecto demandará insumos, lo que tendrá un efecto en los distintos mercados de insumos y factores productivos. En los mercados de los insumos y factores productivos se requerirán mayores cantidades de ellos, a los precios vigentes, es decir, se observará un exceso de demanda por insumos y factores productivos.

²³ Nótese que es el estimado como valor privado de la producción (VPP): $X^*P^p_1$.

²⁴ En muchos proyectos se justifica que los beneficiarios se hagan cargo de los costos del proyecto, para lo cual es fundamental conocer los efectos redistributivos.

En los mercados de los insumos y factores productivos se observarán desplazamientos de la curva de demanda por el requerimiento de ellos. Esto, normalmente incrementará los precios de los insumos en el mercado, lo cual provoca dos efectos, una mayor producción y uso de esos insumos en el mercado, y una disminución en el uso de esos insumos por parte de los otros demandantes que lo utilizan en sus procesos productivos.

En la Figura 2.4 aparece el mercado del insumo Y, en un mercado no distorsionado.²⁵ La curva de demanda del mercado coincide con el beneficio marginal social (BMgS) que el consumo del bien (uso del insumo) tiene para el país y la curva de oferta del mercado coincide con el costo marginal social (CMgS) de producir sucesivas unidades del bien. El precio de demanda coincide con el de la oferta y resulta un equilibrio sin proyecto en el cual la cantidad transada es Y_0 y el precio P_0 (punto B).



Si el proyecto va utilizar cierta cantidad Y^* de este insumo, esta cantidad se debe sumar horizontalmente a la demanda D , de tal forma que se obtiene la curva D' . Esta nueva curva no es una nueva curva de demanda; es una forma de simular lo que ocurrirá como consecuencia de que un proyecto utilice la cantidad de Y^* del insumo.

²⁵ No existe impuesto ni subsidio al consumo ni a la producción del bien.

El equilibrio en la situación con proyecto se obtiene nuevamente donde la cantidad demandada es igual a la cantidad ofrecida, pero ahora teniendo en cuenta la demandada por el nuevo proyecto. El precio es P_1 y la cantidad transada Y_1^p (punto C).

Los efectos del proyecto en este mercado son los siguientes: el incremento del precio induce a los oferentes del bien a producir una mayor cantidad, por consiguiente, en la nueva situación de equilibrio la cantidad ofrecida es mayor, también debe serlo la cantidad demandada. Esta última tiene dos componentes: la demanda por el nuevo proyecto y la demanda por los otros demandantes en el mercado. Los otros demandantes, al ver el precio que van a pagar ha aumentado, deciden comprar una cantidad menor, de acuerdo con su propia curva de demanda (punto A).

A partir de estos efectos se puede determinar qué es lo que pierde el país debido a la utilización de Y^* unidades como insumo del proyecto y se resume en dos conceptos: por utilizar el insumo en el proyecto: i) la comunidad pierde debido al uso de recursos para producir unidades adicionales del insumo; ii) debido a un menor consumo de otros demandantes.²⁶

La cuantificación de estos efectos se observa gráficamente (ver Figura 4), es decir, la producción aumenta desde Y_0 hasta Y_1^p , el consumo de otros disminuye desde Y_0 hasta Y_1^* . El valor del costo por concepto de recursos utilizados es el área $Y_0BCY_1^p$.

Por otra parte, como la curva de demanda representa el beneficio marginal social de consumir unidades adicionales del bien, la disminución del consumo se valora por el área bajo la curva de demanda entre Y_1^* e Y_0 .²⁷ El valor del costo por concepto de consumo sacrificado es el área $Y_1^*ABY_0$.

El costo social del insumo (CSY), suponiendo que las curvas de demanda y oferta son rectas en el tramo relevante, matemáticamente:

$$CSY = (Y_1^p - Y_0) \cdot \frac{P_0 + P_1}{2} + (Y_0 - Y_1^*) \cdot \frac{P_0 + P_1}{2}$$

²⁶ Es importante señalar que la utilización de Y^* junto con otros insumos por parte del nuevo proyecto dará lugar a beneficios por mayor disponibilidad del bien X que va a producir.

²⁷ La curva de demanda de un insumo es el valor del producto marginal obtenido por utilizar unidades adicionales, esto es, el producto marginal físico del insumo multiplicado por el precio del bien que produce con su utilización.

Sacando factor común de la semisuma de los precios y considerando que $Y^{P_1} - Y^{P_1} = Y^*$, se obtiene:

$$CSY = Y^* \cdot \frac{P_0 + P_1}{2}$$

El precio social del bien es el valor social de cada unidad y resulta de dividir el valor social de la producción por la cantidad de Y que será utilizada por el proyecto, es decir:

$$P^* = \frac{P_0 + P_1}{2}$$

El costo privado del insumo (CPY) es el valor que el dueño del proyecto va a imputar como costo. El CPY es igual a la cantidad a comprar, Y^* , multiplicada por el precio correspondiente a la situación con proyecto, que es el que va a pagar el dueño del proyecto:

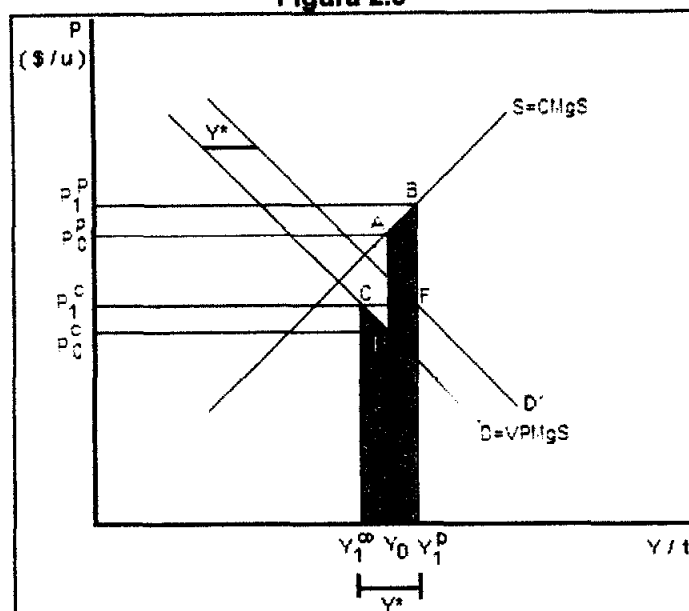
$$CPY = Y^* \cdot P_1$$

En este caso el costo privado difiere del social solamente en el triángulo ABC.

Por otra parte, para el caso de un mercado de un insumo Y cuya producción o utilización es subsidiada y cuyas curva de demanda y de oferta tienen elasticidades-precio normales, se muestra en la Figura 2.5.

En la situación de equilibrio sin proyecto, la cantidad transada es Y_0 y los precios son: P^c_0 el de la demanda y P^p_0 el de la oferta. Este último es superior al primero en un monto igual al subsidio por unidad de Y. En la situación con proyecto se suma horizontalmente la cantidad Y^* requerida por el proyecto a la curva de demanda D, con lo cual se obtiene la curva D' . El proyecto tiene como consecuencia que aumente el precio de demanda y el de oferta hasta P^c_1 y P^p_1 , respectivamente. Esto implica que aumente la cantidad ofrecida de Y y que disminuya la cantidad demandada por los otros demandantes. El costo social de estos dos cambios está representado por las áreas $Y_0ABY^{P_1}$ y $Y^{P_1}CEY_0$, respectivamente, y el costo privado es $Y^{P_1}CFY^{P_1}$.

Figura 2.5



2.3.1 Los efectos redistributivos

En los mercados de insumos también se observan efectos redistributivos como consecuencia del proyecto. El beneficio o perjuicio como consecuencia del proyecto que utilizará un insumo son los participantes de ese mercado: los demandantes (el dueño del proyecto y los otros), los oferentes y el sector público en caso de cobrar impuestos u otorgar subsidios. Si el consumo o la producción del insumo ocasionan externalidades, las personas que sufren los daños o los que reciben los beneficios externos se pueden ver también afectadas en su bienestar debido al proyecto.

En la Figura 2.6 se representa el mercado de un insumo Y, doméstico, sujeto aun subsidio al consumo. Lo efectos del proyecto son: aumentan los precios, aumenta la cantidad producida y la cantidad demanda total, disminuye la cantidad demandada por "otros". Los efectos redistributivos son:

Los otros demandantes de Y pierden excedente del consumidor por un valor igual al área $P_1^c CEP_0^c$ que puede expresarse matemáticamente como:

$$\frac{(P_1^c - P_0^c) \cdot (Y_1^\infty + Y_0)}{2}$$

Los productores de Y ganan excedente del productor por un valor igual al área $P_1^p BAP_0^p$, que matemáticamente se expresa como:

$$\frac{(P_1^P - P_0^P) \cdot (Y_0 + Y_1^P)}{2}$$

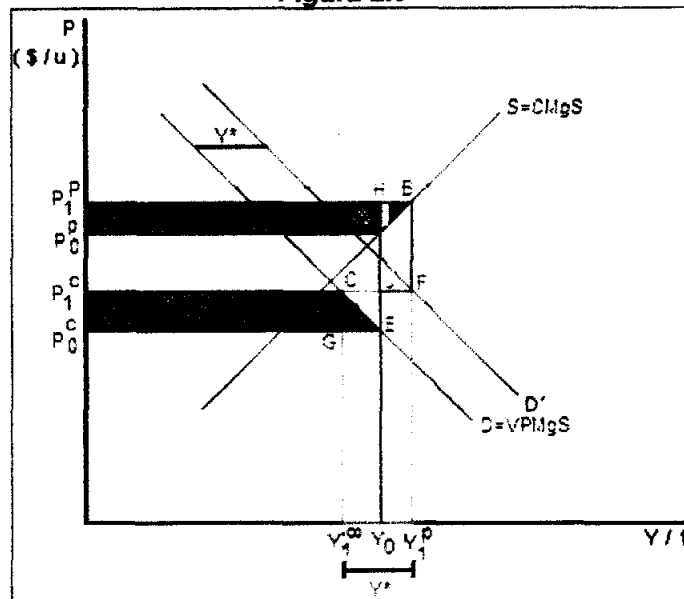
El sector público cambia su gasto por el subsidio debido a que aumenta la cantidad transada. Deja de incurrir en el gasto que tiene sin proyecto ($P_0^P AEP_0^C$) e incurre en el gasto con proyecto ($P_1^P BFP_1^C$). Si el subsidio es un importe fijo por unidad, la diferencia es un gasto adicional igual al área HBFJ, equivalente a:

$$(P_1^P - P_1^C) \cdot (Y_1^P - Y_0)$$

El gasto que realiza el dueño del proyecto se representa por el área $Y^* C F Y_1^P$, que se expresa como:

$$Y^* \cdot P_1^C$$

Figura 2.6



2.4 El costo social de la mano de obra

La evaluación social de proyectos, además de valorar los bienes y servicios producidos, tiene que valorar los insumos y los recursos de capital utilizados, de acuerdo con su precio económico. Uno de los insumos más común de cualquier proyecto es la mano de obra. La correcta evaluación de su precio depende de las condiciones bajo las cuales funcionan los mercados de trabajo (González, 1995).

La mano de obra se debe valorar al costo que representa su utilización para la sociedad. El costo social de la mano de obra debe reflejar la pérdida de bienestar de la sociedad medida en dinero al dejar de emplear dicho recurso en los usos alternativos.

La mano de obra se diferencia de cualquier otro insumo por la diversidad de tipos de mano de obra, lo que implica su difícil estimación de cada uno de ellos. Dada esta dificultad, se estiman factores de corrección que multiplicados por el precio de demanda, dan como resultado el precio social. El mercado de la mano de obra como cualquier otro insumo puede estar distorsionado. La distorsión puede deberse a que existen impuestos al trabajo, salarios mínimos, externalidades debidas al desempleo, etc. Cuando existe alguno de estos elementos anteriores, el precio social de la mano de obra difiere del precio de demanda.

La Figura 2.7 muestra el caso de pleno empleo, con aportes al seguro social tales como el de jubilaciones, seguros de salud, etc. El resultado depende de la valoración que hagan los empleados de esos aportes. Los empleados reciben a cambio de su trabajo un cierto monto de dinero hoy y, además, el derecho a ciertas prestaciones del sistema de salud (presentes y futuras) y dinero futuro en la forma de jubilación. Por consiguiente, el precio de oferta que recibe el empleado no es solamente la cantidad de dinero percibido al final del mes, sino también el valor que para él tienen las prestaciones presentes y futuras.

Supongamos que el empleador debe hacer aportes a la tasa a_E , aplicada sobre el salario básico (B) que se establezca en el mercado, el empleado debe hacer aportes a la tasa a_T sobre el básico y los empleados valoran los aportes en θ . Este factor puede tener valores entre cero y uno: el cero indica que los empleados no valoran en absoluto los aportes, mientras que el uno indica que los valoran en su totalidad.

El precio de demanda es igual al salario básico más los aportes del empleador, es decir, el costo laboral para el empleador:

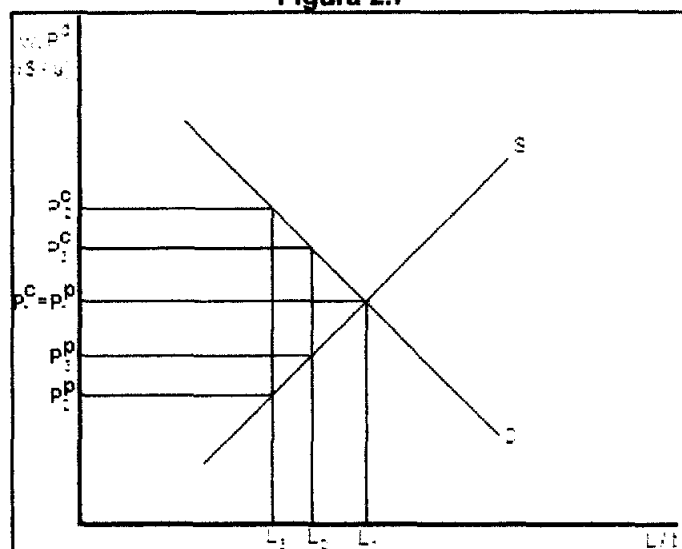
$$P^C = B(1 + a_E)$$

El precio de oferta es igual a lo que el empleado cobra en efectivo (neto) en el presente más la valoración de la totalidad de los aportes:

$$P^C = B(1 - a_T) + B\theta(a_E + a_T)$$

A partir de este planteamiento, se puede analizar tres situaciones: i) θ es igual a 1: en este caso es equivalente a pleno empleo sin distorsiones; en la Figura 2.7, el equilibrio está en la situación: L_1, P^c_1 y P^p_1 ²⁸; ii) θ es igual a cero: en este caso, el precio de demanda es mayor que el de oferta y la diferencia entre ellos es igual a los dos aportes. Por consiguiente, los aportes actúan como impuestos. En la Figura 2.7 se aprecia que el equilibrio es: L_2, P^c_2 , y P^p_2 . El salario básico es mayor que el precio de demanda; iii) θ está entre cero y uno: en este caso el precio de demanda es mayor que el de oferta, pero la diferencia entre ambos es menor que la situación dos. Por consiguiente, el efecto impuesto de los aportes también es menor. Cuanto mayor sea la valoración de las prestaciones, mayor será el impuesto. En la Figura 2.7, el equilibrio en esta situación es: L_3, P^c_3 y P^p_3 .

Figura 2.7



2.5 El precio social de la divisa

En la evaluación social de proyectos se debe considerar, en los cálculos de beneficios y costos, el precio social (sombra) de las divisas que el proyecto utilice, genere o libere en el proceso de producción. El proyecto utilizará divisas cuando importe materias primas o bienes de capital; generará divisas cuando el producto del proyecto se exporte y liberará divisas cuando la producción del proyecto sustituya importaciones, ya sea parcial o total (Fontaine, 2000).

En la jerga común se dice que un proyecto que libera o consigue divisas es benéfico para el país, sin considerar otros aspectos del proyecto. Sin embargo, no se

²⁸ El salario básico es menor que los precios de demanda y oferta.

puede afirmar nada al respecto. si no se conoce cuál es su valoración de esas divisas para el país y cuáles son sus costos. En países con problemas de balanza de pagos, un proyecto que obtiene o ahorra divisas adicionales puede parecer como mejor que otro que las utiliza; no obstante, esta situación no puede definirse a primera vista. Todo depende de los resultados de cada proyecto, es decir, de su valor actual neto social, dado que en las estimaciones se considera, entre otras cosas, el precio social de la divisa (tipo de cambio social).

En la Figura 2.8 se muestra el caso de un impuesto general a las importaciones a la tasa (t_m), los precios de demanda y oferta serán:

$$P^C = R(1 + t_m)$$

$$P^P = R$$

En equilibrio deben cumplirse las dos condiciones anteriores y, además, que la cantidad demandada de divisas sea igual a la cantidad ofrecida.

De lo anterior surge que el precio de demanda, P^C , es superior al de oferta, P^P , en porcentaje igual al impuesto a las importaciones. Ello ocurre en la Figura 2.8 para una cantidad importada igual a M_0 y una cantidad exportada igual a E_0 ; R_0 es el tipo de cambio de mercado. Si el proyecto dispone de una cantidad adicional de divisas V^* , los efectos sobre los precios son los siguientes: el precio de demanda, el de oferta y el del tipo de cambio de mercado disminuyen. Al disminuir el precio de demanda, aumenta la cantidad demandada hasta M_1 . La divisa generada por el proyecto, V^* , se coloca por medio de dos ajustes: el incremento de la cantidad demandada, E_0M_1 , y la disminución de la cantidad ofrecida por los otros oferentes, $E^0_1E_0$.

Como consecuencia de la disponibilidad de divisas adicionales, los efectos reales son: una mayor importación y una menor exportación de otros, que se representan por las áreas M_0ABM_1 y $E^0_1CFE_0$, respectivamente (ver Figura 2.8). Es decir, las divisas adicionales serán usadas en el país para importar más bienes y para dejar de exportar otros bienes. La suma de ambas áreas es el valor social de la divisa (VSV), o sea, el valor que las unidades de divisas tienen para el país.

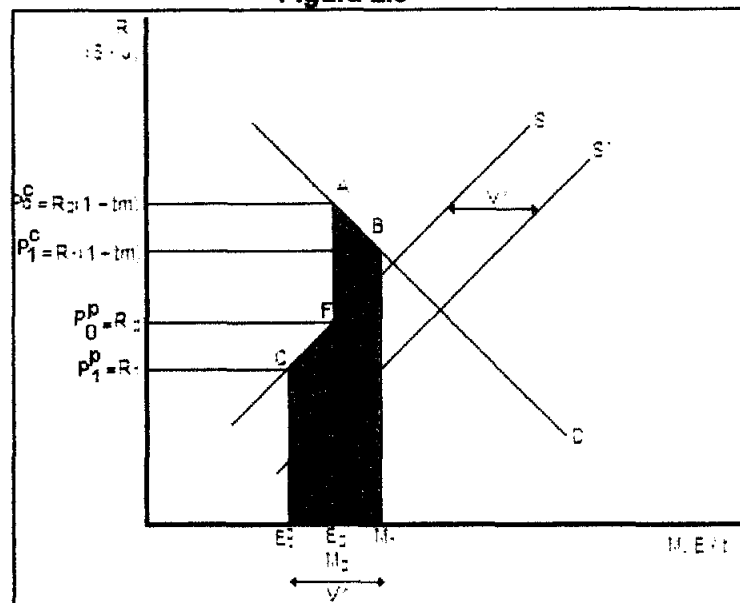
Matemáticamente:

$$VSV = (M_1 - M_0) \cdot \frac{P_0^C + P_1^C}{2} + (E_0 - E_1^0) \cdot \frac{P_0^P + P_1^P}{2}$$

El precio social de la divisa (R^*) es:²⁸

$$R^* = \frac{(M_1 - M_0) \cdot \frac{P_0^C + P_1^C}{2} + (E_0 - E_1^0) \cdot \frac{P_0^P + P_1^P}{2}}{V^*}$$

Figura 2.8



2.6 La tasa social de descuento

En la evaluación social de proyectos de inversión se debe considerar que la ejecución de un proyecto o varios significa que el gobierno necesita obtener recursos adicionales para tal fin, es decir, tiene que tomar en cuenta los costos que conlleva la obtención de estos recursos desde un punto de vista social. La forma más directa de hacer esto es utilizar este costo como la tasa social de descuento. La tasa social es un precio que sirve de guía a los agentes que toman decisiones sobre inversión, con un objetivo principal: maximizar cada peso invertido en el proyecto, es decir, que la inversión de cada proyecto sea por lo menos igual al costo de los recursos utilizados en su realización (Cervini, 1995).

²⁸ Para una estimación del precio social de la divisa, ver Cervini (2002).

En la evaluación social de proyectos los beneficios y costos se descuentan a la tasa social de descuento con el fin de determinar la conveniencia de realizar el proyecto. Un proyecto de inversión pública extrae recursos de la sociedad, ya sea a costa de la inversión o el consumo privado. La utilización de esta tasa de descuento garantiza que cada vez que el gobierno desee disponer de recursos para llevar a cabo un determinado proyecto, éste sólo será realizado si representa un beneficio neto para la sociedad.

En un contexto de una economía cerrada al mercado financiero, con pleno empleo y sin distorsiones, la tasa de interés de mercado será igual al producto marginal del capital invertido en el país, a la tasa marginal de capital invertido en el país y a la tasa marginal de preferencia en el tiempo de quienes ahorren.

En una economía abierta los fondos públicos que se destinan a la inversión pueden provenir de las siguientes tres fuentes: i) de las inversiones alternativas; ii) ahorros nacionales (menor consumo futuro); iii) mayor ahorro externo (menor consumo futuro).

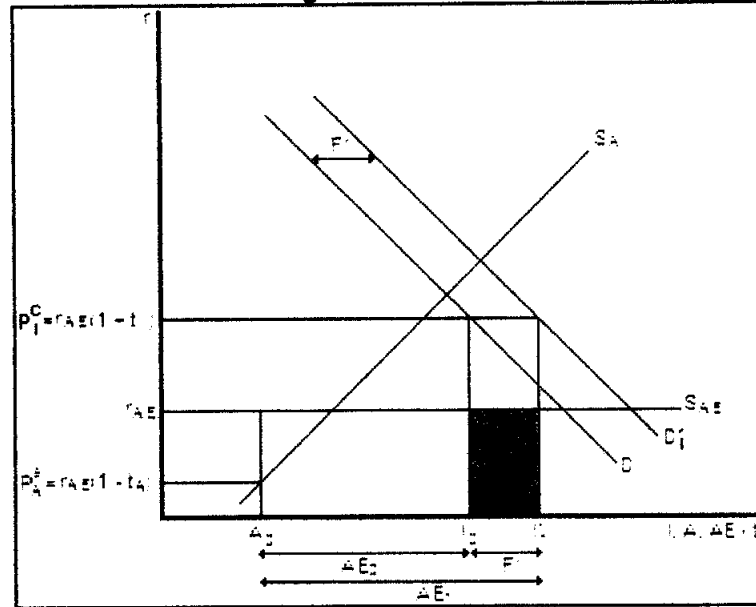
Si los fondos públicos provienen de las inversiones alternativas, el costo del capital será igual a la productividad o rentabilidad que esos fondos hubieran tenido en inversiones alternativas; en la medida que provengan de ahorros nacionales, el costo del capital será igual a la preferencia marginal en el tiempo de los individuos que disminuyen sus consumos; y en la medida en que provenga de un mayor ahorro externo, el costo del capital será igual al costo marginal de obtener los fondos externos. Por consiguiente, el costo de capital será un promedio ponderado en la medida que provenga de estas tres fuentes.

La Figura 9 muestra el caso de una economía abierta con impuestos a las ganancias de los inversionistas y ahorristas. En la situación de equilibrio, la tasa de mercado es r_{AE} , el precio de demanda es $P^C_1 = r_{AE} (1+t_1)$, por lo cual se demandará la cantidad I_0 ; el precio de oferta es $P^P_A = r_{AE} (1-t_A)$, por lo cual se ofrecerá internamente la cantidad A_0 . La diferencia entre I_0 y A_0 es la cantidad de ahorro externo, AE_0 .

Si se requieren fondos adicionales para un proyecto, se puede llegar a la siguiente conclusión: no se modifica la tasa de interés ni los precios de demanda y de oferta; por lo tanto, tampoco cambia la cantidad de otras inversiones ni el ahorro interno. Todos los fondos requeridos, F^* , son los obtenidos mediante el ahorro externo

adicional. En consecuencia, la tasa social de descuento r^* coincide con la tasa que cobran los extranjeros a los inversionistas nacionales.

Figura 2.9



2.7 La metodología de evaluación para proyectos de agua potable

En general, un sistema de abastecimiento de agua potable está compuesto por una serie de subsistemas que está integrado principalmente por cinco elementos: captación o producción, conducción, potabilización, regulación, red de distribución y red de alcantarillado.³⁰ Dependiendo de la infraestructura que se incorpore al sistema de abastecimiento de agua, los proyectos de agua potable se dividen en tres tipos de proyectos: *Proyectos de Dotación*, *Ampliación de la Oferta*, *Rehabilitación del Sistema* y *Reposición del Servicio*.

2.7.1 Los proyectos de dotación

Este tipo de proyecto consiste en dotar con un sistema formal de abastecimiento de agua potable a una población que en la situación sin proyecto carece de este sistema. Puesto que es un bien imprescindible para el ser humano, siempre existe algún sistema de abastecimiento individual; por consiguiente, este tipo de proyecto consiste

³⁰ Además de los elementos que conforman el subsistema, este puede integrarse por la conducción de aguas residuales, plantas de tratamiento de aguas municipales, hasta la disposición final en un cuerpo de agua. En este sistema integrado (agua desde su transformación en agua potable, pasando como aguas servidas hasta aguas saneadas) de agua se hace el supuesto que en la zona industrial, las empresas tienen su propia planta de tratamiento; sin embargo, para el caso de México no se cumple.

en sustituir un sistema individual por uno colectivo de mejor calidad.³¹ La instalación de un sistema formal de agua potable comprende desde su captación hasta la red de distribución, pasando por la potabilización, conducción, estanques de regulación y plantas de elevación.

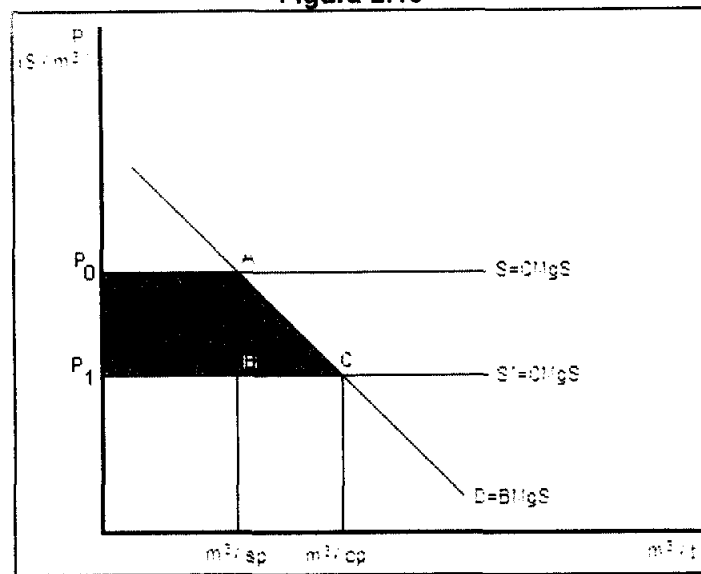
La Figura 2.10 muestra el caso de una población que no cuenta con un sistema de agua potable. Por tal motivo, los habitantes obtienen el recurso de una fuente alternativa de abastecimiento (ríos, norias, pipas). Aunque se diera el caso de que los habitantes no tuvieran que hacer un pago monetario por la cantidad consumida, esto no implica que el agua tenga un costo cero, es decir, desde el punto de vista social el agua tiene un precio implícito que está representado, principalmente, por el costo del tiempo de acarreo o molestias. En este caso, el precio implícito del agua en la situación sin proyecto es de P_0 , por lo cual la cantidad consumida es de m^3/sp .

En la situación con proyecto la instalación del sistema permite que la tarifa por metro cúbico de agua sea menor P_1 , con lo cual ocurren dos efectos: i) *Sustitución de la fuente de abastecimiento de agua utilizada en la situación sin proyecto*: El beneficio es por concepto de la liberación de los recursos utilizados por los habitantes para abastecerse de agua en la situación sin proyecto (recursos que quedan representados por el precio implícito del agua) que se representa por el área P_0ABP_1 ; ii) *Incremento de la cantidad total consumida de agua*: Este efecto implica un beneficio por mayor consumo, que corresponde a la cantidad adicional consumida ($m^3/cp - m^3/sp$) y se valora bajo el área de la curva de demanda y queda representado por el área ACB .

El beneficio total por el cambio en el tipo de suministro de agua potable sería la suma de los beneficios por liberación de recursos y por mayor consumo; este beneficio total se representa por el área P_0ACP_1 .

³¹ Se entiende por calidad las características físico-químicas del agua como la presión que entrega el sistema a los usuarios.

Figura 2.10



2.7.2 Los proyectos de ampliación de la oferta

Los proyectos de ampliación tienen como objetivo aumentar la capacidad de abastecimiento de un servicio sin modificar la infraestructura existente.³² La ampliación implica la incorporación de nuevos usuarios, ya sea por el aumento de cobertura del sistema o por mejor aprovechamiento de la red existente.

Las obras de este tipo de proyectos son: construcción de redes de distribución, conexiones domiciliarias y, en algunos casos, nuevas captaciones que sirvan a los nuevos usuarios.

2.7.3 Los proyectos de rehabilitación del sistema

Los proyectos de rehabilitación consisten en aumentar la calidad del servicio ya existente. Este aumento en la calidad se puede alcanzar con un mejoramiento en un elemento del sistema, por ejemplo, una planta de tratamiento, o con un mejoramiento de varios elementos a la vez, como en aquellos casos en que se realiza un mejoramiento integral del sistema.³³ En muchos casos de mejoramiento se aprovecha

³² Para este tipo de proyectos en la situación actual, se debe hacer un diagnóstico del subsistema existente para identificar los posibles cuellos de botella y con ello llevar a cabo optimizaciones para no atribuirle beneficios al proyecto.

³³ En este tipo de proyectos se debe diferenciar entre pérdidas evitables e inevitables. Las pérdidas inevitables que se dan en el sistema son dos principalmente: por fricción (cuando roza el agua con la tubería) y por evaporación (en el proceso de potabilización se evapora el agua); en la mayoría de los sistemas estas pérdidas hacen a un 20% desde el proceso de captación hasta su potabilización. Las

para la ampliación del sistema, ya que en este tipo de obras existen economías de escala y, generalmente, aumenta la rentabilidad del proyecto al ampliar la capacidad.

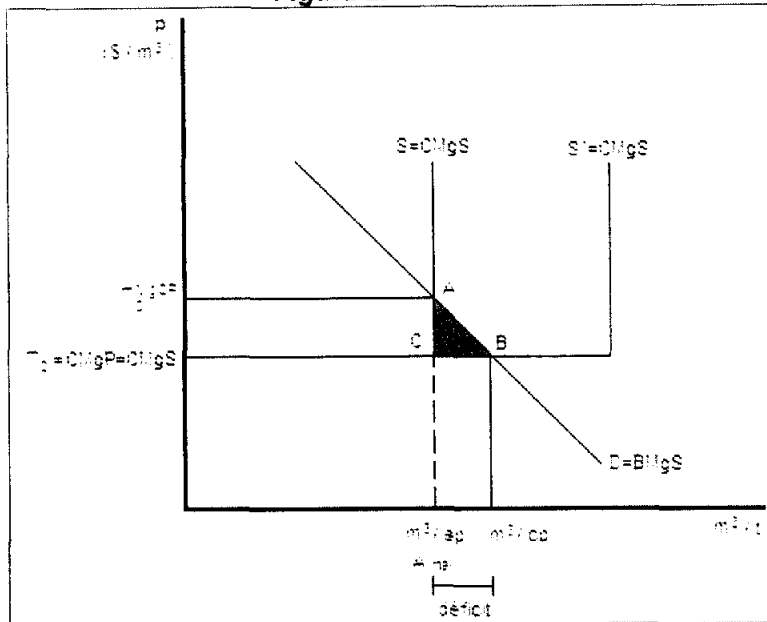
En los proyectos de mejoramiento las obras más recurrentes son: la construcción de una planta de tratamiento, la construcción de un estanque de regulación y la racionalización de las redes de distribución.

En la Figura 2.11 se muestra el caso de un proyecto de ampliación o rehabilitación con restricción de oferta. En la situación sin proyecto, se tiene una capacidad máxima del sistema A_{max} y la demanda que enfrenta el organismo operador de agua es D . Dada una tarifa T_0 igual al CMgS, se estaría consumiendo el total de la cantidad máxima ofrecida por el sistema (m^3/sp).³⁶ Para el periodo T la demanda por agua potable queda representada por D , que en caso de mantener la misma capacidad, al precio T_0 se tendría un exceso de demanda correspondiente a $m^3/cp - m^3/sp$. En este caso, el beneficio por ampliar la oferta de agua desde m^3/sp hasta m^3/cp está dado por la cantidad adicional de agua que se consumiría en la situación con proyecto (S'). Por consiguiente, se tendría un beneficio por mayor consumo de m^3 adicionales de agua, los cuales son valorados por el área bajo la curva de demanda, misma que al no existir externalidades refleja el beneficio marginal social de consumir agua potable y se representa por el área ABC.

perdidas evitables se dan en la mayoría de los casos por fugas o por conexiones clandestinas en la red de distribución.

³⁶ Para este caso se hace el supuesto que la tarifa (excluyendo cargos fijos) que cobra el organismo operador es igual costo marginal privado y al no existir distorsiones representa el costo marginal social de producir unidades adicionales de agua potable. Los costos marginales deben incluir el costo de capital, de operación y de mantenimiento. Los costos de operación, además de incluir los costos de energía (luz) y los costos por químicos para ser el agua potable, debe incluir el costo de oportunidad del agua que refleja la escasez del recurso. Recordemos que el costo de oportunidad refleja la máxima alternativa rechazada, pues el agua (agua cruda antes de potabilizarla) puede tener otros mejores usos (más rentables), por ejemplo: en agricultura e industria. Por consiguiente, una tarifa igual al costo marginal social refleja lo que verdaderamente le cuesta al país producir (asignar recursos) agua potable.

Figura 2.11



En la Figura 2.11 se observa que antes de implementar el proyecto, existe un déficit real igual a la distancia entre m^3/cp - m^3/sp en el periodo inicial (0).³⁵ Para solucionar este déficit existen tres alternativas de solución: i) ampliar el sistema (es decir, cuando se introduce el proyecto S'); ii) aumentar el precio (hasta T^{MgCP}_0); iii) o tandeear.

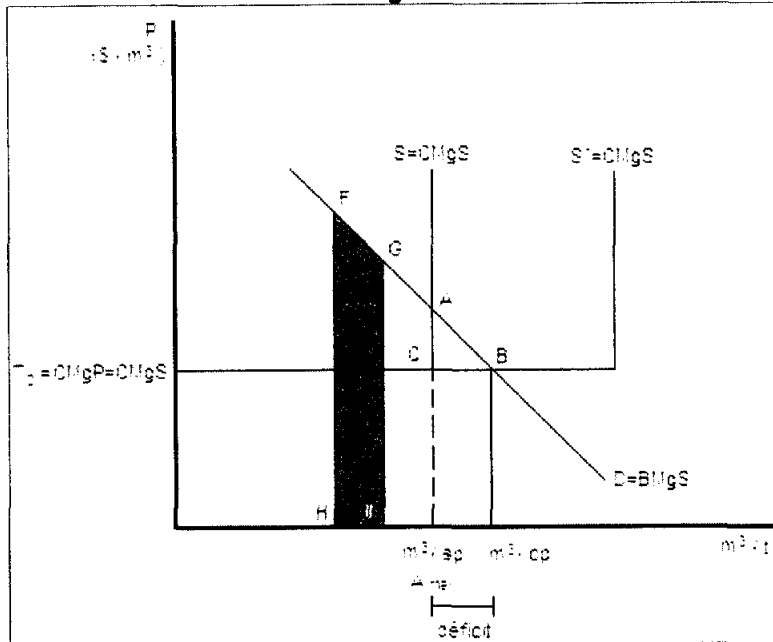
La segunda solución es cobrar una tarifa T^{MgCP}_0 , que también se llama tarifa marginal de corto plazo (ver Figura 2.11). Esta tarifa iguala la oferta máxima (A_{max}) con la demanda (D) de modo que al cobrar esta tarifa, los consumidores valoran las unidades adicionales de agua (m^3/cp - m^3/sp) menos que la tarifa T^{MgCP}_0 . En términos de eficiencia, es la mejor medida, sin embargo, en la práctica no se lleva a cabo debido a lo difícil que es implementar esta política de tarifas en el corto plazo.³⁶

³⁵ El déficit corresponde al exceso de demanda que existe en el periodo analizado. Sin embargo, se debe aclarar que la curva de oferta S corresponde a la situación sin proyecto, por consiguiente, se hicieron las optimizaciones correspondientes por el lado de la oferta. Por el lado de la demanda, la optimización es cobrar una tarifa igual al costo marginal.

³⁶ En la práctica y buscando la eficiencia económica, generalmente, se recomienda en proyectos de agua potable cobrar una tarifa marginal de largo plazo. Está tarifa tiene la virtud que incorpora las inversiones y reinversiones, por lo que el organismo operador acumula fondos propios suficientes para poder ampliar la oferta de agua potable en el periodo que la demanda supere a la oferta existente.

La tercera solución se muestra en la Figura 2.12, la cantidad del déficit ($m^3/cp-m^3/sp$) es igual al racionamiento de tandeo³⁷, es decir, el segmento HJ. Sin embargo, esta medida no permite conocer a los consumidores que más valoran ni a los que menos valoran el agua cuando se raciona. Se debe observar que la cuantía del racionamiento por el tandeo (segmento HJ), puede ponerse en cualquier lugar antes que A_{max} .

Figura 2.12



2.7.4 Los proyectos de reposición del servicio

Los proyectos de reposición se caracterizan por la renovación parcial o total de un proyecto ya existente, con o sin cambio de capacidad y calidad del servicio. En general, los proyectos de reposición se generan cuando un sistema o parte de él ha cumplido su vida útil. Al igual que en el caso de proyectos de mejoramiento, casi siempre se realiza conjuntamente con un aumento de capacidad del sistema, de modo de aprovechar las economías de escala que se producen. Por consiguiente, las obras potenciales van desde la construcción de una captación hasta el reemplazo y la construcción de nuevas redes de distribución.

³⁷ En la práctica, esta medida (tandeo) es la peor para cerrar el déficit. La eficiencia no se cumple, pues los costos sociales de esta medida son altos. La gente, cuando se les raciona el agua, tiende a poner tinacos; esto implica que se almacene el agua y con ello se acumulen residuos en el fondo de los tinacos. Finalmente, se prefiere consumir agua potable embotellada.

2.7.5 La identificación de costos

2.7.5.1 Los costos privados

Los costos privados son los costos en insumos (insumos en materiales, maquinas, equipos y mano de obra) a precios de mercado, que se emplean para la materialización del proyecto. Para la operación del proyecto los costos se valoran igualmente a precios de mercado e incluyen todos los insumos necesarios para la iniciación y operación del proyecto.

Los precios deben incluir todos los impuestos que gravan lo materiales y equipos. Para la mano de obra se deben incluir los premios y bonificaciones, etc. Si se emplean insumos propios de la empresa ejecutora del proyecto, el valor de ellos se determina por su valor alternativo.

2.7.5.2 Los costos sociales

Los costos sociales para este tipo de proyectos surgen de la comparación de los costos en que la sociedad incurre en las situaciones con y sin proyecto. Estos costos se dividen en costos de inversión, operación y mantenimiento.

Los costos sociales deben valorarse a los respectivos precios sociales, deducidos de la situación de oferta y demanda de sus mercados para las unidades físicas demandadas por el proyecto, considerando las distorsiones de los mercados.

En la práctica esta corrección se realiza para la tasa de descuento, mano de obra y divisas. Para los costos sociales de inversión y operación deben descontarse los impuestos IVA, derechos de aduanas y otros impuestos específicos.

Como externalidad se puede mencionar la disposición final de las aguas servidas crudas en cuerpos de agua, que ocasionan costos de difícil valoración (muerte de peces, restricción de diversos usos del agua) y algunos intangibles, como los malos olores, mala estética, etc. Estos costos no se internalizan en el proyecto, al no considerar la retribución (compensación) de este costo.³⁸

³⁸ Por ejemplo: la no construcción de un sistema de alcantarillado con tratamiento final de las aguas servidas.

2.7.6 La identificación de beneficios

2.7.6.1 Los beneficios privados

Los beneficios privados son los flujos monetarios que se perciben por la venta del producto por periodo (cargos fijos y variables por venta de agua). Además se adicionan aquellos ingresos por cobro de instalación de conexiones, cobros fijos por aporte a obras, prestaciones de servicios y otros.

2.7.6.2 Los beneficios sociales

Los beneficios sociales de un proyecto de agua potable se materializan por un mayor consumo de agua de la situación sin y con proyecto derivado de una mayor oferta de agua. También constituyen beneficios la sustitución de la fuente de agua que el consumidor usaba y que, por efecto del proyecto, se reemplaza por un sistema de producción más económico.

El beneficio por un mayor consumo de agua se identifica por la mayor disposición a pagar y por los ingresos que percibe la empresa por la venta de unidades de agua. Este beneficio se puede valorar a través de la curva de demanda individual de un consumidor o grupo familiar. Independientemente del grupo de consumidores que obtenga el agua adicional, se pueden medir los beneficios de cada uno de los grupos usando una curva de demanda agregada, siempre que no existan restricciones de agua entre los grupos de consumidores.

2.7.7 La demanda por agua potable

La demanda por agua potable para los diferentes grupos de consumidores es creciente en el tiempo, ya que se incorporan nuevos usuarios y el consumo per cápita aumenta con el paso del tiempo; por consiguiente, cambia la disposición a pagar.³⁵ Por tales razones se recomienda utilizar tres tipos de curva de demanda por grupo de consumidores, que simulan la disposición a pagar en función del consumo y su desplazamiento horizontal en el tiempo (MIDEPLAN: 1992). La de Tipo 1 es de elasticidad precio-consumo constante a un mismo nivel de precios. La del Tipo 2 es de igual pendiente para distintos niveles de demanda y de distintas elasticidades precio-consumo para un mismo nivel consumo. La de Tipo 3 es de elasticidad precio-consumo constante para todas las curvas a precios y cantidades demandadas.

³⁵ Por factores de ingreso, tamaño de la familia, bienes complementarios

La curva Tipo 1 se usa cuando la demanda per cápita permanece estable en el tiempo, de modo que la demanda proviene de nuevos consumidores que se incorporan al sistema de agua (ver Figura 2.13). La curva Tipo 2 considera la variación de consumo per cápita y, en consecuencia, la variación de la disposición a pagar a cada nivel de precio. Este tipo de curva es aplicable a grupos de zonas residenciales de países en desarrollo (ver Figura 2.14). La curva Tipo 3 representa mejor el comportamiento de los hogares en que predomina el consumo de agua dentro de las viviendas (ver Figura 2.15).

Figura 2.13

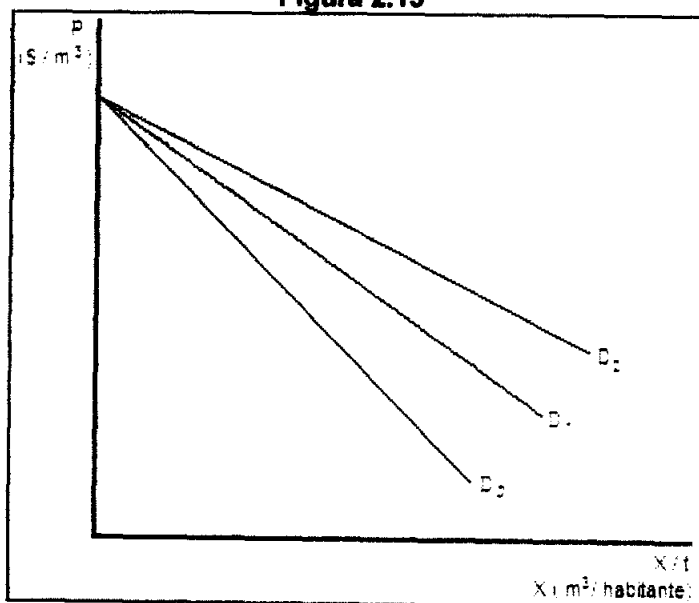


Figura 2.14

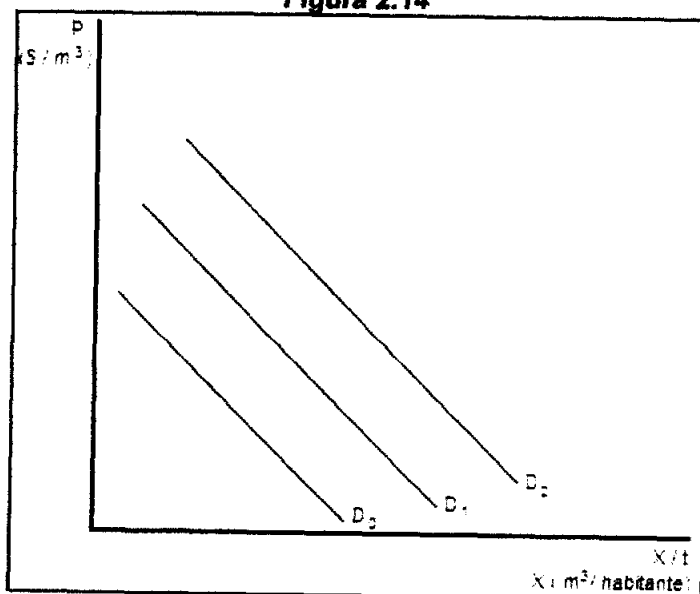
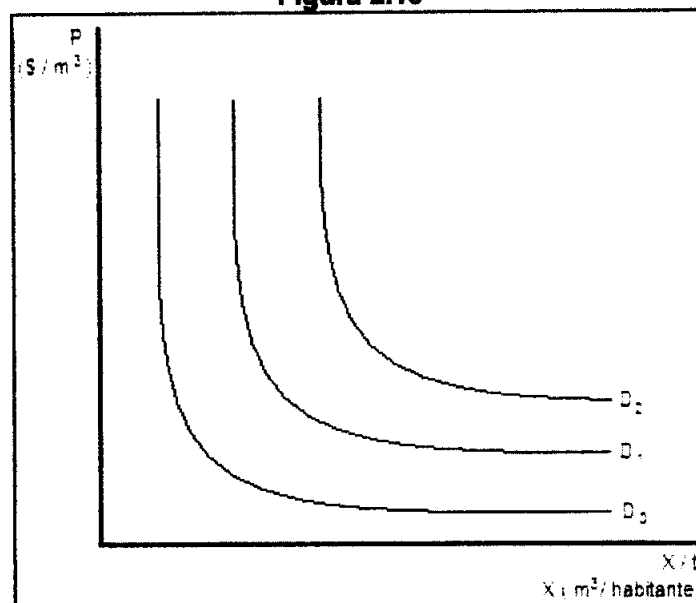


Figura 2.15



2.7.8 El horizonte de evaluación

Para la evaluación de proyectos de agua potable, el horizonte de evaluación que se considera es de 30 años. En general, el horizonte de evaluación es menor o igual a la vida útil económica de las obras.

2.7.9 Los indicadores de rentabilidad

En proyectos de agua, los beneficios son crecientes en el tiempo. En consecuencia, el problema no es si conviene o no el proyecto, sino cuándo es el momento óptimo de inversión y operación. Si se posterga la ejecución del proyecto, también se postergan los beneficios que este produce y existe un periodo en que el valor actual neto (VAN) es máximo, indicando el momento óptimo de ejecutar el proyecto. Para ello, el criterio de decisión utilizado es la tasa de rentabilidad inmediata (TRI). El momento óptimo de entrada en operación de un proyecto de agua potable es aquel año en el que los beneficios netos generados durante el primer año de operación, son mayores que el costo de oportunidad de la inversión.

Para poder explicar el concepto del momento óptimo es conveniente ejemplificar un caso considerando los siguientes supuestos: i) la inversión dura para siempre; ii) los beneficios son función del tiempo calendario, independiente del momento en que se construya el proyecto, de tal forma que el beneficio en el año i -ésimo periodo es igual a $B_i=i$; iii) los costos del proyecto no cambian cuando se

El VABN alcanza su valor máximo cuando la variación de los beneficios netos es igual a cero. Entonces, se tiene:

$$\Delta VABN_n = \frac{C_0 r}{(1+r)^n} - \frac{n}{(1+r)^n} = 0$$

Por lo tanto,

$$\Delta VABN_n = 0$$

Cuando,

$$B_n = n = rC_0$$

El momento óptimo para iniciar una inversión cuyo costo no cambiará y cuyos beneficios netos anuales dependen únicamente del tiempo calendario, es aquel en que el beneficio neto del primer año de operación del proyecto es igual al costo de capital de la inversión. En otros términos, si $B_n/C_0 = TRI \geq r^*$ conviene iniciar el proyecto.

2.8 La metodología de evaluación para proyectos de alcantarillado sanitario

El principal objetivo de este tipo de proyectos es disminuir los costos en que incurre la sociedad por evacuar las aguas residuales que se generan. Los beneficios que generan los proyectos de alcantarillado son de difícil medición, ya que influyen en la salud y en la calidad de vida, aspectos que también dependen de otros servicios, como el agua potable, la alimentación, etc. Últimamente, se ha buscado aplicar una metodología costo-beneficio con la que se pueda establecer la conveniencia de ejecutar el proyecto. Para ello se requiere identificar, cuantificar y valorar todos los beneficios y costos asociados a él.

Un sistema de alcantarillado público está compuesto principalmente por ocho elementos: redes, uniones domiciliarias, casetas sanitarias, colectores, plantas de elevación, colectores interceptores, emisarios, plantas de tratamiento de aguas servidas.

Dependiendo del efecto producido al incorporar o mejorar el sistema de alcantarillado, los proyectos de alcantarillado sanitario se pueden distinguir en cinco proyectos: Construcción de un sistema de alcantarillado, *Proyectos de instalación de redes con uniones domiciliarias*, *Aumento de capacidad de colectores o interceptores*

existentes, Plantas elevadoras de aguas servidas en colectores principales.
Construcción o mejoramiento de planta de tratamiento.

2.8.1 Los proyectos de dotación de un sistema de alcantarillado

Estos proyectos consisten en dotar de alcantarillado a una población desprovista totalmente de este servicio. En este caso, se debe considerar el proyecto completo, que va desde las redes de recolección hasta la evacuación final.

2.8.2 Los proyectos de ampliación de redes de alcantarillado

Este tipo de proyectos consiste en dotar de un sistema de alcantarillado, a parte de una población desprovista de éste. La gran mayoría de viviendas sin un sistema público de evacuación de aguas servidas posee algún sistema de evacuación alternativo, que generalmente es de baja calidad sanitaria. Estos sistemas van desde pozos negros o letrinas hasta sistemas de fosas sépticas, cuyo costo de inversión es alto.

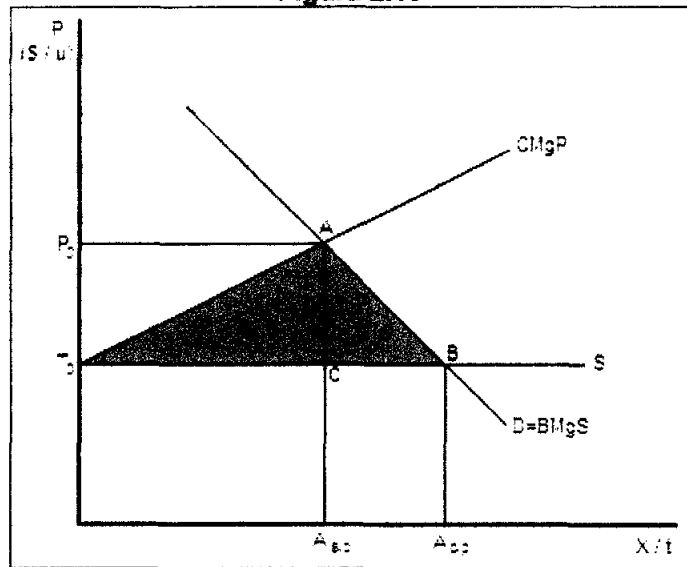
La Figura 2.16 muestra el caso de proyectos de ampliación de redes de alcantarillado. Las molestias asociadas a los sistemas ineficientes se modelan como un costo marginal adicional a la tarifa, por cada unidad de agua consumida. Por lo tanto, la curva de costo marginal (CMgP) representa el costo adicional de consumir agua para un consumidor que dispone de un sistema ineficiente de evacuación de aguas servidas y excretas en la vivienda.

El punto de equilibrio inicial está representado por el punto A, con un nivel de consumo $A_{s/p}$ al costo marginal total P_0 , igual a la tarifa T_0 , más el costo marginal de la molestia CA. El efecto de un proyecto de ampliación de alcantarillado se representa como la eliminación de los costos por molestias asociados al sistema ineficiente, con lo cual se produce un abatimiento de su curva de costo marginal, haciéndose igual a la tarifa T_0 . Se obtiene así un nuevo punto de equilibrio, B, observándose un aumento del nivel de consumo desde $A_{s/p}$ hasta $A_{c/p}$.

El beneficio neto atribuible al proyecto se representa por el área T_0AB , el cual se puede dividir en dos efectos: beneficio neto por ahorro de costos por molestias para las $A_{s/p}$ unidades inicialmente consumidas, representada por el área T_0AC , y beneficio neto por aumento de consumo desde $A_{s/p}$ a $A_{c/p}$, representado por el área ACB.

Uno de los beneficios que se obtiene al ampliar o instalar un sistema de alcantarillado, es el incremento en el consumo de agua potable. La generación de aguas servidas y excretas es producto del consumo de agua potable, por lo que en la medida en que disminuyan los costos de evacuación, los usuarios se ven incentivados a consumir una mayor cantidad de ella.

Figura 2.16



2.8.3 Los proyectos de construcción o ampliación de plantas de tratamiento

Se justifica este tipo de proyectos si se detecta que los niveles de contaminación de los cuerpos de agua receptores han excedido los niveles máximos de contaminación permitido.

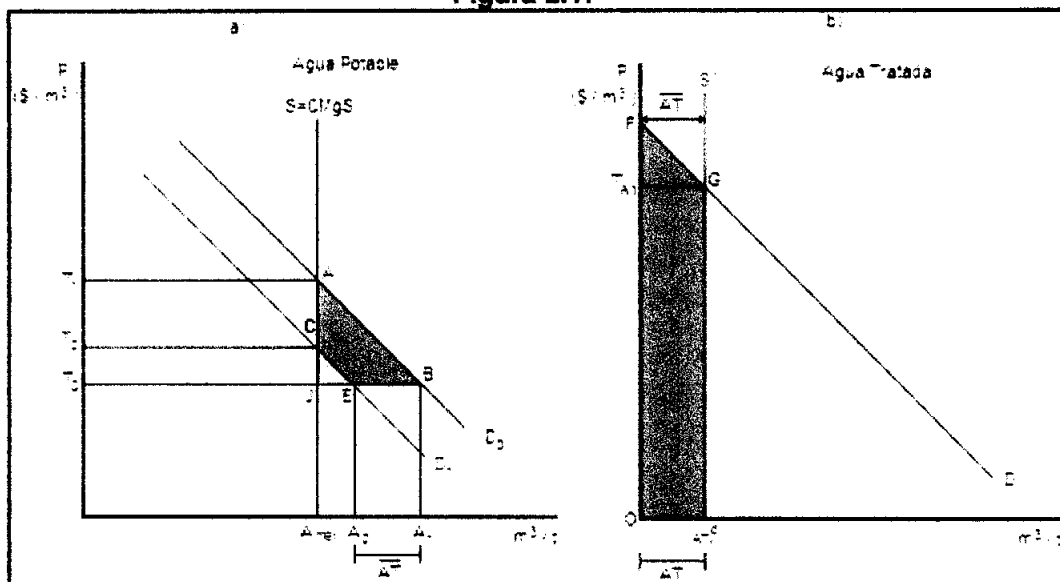
En la Figura 2.17 se presenta el caso de proyectos de construcción de plantas de tratamiento. Para este caso, se hace el supuesto que el agua tratada se puede reutilizar, inclusive para consumo humano. En este tipo de proyectos se identifican beneficios en los dos mercados analizados, es decir, en el mercado por agua potable y en el mercado por agua tratada.

En la Figura 2.17b se muestra la demanda por agua tratada, misma que se satisface en la situación sin proyecto mediante el consumo de agua potable. En la situación con proyecto (S') la tarifa por agua tratada es igual a T_{A1} (la tarifa T_{A1} debe ser relativamente menor que la tarifa T_0 de la Figura 2.17a, con lo cual ocurren dos efectos: incremento de la cantidad total consumida de agua tratada y sustitución de agua potable por agua tratada.

El efecto por el incremento de la cantidad total consumida de agua tratada tiene como consecuencia un beneficio por mayor consumo, el cual corresponde a la cantidad adicional consumida (AT^d_{1-0}) y se valora con el área bajo la curva de demanda que equivale a los beneficios marginales sociales (BMgS) y se representa por el área $FGAT^d_{1-0}$ de la Figura 2.17b. Este beneficio incluye a todos los que demandan agua tratada, ya sea para uso agrícola, industrial, etc. El efecto por sustitución por agua tratada genera como beneficio la liberación de recursos utilizados por la sociedad en la producción de m^3 de agua potable. Este beneficio se representa por el área EBA_1A_2 de la Figura 2.17a.

Si por efecto del proyecto de saneamiento la liberación de agua potable fuera tal que fuera posible postergar inversiones ya programadas, se tendría un beneficio adicional atribuible a la planta de tratamiento, que sería los postergación de la inversiones por agua potable. En la Figura 2.17a, el área $ABEC$ representa un beneficio por el ahorro o postergación de inversiones en agua potable. Para que se materialice este beneficio, la tarifa T_0 debe ser relativamente más elevada que la tarifa T_{A1} de la Figura 2.17b. Se debe notar que el área CEJ no se cuenta, pues con y sin proyecto se pierde, lo único que se posterga es la inversión.

Figura 2.17



2.8.4 La identificación de costos

2.8.4.1 Los costos privados

Los costos privados son todos los costos de insumos en los que incurre la empresa o la entidad ejecutora del proyecto para la construcción de las obras y operación del proyecto. Estos insumos son valorados a precios de mercado y estos involucran la realización de estudios de factibilidad y diseños. En cuanto a la operación del proyecto, los costos se identifican como la mano de obra, materiales y equipos.

2.8.4.2 Los costos sociales

Los costos sociales son los costos directos en los que incurre la **sociedad**. Estos costos se dividen en costos de inversión, operación y mantenimiento. Los costos directos se deben corregir por sus respectivos precios sociales, recomendados por el CEPEP en relación a la divisa, mano obra y tasa de descuento. Para los costos sociales de inversión y operación deben descontarse los impuestos IVA, derechos de aduanas y otros impuestos específicos.

2.8.5 La identificación de beneficios

2.8.5.1 Los beneficios privados

Los beneficios privados son los ingresos monetarios que percibe la empresa por la operación del proyecto. Estos ingresos adicionales por el proyecto corresponden al cargo fijo por alcantarillado, cobrado por los nuevos usuarios del sistema y por el mayor consumo de agua potable, atribuible al uso del sistema de alcantarillado.

2.8.5.2 Los beneficios sociales

Los beneficios sociales de proyectos de instalación o ampliación de **servicios de alcantarillado** se generan por un mayor consumo de agua de los usuarios; además, se genera un beneficio adicional derivado del ahorro de costos de mantenimiento y limpieza de sistemas alternativos.

Para proyectos de disposición final, como plantas de tratamiento, los beneficios corresponden a la reutilización del agua tratada para consumo humano. Otro beneficio se genera por la disminución en el índice de enfermedades hídricas de la población, en el caso que las aguas del curso receptor sean usadas para riego de hortalizas,

baño y recreación, pues a causa del proyecto podrán ser utilizadas **sin peligro para la salud humano**. Para el caso en que las aguas tratadas sean usadas para la actividad agrícola y que el agua utilizada cumpla con la calidad y leyes sanitarias, el beneficio social corresponde a un mayor excedente agrícola.

Los beneficios intangibles se relacionan con una menor proliferación de fauna y flora nociva, y con una mejor calidad físico-bacteriológica del curso receptor, que permita una mayor valoración en el paisaje.

2.8.6 El horizonte de evaluación

Para la evaluación económica de proyectos de alcantarillado, el horizonte de evaluación que se considera es de 20 años. Dependiendo de la magnitud del proyecto, y para plantas de tratamiento de aguas servidas, el horizonte a utilizar es de 30 años.

2.8.7 Los indicadores de rentabilidad

En proyectos de instalación de servicios de alcantarillado es posible **determinar el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR)**, ya que es posible cuantificar sus beneficios privados y sociales.

Para proyectos de plantas de tratamiento es posible determinar los indicadores **valor actual de los costos (VAC) o el costo anual equivalente (CAE)**.

CAPÍTULO 3

UN CASO DE ESTUDIO PARA MÉXICO: EVALUACIÓN SOCIAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA ARNULFO VILLA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LA ZONA CONURBANA DE ZAMORILLA⁴⁰

El bienestar del país o de una comunidad se refleja en la disponibilidad de bienes y servicios. Con la realización de un proyecto se dispone de más bienes para cumplir una necesidad a satisfacer, pero al mismo tiempo se sacrifica la producción de otros bienes. Por consiguiente, la evaluación de proyectos es una herramienta útil para la toma de decisiones, pues incorpora el costo de oportunidad de los recursos. Esta investigación tiene como propósito evidenciar empíricamente si la evaluación social (análisis costo-beneficio) implementada en un proyecto de inversión pública ayuda a que se asignen eficientemente los recursos.

En el primer apartado de este tercer capítulo se describen los antecedentes, el origen y la descripción del proyecto, así como el objetivo de estudio. El objetivo principal de esta sección es identificar y establecer la magnitud actual del problema. En el segundo apartado se describe la situación actual sin proyecto en el cual se exponen las formas de abastecimiento desde un punto de vista físico y técnico. Además, se determina el déficit actual de agua potable con base en la demanda obtenida.

En el tercer apartado se describen las medidas de optimización propuestas a la situación actual para no atribuirle beneficios o costos ilegítimos al proyecto y se procede a proyectar tanto la demanda como la oferta. En el cuarto apartado se describe la situación con proyecto, tomando la construcción de la presa "Arnulfo Villa" como la más factible técnicamente; sin embargo, en este apartado el objetivo es encontrar alguna alternativa que presente los mismos beneficios del proyecto. Posteriormente, se procede a proyectar la demanda como la oferta en el horizonte de evaluación. En el último apartado se realiza la evaluación describiendo todos los beneficios y costos en la situación sin y con proyecto y se determinan los parámetros a utilizar.

⁴⁰ Para esta investigación los datos proporcionados son de uso confidencial y por esta razón el caso se toma como hipotético, no modificando el propósito de la investigación ni el resultado de la evaluación.

3.1 Los antecedentes

La Zona Metropolitana de Zamorilla (ZMZ) está conformada por los municipios de: Zamorilla, Viveros, Garibaldi y Ciudadela. Por su parte, la Zona Conurbana de Zamorilla (ZCZ), además de incluir a la ZMZ, contempla a los municipios de Ixtlán, El Brinco y Tlalpantepac. La ZCZ se encuentra localizada en el centro del Estado de Zamora y cuenta con una población aproximada de 4.05 millones de habitantes para el año 2006.⁴¹

El organismo encargado de la distribución del agua en la ZMZ es el Sistema Intermunicipal para el Servicio de Agua Potable, Alcantarillado y Operación (SAAPO) y la entidad responsable de dotar de volúmenes de agua en bloque a SAAPO es la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CONESAS, Zamorilla). En el año 2006, el 93% de la población de la ZCZ está conectada a la red de distribución de agua potable. El abastecimiento de agua se lleva a cabo con las siguientes fuentes de captación: lago de la Eternidad, presa Santa Martha y fuentes subterráneas.

3.1.1 El origen del proyecto

La principal fuente de abastecimiento de la ZCZ es el lago La Eternidad, que aporta alrededor del 60% del suministro total. Sin embargo, de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUAS), la variabilidad en los niveles de almacenamiento del lago, el déficit existente, la imposibilidad de aumentar la extracción de las fuentes subterráneas, el aumento de la población en la ZCZ, son las principales causas para desarrollar fuentes alternativas de abastecimiento. Esto implica que, en el mediano plazo, no se pueda disponer de más agua para uso humano de esta fuente.

Ante la problemática descrita, la CONESAS, con el respaldo de la CONAGUAS, propone llevar a cabo la construcción de una presa en el sitio Arnulfo Villa. Esta alternativa podría sustituir totalmente al lago La Eternidad como fuente de abastecimiento y eliminar el déficit de agua potable existente.

3.1.2 La descripción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de una presa para el abastecimiento de agua potable a la ZCZ, con una capacidad de 455 millones de m³ y de abastecimiento de 10.4 m³/seg. Además, plantea un esquema de bombeo-generación para disminuir los

⁴¹ Fuente: CONAPO, con base en proyección de la población de México 2000-2050.

costos de bombeo y los costos de generación eléctrica. Las obras incluyen adicionalmente: la construcción de conducciones y tanque de regulación, la ampliación de plantas potabilizadoras existentes y de la intercomunicación entre estas últimas por medio de un acueducto.

La definición del proyecto contempla el esquema de generación de energía eléctrica para venderla al Sistema Eléctrico Nacional. Sin embargo, el objetivo principal de este proyecto es abastecer de agua potable a la ZCZ. La presente evaluación sólo considera aquellos componentes del proyecto que inciden directamente en el logro de este objetivo.

3.1.3 El objetivo del estudio

Este estudio se enfocará únicamente al análisis de abastecimiento de agua potable a la ZCZ. Se realizará la evaluación socioeconómica a nivel perfil del proyecto de construcción de la presa Amulfo Villa, con el fin de determinar el momento óptimo de realizarlo, así como la rentabilidad del mismo (VAN).⁴²

3.2 La situación actual

En el año 2006, la ZCZ se abastece de agua de fuentes superficiales y fuentes subterráneas. Las fuentes superficiales son el lago La Eternidad y la presa Santa Martha, mientras que las subterráneas son pozos, correspondientes a dos acuíferos: Telpan y Atempan.

3.2.1 La oferta, capacidad instalada y el proceso de operación

El lago La Eternidad posee una superficie de 1,100 km² y una capacidad de almacenamiento de 8,125 millones de m³. Tiene una profundidad media de 7.2 m y máxima de 10 m, con un nivel de referencia de 4,500 millones de m³.⁴³ Recibe agua de los ríos Leiva y Duran (273 millones m³/año) y de la precipitación pluvial en el vaso lacustre (711 millones m³/año). Al año se evaporan 1,394 millones de m³ de agua. Durante la temporada de lluvias, recibe también las aportaciones de los ríos La Palma, Sahueyo y Tula. Este último se convierte en un afluente "estacional" del lago La Eternidad, debido a que, con la finalidad de aportar más agua al lago, en los meses de

⁴² Lo más importante en este nivel de estudio es la definición, la determinación de sus objetivos y la identificación de alternativas.

⁴³ CEPEP (2000).

lluvia se hace fluir agua de este río, mediante un sistema de bombeo y compuertas situado en Tlacotlán. El río San José constituye el efluente natural del lago, por donde fluyen 3.55 m³/seg.

A través del tiempo, el lago La Eternidad ha sufrido una reducción en sus niveles. Esto se debe a que sus principales aportaciones de agua se han reducido, puesto que se ha incrementado la extracción de agua para el desarrollo de la agricultura, uso público urbano y la industria; además, existe una "fuerte" evaporación del lago. El lago La Eternidad históricamente ha sido una importante fuente de abastecimiento para el riego de las zonas agrícolas aledañas, la que se complementa con extracciones de los ríos Leiva y Duran, y un sistema de pozos que extraen agua de los mantos freáticos.

En la ribera del lago existen 6 módulos de riego que tienen concesiones por parte de la CONAGUAS para extraer agua directamente: La Penca, Leiva, Janoy, El Roble, Cuicuico y Tula, los cuales riegan una superficie de 8,328 hectáreas (ha.) con un volumen aplicado de 75.6 millones de m³ al año. Los principales cultivos son: maíz, trigo, cártamo, avena, pasto forrajero, alfalfa, caña de azúcar, membrillo y hortalizas. El módulo más grande es el de La Penca, perteneciente al distrito de riego 024. Tiene una superficie de 3,800 ha., cuya superficie regada en el ciclo agrícola 2003-2004 fue de 2,713 ha., con un volumen de agua aplicado de 12.7 millones de m³ en el año, es decir, 0.40 m³/seg. En algunos años, cuando las lluvias son abundantes, La Ciénega-La Eternidad se inunda, por lo que se ha bombeado agua al Lago de la Eternidad.

Se suman a estos módulos aquellos que no realizan extracciones directas de lago, pero la extraen de los ríos Leiva, Tula y San José, los cuales representan en total una superficie de riego de 11,938 ha., con un volumen aplicado de 109.6 millones de m³ al año. Sin embargo, el sistema de riego presenta ineficiencias por la pérdida en la conducción y distribución que van desde el 49% (módulo de Zapotlanejo) hasta el 62% (módulo Santiago y Baratillos). Esto se debe principalmente a que la infraestructura de riego, en su mayoría, son canales de tierra a cielo abierto.⁴⁴ La información desglosada por módulo se presenta en el anexo E.

En el año de 1956 se inició la recepción de afluentes del lago La Eternidad para el aprovechamiento de la ciudad de Zamorilla y para el riego de la zona de Atemiza, mediante un sistema de bombeo ubicado en el municipio de Tlacotlán (Planta de

⁴⁴ Guzmán (2000).

Bombeo Tlacotlán). El gasto es conducido a través de un canal a cielo abierto de 56 km. de longitud.⁴⁵ El control de las extracciones se realiza mediante la presa de Tonatlán, a partir de la cual el río San José continúa a lo largo de 20 km. hasta la presa derivadora la Victoria, que se conecta con el canal Atemiza con una longitud de 28 km. y con una capacidad máxima de 10 m³/seg. El agua continua hacia la planta de bombeo 1 (PB1) y de ésta hacia la planta de bombeo 2 (PB2) antes de entregar los volúmenes correspondientes a las plantas de potabilización.

Posteriormente, en el año de 1991 se inició la operación del sistema La Eternidad-Zamorilla, para abastecer de agua potable a la ZMZ, el cual consiste de un sistema de bombeo en el lago La Eternidad y un acueducto cerrado de 42.6 km. de longitud y 7.5 m³/seg. de capacidad. Ambos sistemas de conducción se encuentran en operación. Sin embargo, el agua para el abastecimiento de la ZMZ se realiza principalmente mediante el sistema "La Eternidad-Zamorilla" con una extracción de 5.5 m³/seg. para el año 2005, la cual es conducida en forma directa hasta la Planta Potabilizadora 1 (PP1) y la Planta Potabilizadora 2 (PP2), para llevar a cabo el procesamiento del agua cruda. El sistema de conducción Tlacotlán-Zamorilla se utiliza para riego y ocasionalmente para suministrar agua a la PP2.

La presa Santa Martha inició operaciones en 1994 y actualmente es la segunda fuente de abastecimiento superficial para la ZCZ. Aprovecha los caudales del río Moreno, se ubica en los municipios de Acatita y El Zapote, con una capacidad útil de 80 millones de m³ y ha aportado un gasto promedio de 1.0 m³/seg. en los últimos 5 años.⁴⁶

El aprovechamiento de aguas subterráneas aporta aproximadamente 3.0 m³/seg. al sistema. Los pozos profundos instalados en la línea que cubre los acuíferos de Telpan y Atempan representan el sistema de aportación de fuentes subterráneas para el abastecimiento de agua a la ZCZ.

Potabilización

El agua superficial es conducida hacia las plantas potabilizadoras existentes, las cuales tienen las siguientes características: i) la PP1 trata las aguas provenientes del lago La Eternidad, que cuenta con una capacidad instalada de 9.0 m³/seg., ii) el agua

⁴⁵ Ídem.

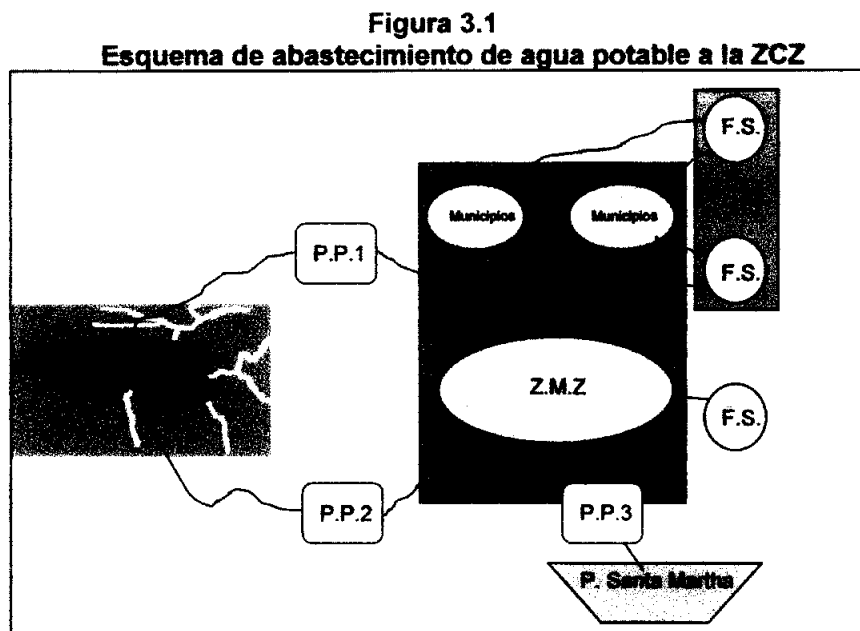
⁴⁶ Datos proporcionados por SAAPO y CONESAS.

del lago La Eternidad también se potabiliza en la PP2, la cual cuenta con 2.0 m³/seg. de capacidad instalada y iii) la planta potabilizadora 3 (PP3) cuenta con una capacidad instalada de 3.0 m³/seg. y trata el agua captada de la presa Santa Martha.

Para el agua subterránea se inyecta una dosis de cloro para su desinfección en las líneas de conducción primaria de la ZCZ, ya que el agua subterránea cumple con los límites máximos permisibles establecidos por la norma oficial mexicana (NOM/127SSA/96, agua para uso y consumo humano).

Red de distribución

La red de distribución de agua de la ZMZ no se encuentra conectada con las redes de distribución de los municipios de la zona conurbana. En la Figura 3.1 se muestran en forma esquemática las fuentes de abastecimiento de agua potable a la ZCZ.



En la Figura 3.1 se describe a las P.P.1 y P.P.2 como las plantas potabilizadoras número 1 y número 2, que en conjunto potabilizan el agua cruda proveniente del lago La Eternidad para dar servicio a la ZMZ. La P.P.3 corresponde a la planta potabilizadora número 3 que potabiliza el agua proveniente de la presa Santa Martha que da igualmente servicio a la ZMZ. La ZMZ también se abastece de fuentes subterráneas (F.S) que pertenecen a los acuíferos: Telpan y Atempan. Anteriormente, se describió que la red de distribución de agua de la ZMZ no está conectada con la zona conurbana y, los municipios restantes (Ixtlán, El Brinco y Tlalpantepac) se abastecen de fuentes subterráneas (F.S).

Pérdidas físicas

Según datos del SAAPO, las acciones de reposición de tuberías que ha venido realizando lo han llevado a lograr una eficiencia física del 68%. De continuar con este programa se tiene previsto que para el año 2018 se logre una eficiencia física del sistema del 77%. Esto permitiría aumentar la oferta en la ZCZ, por lo tanto, es pertinente para la valoración de beneficios del proyecto considerar la eficiencia física lograda por este programa en el horizonte de evaluación (ver Cuadro 1).

Cuadro 3.1
Programa de reducción de pérdidas físicas

Año	Eficiencia física
2005	68.00%
2006	68.70%
2007	69.40%
2008	70.10%
2009	70.80%
2010	71.50%
2011	72.20%
2012	72.90%
2013	73.60%
2014	74.30%
2015	75.00%
2016	75.70%
2017	76.40%
2018	77.00%
2019	77.00%

Fuente: SAAPO.

En virtud de lo anterior y a manera de resumen, se presenta en el Cuadro 3.2 la composición de la oferta de agua potable para la ZCZ correspondiente al año 2005.

Cuadro 3.2
Composición de la oferta para la ZCZ para 2005

Concepto	m³ /seg.
Agua superficial	6.50
Agua subterránea	3.00
Total producido	9.50
Pérdidas por conducción	0.01
Pérdidas por potabilización	0.20
Fugas físicas	2.83
Total de pérdidas físicas	3.04
Total entregado	6.46

Fuente: Universidad Autónoma de Zamorilla (2005).

3.2.2 El costo marginal social de producción

El costo marginal social de producción de agua potable de las fuentes actuales es igual a 3.84 \$/m³ (ver Anexo F). Este valor corresponde a los cálculos realizados tomando en cuenta los costos de producción por extracción, conducción, potabilización y distribución. Así mismo, se hace el supuesto que este costo marginal refleja el costo de oportunidad del agua (ver Cuadro 3.3 y Anexo F).⁴⁷

Cuadro 3.3
Costo marginal Social

Concepto	Unidades
Costos de conducción y extracción	\$26.25
Costos de potabilización	\$15.95
Costos de distribución, facturación y cobranza	\$40.15
Total (millones de pesos)	\$82.35
Total entregado (m3/segundo)	0.68
Total entregado (millones de m3/año)	21.44
Costos variables (\$/m3)	3.84
Costo marginal (\$/m3)	3.84

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CONESAS para el año 2005.

3.2.3 La demanda de agua potable

Para el 2005, el 93% de los usuarios de la ZCZ disponen de micromedidor y pagan una tarifa variable de acuerdo con su consumo. Los usuarios de tipo doméstico representan el 91% del número total de tomas en la ZCZ. Los tipos de usuarios se clasifican en: domésticos y no domésticos.

En este estudio, los usuarios domésticos se agruparon por su rango de consumo, para así clasificarlos por nivel socioeconómico; el estrato alto consume de 30 m³ en adelante, el medio consume de 20 a 30 m³ y el bajo menos de 20 m³ al mes.

Los no domésticos se clasifican en: industrial, comercial y servicios del sector público. Este último integra a los usuarios de tipo municipal, estatal, federal y paraestatal. El Cuadro 3.4 muestra el número total de tomas en la ZCZ, en el año 2005, para usuarios domésticos y no domésticos.

⁴⁷ El costo de oportunidad del agua muestra la escasez del recurso, es decir, el costo de oportunidad es la máxima alternativa rechazada, pues el agua puede tener otros usos, por ejemplo en la agricultura. Por consiguiente, el costo marginal social es lo que verdaderamente le cuesta al país producir agua potable.

Cuadro 3.4
Número de tomas con medición y sin medición, 2005.

Usuarios	Total de tomas con medidor	Total de tomas sin medidor	Número de tomas totales
Bajo	529,405	10,804	540,209
Medio	175,165	17,324	192,489
Alto	69,043	11,239	80,282
Comercial	74,568	2,549	77,117
Industrial	3,319	216	3,535
Sector Público	4,145	-	4,145
Total	855,645	42,132	897,777

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SAAPO, 2005.

Las tarifas

Actualmente la política de tarifas del SAAPO establece una sectorización del padrón de usuarios, el cual se divide en: uso doméstico y otros usos. El cobro de agua potable para los usuarios que tienen servicio medido se hace por cada m³ consumido. Para los usuarios domésticos las tarifas vigentes, que corresponden a su consumo promedio mensual, son: 1.67 \$/m³ para el nivel bajo, 7.23 \$/m³ para el nivel medio y 10.78 \$/m³ para el nivel alto.⁴⁶ Las tarifas de los usuarios no domésticos que se clasifican en comercial, industrial y servicio del sector público son las siguientes: 6.18 \$/m³, 27.27 \$/m³ y 28.11 \$/m³, respectivamente, que corresponden a su consumo promedio mensual (ver Anexo G).

El consumo promedio

Los consumos promedio mensuales de los usuarios domésticos y no domésticos corresponden al estudio de *Tarifación a Costo Marginal de Largo Plazo*.⁴⁵ En dicho estudio, se clasificó el número de tomas por colonias y, con el padrón de usuarios, se determinó el consumo promedio mensual por toma, para después clasificar, tanto a los usuarios domésticos como a los no domésticos, en diferentes rangos de consumo. Para los usuarios domésticos se identificaron cinco rangos de consumo y para los usuarios no domésticos se clasificaron en: comerciales, industriales, estatales, municipales, federales y paraestatales.

Sin embargo, en este estudio se procedió agrupar a los usuarios domésticos en sólo tres rangos de consumo (bajo, medio y alto), por lo que se calculó un promedio ponderado para ellos. Para los usuarios no domésticos, se optó por clasificarlos en

⁴⁶ Ley de Ingresos del Municipio de Zamorilla para el ejercicio fiscal 2006.

⁴⁹ SAAPO (2002).

tres tipos de usuarios: comercial, industrial y servicio del sector público. Para este último usuario, su consumo es un promedio ponderado mensual de la clasificación hecha por el estudio de *Tarifificación a Costo Marginal de Largo Plazo*. En todos los consumos promedio, se hizo el supuesto que el ingreso nacional per cápita no ha aumentado en el periodo 2002-2005 y por consiguiente, el consumo promedio se mantiene constante.

Para cada tipo de usuario, se hace el supuesto de que no hay restricción de oferta para calcular el consumo deseado de toda la ZCZ a las tarifas vigentes, el cual se muestra en el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5
Consumo promedio mensual para el año 2005 a las tarifas actuales

Usuarios	Precio (\$/m³)	Consumo (m³/mes/toma)
Bajo (0-20m ³)	1.67	17
Medio (20-30m ³)	7.23	23
Alto (30 m ³ -más)	10.78	36
Comercial	6.18	38
Industrial	27.27	175
Sector público	28.11	65

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Estudio de Tarifificación a Costo Marginal de Largo Plazo, CONAGUAS y Ley de Ingresos.

Para identificar la tarifa que corresponde a los consumos promedio de los diferentes usuarios, se utilizó la Ley de Ingresos del municipio de Zamorilla, Zamora, donde se identificó cuánto se cobra por cada m³; es decir, la tarifa marginal por cada m³ que se consume (ver Anexo G). Una vez teniendo los consumos promedio y las tarifas que corresponden a estos, se procedió a calcular el consumo deseado total de los usuarios en la ZCZ; es decir, teniendo los consumos promedio, se multiplicó por su número de tomas correspondiente, para después multiplicarlos por doce meses y obtener el consumo por m³ al año por usuario. Posteriormente, se sumaron los consumos deseados por m³ /año de los usuarios, que es igual a 243.8 millones de m³ al año, para finalmente aplicar la conversión a m³/seg., obteniendo como resultado 7.73 m³/seg. (Ver Cuadro 3.6).

Cuadro 3.6
Consumo para el año 2005 a tarifas vigentes

Usuario	Precio \$/m ³	Tomas	Qdt		
			m ³ /mes/toma	mm ³ /año	m ³ /seg.
Bajo	1.67	540,209	17	110.2	3.49
Medio	7.23	192,489	23	53.12	1.68
Alto	10.78	80,282	36	34.68	1.10
Comercial	6.18	77,117	38	35.60	1.12
Industrial	27.27	3,535	175	7.42	0.24
Sector público	28.11	4,145	65	3.23	0.10
Total				243.83	7.73

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Estudio de Tarificación a Costo Marginal de Largo Plazo, CONAGUAS y Ley de Ingresos.

Ecuación de la demanda

La función adoptada para el cálculo de la demanda agregada en la ZCZ, fue tomada de un estudio realizado por la CONAGUAS.⁵⁰ La función de demanda de agua potable es para usuarios domésticos y no domésticos y es diferente para las regiones del país. Para la ZCZ la función es la siguiente:

$$Q = AP^e$$

donde:

Q = consumo en m³/ año/toma;

A = constante que define el nivel de la curva de demanda, respecto a la máxima disposición a pagar de cada tipo de usuario;

P = precio por metro cúbico (tarifa);

e = elasticidad precio de la demanda para la región donde se ubica el estado de Zamora, cuyo valor es de -0.43293 para los usuarios domésticos y de -0.20 para los usuarios no domésticos.

Teniendo el consumo promedio mensual a las tarifas vigentes y las elasticidades de los usuarios domésticos como no domésticos, se procedió a calcular la constante A para cada tipo usuario. En resumen, para cada tipo de usuario, se tiene

⁵⁰ CONAGUAS (1990).

el consumo promedio mensual a la tarifa vigente, es decir, se tiene Q y P ; y por la definición de la ecuación de la CONAGUAS también se tiene e . Así, sólo se calcula la constante A .

En el Cuadro 3.6 se muestra como se definieron las ecuaciones de demanda de los diferentes usuarios y la ecuación de la demanda agregada mensual a las tarifas vigentes (ver Anexo H).

Cuadro 3.6
Ecuaciones de demanda mensual para los distintos usuarios

Usuario	Tipo	Ecuaciones
Domésticos	Bajo	$Q = 21.23P^{(-0.43293)}$
	Medio	$Q = 54.16P^{(-0.43293)}$
	Alto	$Q = 100.78P^{(-0.43293)}$
No Domésticos	Comercial	$Q = 54.70P^{(-0.20)}$
	Industrial	$Q = 338.98P^{(-0.20)}$
	Sector público	$Q = 126.67P^{(-0.20)}$
Demanda Agregada		$Q = 176.17P^{(-0.43293)} + 520.35P^{(-0.20)}$

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos obtenidos.

3.2.4 El balance oferta-demanda en la situación actual

Cuadro 3.7
Balance oferta demanda en la situación actual (m³/seg.).

Año	Extraído sit. s/p	Eficiencia física	Entregado (oferta)	Demanda total	Balance
2005	9.5	68%	6.46	7.73	-1.27

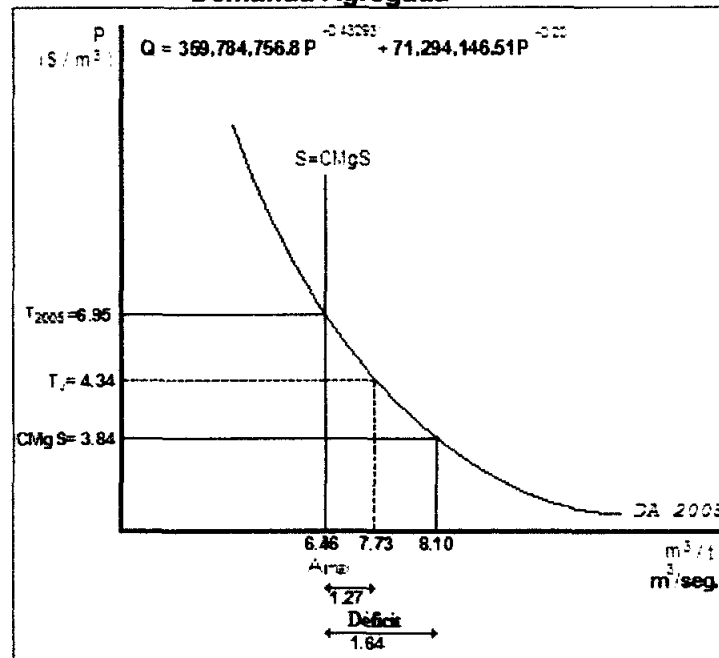
Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos obtenidos.

La Figura 3.2 muestra la curva de demanda agregada anual para la ZCZ en el año 2005 en la situación actual, donde el consumo deseado es 7.73 m³/seg. a la tarifa implícita (T_0 en la gráfica de la Figura 3.2) de las tarifas vigentes.⁵¹ La oferta actual es

⁵¹ La tarifa implícita se refiere a la tarifa a la que estarían dispuestos a consumir la cantidad de 7.73 m³/seg. los usuarios de la ZMZ. Para calcular la tarifa implícita se iguala la cantidad de 7.73 m³/seg. con la ecuación de demanda agregada, en unidades de medida m³/año ($Q=359,784,756.8P^{(-0.43293)}$ - $71,294,146.51P^{(-0.20)}$) y se procede a dejar P . Para despejar P de la ecuación se calcula por medio de una hoja de cálculo hasta aproximarse a la cantidad de 7.73 m³/seg.

igual $6.46 \text{ m}^3/\text{segundo}$, incorporando eficiencia física en la oferta.⁵² Además, se puede apreciar en la gráfica, el balance entre oferta y demanda en la situación actual, siendo la demanda, a la tarifa promedio implícita actual ($4.34 \text{ \$/m}^3$), superior en $1.27 \text{ m}^3/\text{seg}$. a la oferta.

Figura 3.2
Demanda Agregada



Elaboración propia con base en los cálculos obtenidos.

3.3 La situación sin proyecto

A fin de proyectar la oferta y la demanda para la situación sin proyecto, se deben considerar optimizaciones, así como programas o proyectos aprobados que incidan en el comportamiento de las mismas durante el horizonte de evaluación.

3.3.1 La optimización

Para poder hacer una proyección de la demanda, es conveniente optimizar la situación actual, aplicando una tarifa igual al costo marginal de las fuentes actuales, que para este estudio es igual a $3.84 \text{ \$/m}^3$ (ver Anexo F).

⁵² La incorporación de la eficiencia física se refiere a los programas aprobados o en marcha que contribuyen a la disminución de pérdidas físicas de agua desde el inicio de su trayecto hasta el consumo final en las viviendas, ver cuadro 3.1, pág. 87.

Si se cuenta con la ecuación de demanda agregada, se puede plantear un escenario de optimización para saber cuánto sería el consumo de agua, si el precio para todos los consumidores fuera el costo marginal social de las fuentes actuales ($CMgS=3.84 \text{ \$/m}^3$) y, con esto, obtener la nueva cantidad de agua que están dispuestos a consumir.

Posteriormente, se procedió a calcular el consumo total, llevando a cabo el mismo procedimiento que se aplicó para las tarifas actuales y obteniendo así, una demanda optimizada de $8.10 \text{ m}^3/\text{seg}$ para el año 2005.

Teóricamente, a las tarifas vigentes que se encuentren por debajo del costo marginal, la población consume cierta cantidad de agua, pero esto no siempre representa un consumo óptimo, ya que en esta situación se estaría pagando por dicho consumo una tarifa que no cubre los costos reales de producción del agua y, por lo tanto, esto no representa un consumo óptimo social.

Por otro lado, si las tarifas vigentes están por encima del costo marginal, la población consume menor cantidad de agua, lo que para ellos representa una pérdida en su nivel de consumo.

Para el año 2005, el déficit sería de $1.64 \text{ m}^3/\text{seg}$. Sin embargo, para reducir la pérdida social, se debería cobrar a una tarifa de restricción, que iguale la cantidad de agua demandada a la oferta máxima disponible, evitando los tandeos. Esta tarifa es igual a $6.95 \text{ \$/m}^3 (T_{2005})$, como se muestra en la Figura 3.2.

3.3.2 La proyección de la demanda

Para proyectar la demanda en la situación sin proyecto, se utilizó la proyección del crecimiento en el número de tomas proporcionadas por la CONESAS para el periodo 2005-2030. Para este estudio y debido al horizonte de evaluación, fue necesario adicionar diez años más a esta proyección, bajo el supuesto de que el periodo de inversión del proyecto se inicia en el año 2007, por lo que se utilizó la tasa de crecimiento del último año, misma que se aplicó uniformemente para todos los años adicionales.

Además, para la proyección se tomó en cuenta la tasa de crecimiento promedio del PIB per cápita del Estado de Zamora en el periodo de 1993 a 2004, esto con la finalidad de incorporar el efecto ingreso sobre los diferentes tipos de usuarios. Esta tasa se estimó en un 1% en promedio, por lo que se procedió a multiplicarla por la

constante A de la ecuación de demanda anual de los usuarios domésticos comerciales e industriales. Cabe señalar que para los usuarios identificados como servicios del sector público, no se aplicó esta operación, ya que se consideró que el crecimiento en el consumo de este tipo de usuarios no guarda relación directa con el nivel de ingreso.

Conociendo el total de tomas para usuarios, tanto domésticos como no domésticos, y su consumo promedio en los diferentes años, se estimó la cantidad anual demandada expresada en m³/año/toma, misma que se procedió a multiplicar por el número de tomas para expresar la cantidad demandada en m³/año y, por último, hacer la conversión a m³/seg. En el Cuadro 3.8 se presentan las proyecciones de la demanda para los siguientes 35 años.

Cuadro 3.8
Proyección de la demanda para la situación sin proyecto (m³/seg.)

Año	Doméstico			Comercial	Industrial	Sector público	Total demanda
	Bajo	Medio	Alto				
2005	2.44	2.22	1.72	1.23	0.35	0.15	8.10
2006	2.64	2.40	1.87	1.28	0.36	0.16	8.71
2007	2.72	2.48	1.92	1.30	0.37	0.16	8.94
2008	2.72	2.48	1.92	1.30	0.37	0.16	8.94
2009	2.77	2.52	1.96	1.32	0.38	0.16	9.11
2010	2.83	2.57	1.99	1.35	0.38	0.16	9.28
2011	2.88	2.62	2.03	1.37	0.39	0.16	9.45
2012	2.93	2.67	2.07	1.40	0.40	0.16	9.63
2013	2.99	2.71	2.11	1.42	0.40	0.16	9.80
2014	3.04	2.76	2.14	1.45	0.41	0.17	9.97
2015	3.09	2.81	2.18	1.48	0.42	0.17	10.15
2016	3.15	2.86	2.22	1.50	0.43	0.17	10.33
2017	3.20	2.91	2.26	1.53	0.43	0.17	10.51
2018	3.26	2.96	2.3	1.56	0.44	0.17	10.69
2019	3.31	3.01	2.34	1.58	0.45	0.17	10.87
2020	3.37	3.06	2.38	1.61	0.46	0.17	11.05
2021	3.43	3.11	2.42	1.64	0.46	0.17	11.23
2022	3.48	3.17	2.46	1.66	0.47	0.17	11.41
2023	3.54	3.22	2.50	1.69	0.48	0.18	11.59
2024	3.59	3.27	2.54	1.72	0.49	0.18	11.78
2025	3.65	3.32	2.58	1.74	0.49	0.18	11.96
2026	3.71	3.37	2.61	1.77	0.50	0.18	12.14
2027	3.76	3.42	2.65	1.80	0.51	0.18	12.32
2028	3.82	3.47	2.69	1.82	0.52	0.18	12.50
2029	3.87	3.52	2.73	1.85	0.53	0.18	12.68
2030	3.93	3.57	2.77	1.87	0.53	0.18	12.86

2031	3.98	3.62	2.81	1.90	0.54	0.18	13.04
2032	4.04	3.67	2.85	1.93	0.55	0.18	13.22
2033	4.10	3.72	2.89	1.95	0.56	0.18	13.40
2034	4.15	3.78	2.93	1.98	0.56	0.18	13.59
2035	4.21	3.83	2.97	2.01	0.57	0.19	13.78
2036	4.27	3.88	3.01	2.04	0.58	0.19	13.97
2037	4.33	3.94	3.06	2.07	0.59	0.19	14.16
2038	4.39	3.99	3.10	2.10	0.60	0.19	14.36
2039	4.45	4.05	3.14	2.13	0.60	0.19	14.56
2040	4.52	4.10	3.19	2.16	0.61	0.19	14.76

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos obtenidos.

Como se observa en el Cuadro 8 y se mencionó anteriormente, la demanda de agua potable es creciente en el tiempo; debido al crecimiento en el número de tomas de todos los tipos de usuario y al efecto ingreso que se presenta en usuarios de tipo doméstico, comercial e industrial.

3.3.3 La proyección de la oferta

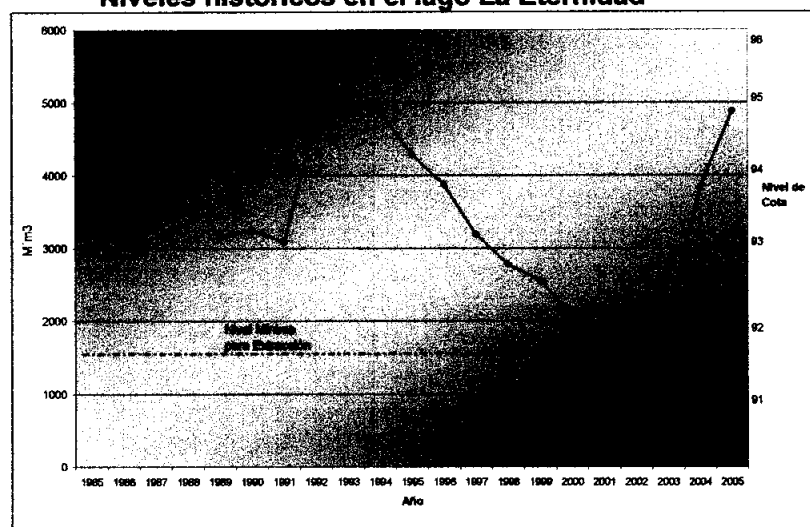
Para proyectar la oferta se realizó la investigación sobre la fuente de abastecimiento lago "La Eternidad" (puesto que es la fuente a sustituir por el proyecto), se analizaron los almacenamientos históricos y los posibles comportamientos futuros del lago; la relación entre dichos niveles y la extracción de agua para uso público urbano y otros usos del agua a lo largo de la Cuenca Leiva-La Eternidad; el balance hidrológico del lago, así como los proyectos aprobados o en ejecución que pudieran incidir en los niveles del mismo.

A continuación se presentan algunos de los datos más relevantes de la investigación, misma que se encuentra detallada en el Anexo E (Análisis de la Cuenca-Leiva-La Eternidad).

De acuerdo con información proporcionada por la CONAGUAS, el sistema de bombeo que opera en los sistemas de conducción requiere que el nivel del lago La Eternidad rebase la cota de 91.5 metros, debido a condiciones técnicas y a que se considera que la calidad del agua por debajo de este nivel no es óptima para uso público urbano. La única vez que la cota estuvo debajo de 91.5 metros en los últimos 100 años, fue en el año de 1955. Sin embargo, en el año 2001 y 2002, la cota registrada fue de 91.5 metros, y las extracciones para consumo humano fueron del orden de los 5 m³/seg. (Ver Cuadro 9). La cota promedio de 1900 al 2000 fue de 95.77 m y de 1975 al 2005 fue de 94.53 m.

La variabilidad en los niveles de almacenamiento en el lago La Eternidad ha generado inquietud en las autoridades, ya que de darse un escenario en que el nivel del lago baje de la cota mínima necesaria para extracción se imposibilita el abasto adecuado de agua potable a la ZMZ. En la Figura 3.7 se presentan los niveles históricos en el lago La Eternidad en el periodo 1985-2005.

Figura 3.7
Niveles históricos en el lago La Eternidad



Fuente: Guzmán (2000).

Durante los años 2001 y 2002 el nivel de cota del lago llegó al nivel de 91.5 metros. Esta situación fue tomada por las autoridades como una señal de alarma, ya que de haber continuado la tendencia a la baja en los niveles del lago no hubiera sido posible su uso como fuente de abastecimiento. Sin embargo, el lago presentó una recuperación importante del 2003 al 2005.

Si bien existe una cota mínima para el funcionamiento de los equipos de bombeo, no parece existir limitante para que se extraigan distintos volúmenes una vez que dicho nivel crítico se supera, en función a los datos históricos disponibles, que datan del año de 1995 al 2005 (ver Cuadro 3.9).

Cuadro 3.9
Relación nivel de cota-extracción para la ZMZ.

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Cota	94.48	94.08	93.4	92.96	92.82	92.2	91.5	91.5	91.9	94.13	95.11
	5.5	6.05	5.82	5.96	6.16	5.92	6.07	5.22	5.2	4.93	4.71

Fuente: CONAGUAS y Guzmán (2000).

El programa “Modernización Integral de los Distritos de Riego de la Cuenca Leiva-La Eternidad” tiene como objetivo una mayor eficiencia en el uso del agua para riego que contribuya a la sustentabilidad de la cuenca y del Lago de la Eternidad. Dicho programa contempla que una vez puesto en marcha se logre un ahorro total de 11.26 m³/seg. a lo largo de toda la cuenca. En particular, los programas de modernización de los distritos “Ciénega La Eternidad” y “Zamora” recuperarán un caudal de 0.6 m³/seg, que serán destinados a la recuperación del Lago de la Eternidad. Sin embargo, no se cuenta con un modelo de simulación que indique qué efecto tendrán estos volúmenes ahorrados en el lago, pero se esperaría una recuperación.

Toda vez que no se obtuvo un modelo de proyección confiable de los almacenamientos en el lago, y partiendo de las conclusiones de la investigación antes mencionada, se proyectó la oferta considerando el promedio de extracción de los últimos 11 años. Adicionalmente se contempla el programa de recuperación de pérdidas físicas presentado en el Cuadro 3.10, de modo que la proyección de la oferta es la siguiente:

Cuadro 3.10
Proyección de la oferta para la situación sin proyecto

Año	Extraído al lago (m³/seg.)	Extraído de otras fuentes (m³/seg.)	Eficiencia física	Entregado (m³/seg.)
2006	5.5	4.0	68.70%	6.53
2007	5.5	4.0	69.40%	6.59
2008	5.5	4.0	70.10%	6.66
2009	5.5	4.0	70.80%	6.73
2010	5.5	4.0	71.50%	6.79
2011	5.5	4.0	72.20%	6.86
2012	5.5	4.0	72.90%	6.93
2013	5.5	4.0	73.60%	6.99
2014	5.5	4.0	74.30%	7.06
2015	5.5	4.0	75.00%	7.13
2016	5.5	4.0	75.70%	7.19
2017	5.5	4.0	76.40%	7.26
2018..	5.5	4.0	77.00%	7.32
2040	5.5	4.0	77.00%	7.32

Fuente: Elaboración propia con base en información de la CONAGUAS.

En el Cuadro 3.11 se muestra el balance entre la oferta y la demanda en la situación sin proyecto para el periodo 2005-2040, donde se observa que desde el año 2005 existe un déficit y éste aumenta en el tiempo.

Cabe mencionar que el déficit en la situación optimizada no se traduce en racionamientos, ya que se cobraría una tarifa de restricción que adecuaría el consumo a la oferta máxima, con la finalidad de minimizar la pérdida social provocada por el déficit presentado.

Cuadro 3.1'
Balance oferta- demanda en la situación sin proyecto (m3/seg.)

Año	Extraído	Eficiencia física	Entregado (oferta)	Qdt	Balance
2005	9.5	68.00%	6.46	8.10	-1.64
2006	9.5	68.70%	6.53	8.40	-1.87
2007	9.5	69.40%	6.59	8.71	-2.12
2008	9.5	70.10%	6.66	8.94	-2.28
2009	9.5	70.80%	6.73	9.11	-2.38
2010	9.5	71.50%	6.79	9.28	-2.49
2015	9.5	75.00%	7.13	10.15	-3.03
2020	9.5	77.00%	7.32	11.05	-3.74
2025	9.5	77.00%	7.32	11.96	-4.65
2030	9.5	77.00%	7.32	12.86	-5.55
2035	9.5	77.00%	7.32	13.78	-6.47
2040	9.5	77.00%	7.32	14.76	-7.45

Fuente: Elaboración propia con base en información de la CONAGUAS.

3.4 La situación con proyecto

3.4.1 La definición del proyecto

El proyecto de abastecimiento de agua potable para la ZCZ pretende captar y almacenar agua cruda de los caudales de los ríos San José y Vera, mediante la construcción de una presa con capacidad de 455 millones de m³, para posteriormente bombearlos a las plantas potabilizadoras, teniendo una capacidad máxima de abastecimiento de 10.4 m³/seg.

Adicional a la presa, se requieren las siguientes obras complementarias: obra de desvío, caminos de acceso, operación, vertedor de demasías, obra de toma de acueducto Arnulfo Villa, tanque de almacenamiento, sistema de bombeo generación y adicionalmente adecuaciones a las plantas potabilizadoras.

La presa Arnulfo Villa se ubicará al noroeste de la ciudad de Zamorilla, aproximadamente a 10 Km., en la barranca de Blatos, sobre el cauce del río San José, aguas abajo de la confluencia del río Vera.

El acueducto que se requiere tendrá una longitud de 8.2 Km. Se contempla tubería de alta presión, a través de dos túneles y dos lumbreras de 3.5 metros de altura, siendo necesario efectuar obras de bombeo, conducción y potabilización.

De acuerdo con la información proporcionada por la CONESAS, el costo del proyecto será aplicado en 5 años, periodo de ejecución del proyecto. Cabe mencionar que en el quinto año de aplicación de la inversión, inicia la operación de la presa.

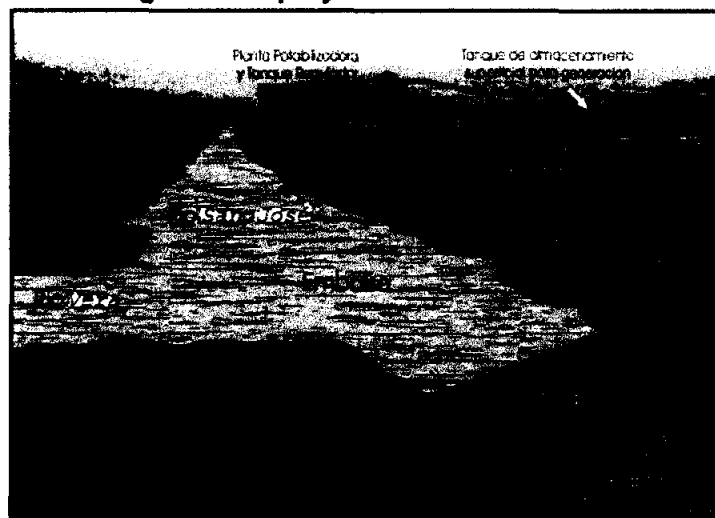
3.4.2 La descripción técnica del proyecto

Con base en la información proporcionada por la CONAGUAS, se consideran los siguientes puntos relevantes (ver Figura 3.3).

3.4.3 La capacidad instalada y el proceso de operación

El proyecto consiste en la construcción de una presa ubicada en el sitio Arnulfo Villa, 800 metros aguas abajo de la confluencia de los ríos Vera y San José. La presa captará y almacenará los caudales de estos ríos, afectando un área de 806 hectáreas, con una altura de cortina de 125 metros y una elevación del embalse de 1,110 m.s.n.m. La capacidad total será de 455 millones de m³, para posteriormente bombearlos a las plantas potabilizadoras en la ZMZ (ver Figura 3.3).

Figura 3.3
Diagrama del proyecto Arnulfo Villa



Fuente: Universidad Autónoma de Zamorilla, 2005.

La obra incluye planta de bombeo con dos bombas de 124 MW, dos motores con una potencia total de 248 MW, tanque de almacenamiento y regulación de

710,000 m³, así como dos conducciones: bombeo-generación a alta presión, con una longitud de 3.45 km, y línea de conducción en baja presión de 4.7 Km.

El sistema de bombeo-generación va a operar en dos ciclos, ya que se plantea compensar los costos de bombeo. El primer ciclo consiste en bombear el agua hacia el tanque de almacenamiento con una capacidad de 710,000 m³, durante un periodo en el que la energía tiene un menor costo (ver Cuadro 3.12 y Figura 3.4).

Cuadro 3.12
Características del sistema bombeo-generación

Concepto	Bombeo	Generación
Base	Sí	No
Intermedia	Sí	No
Punta	No	Sí
Horas / día	19.35	4
Horas / día fin sem.	12.12	0
Caudal (m ³ /seg.)	20.59	37.22
MW en operación	124	248
GWh/año	726.56 (consumo)	164.00 (generación)

Fuente: CONESAS.

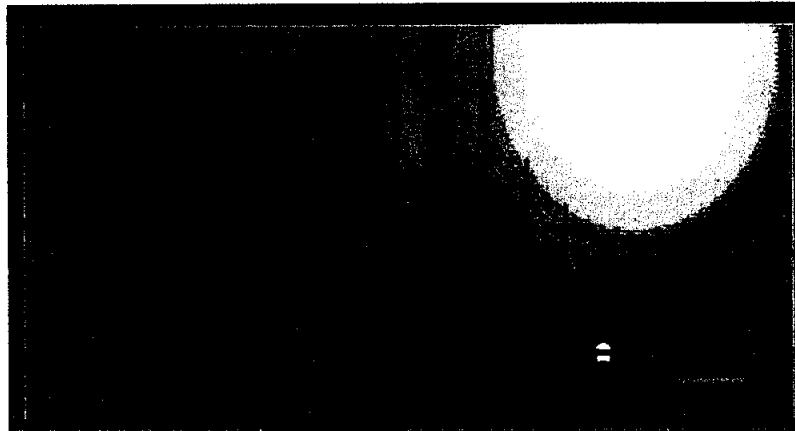
Figura 3.4
Primer ciclo



Fuente: Universidad Autónoma de Zamorilla, 2005.

El segundo ciclo consiste en generar energía eléctrica durante las horas con mayor costo, en el horario punta (ver Figura 3.5).

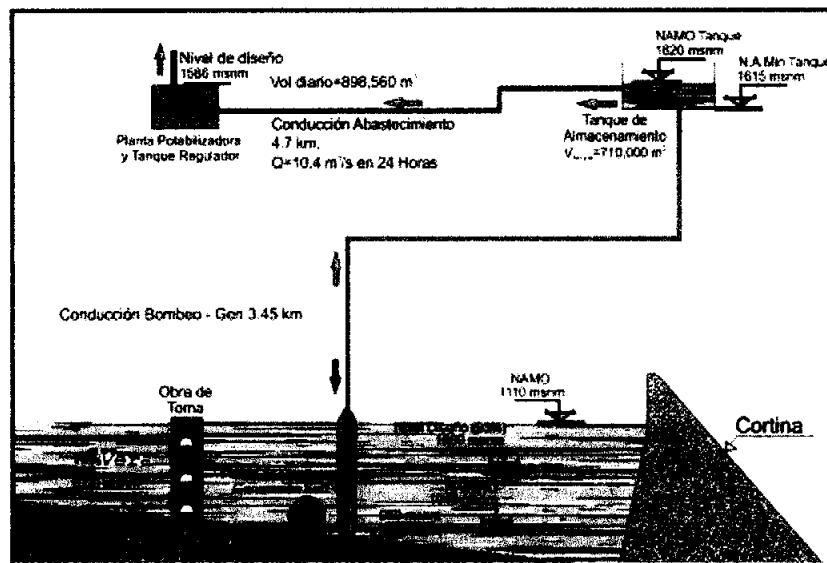
Figura 3.5
Segundo ciclo



Fuente: Ídem.

Posteriormente se bombeará el agua del tanque de almacenamiento a la planta potabilizadora San Gastón, con un gasto continuo de $10.4 \text{ m}^3/\text{seg}$. En la Figura 3.6 se muestra el proceso de bombeo-generación, el cual muestra el funcionamiento del proyecto.

Figura 3.6
Proceso de Bombeo-Generación



Fuente: Ídem.

La definición del proyecto también contempla el esquema de generación de energía eléctrica, pero siendo su objetivo el abastecer de agua potable, la presente evaluación sólo considera aquellos componentes del proyecto que inciden directamente en el logro de este objetivo.

La línea de conducción

El acueducto requerido para el sitio Arnulfo Villa tendrá una longitud aproximada de 8.2 km., con tubería de alta presión a través de 2 túneles y 2 lumbreras de hasta 3.5 metros de altura.

Las plantas potabilizadoras

Será necesario llevar a cabo obras de bombeo, conducción y potabilización para que se suministre el agua que provenga de Arnulfo Villa a la ZCZ, aprovechando la infraestructura de algunas de las plantas potabilizadoras existentes.

Se ampliará a 4 m³/seg. la planta San Gastón y se llevará a cabo la construcción de una nueva planta (PP4) el Ocote, que tratará 2.5 m³/seg. La planta (PP2) "El Huerto" potabilizará 1.5 m³/seg. y la planta (PP3) "El Valle" potabilizará 2.4 m³/seg., en total equivale a los 10.4 m³/seg. del proyecto Arnulfo Villa.

De acuerdo con datos del proyecto proporcionados por el CONESAS, CONAGUAS y CONFE, se han realizado diversos análisis (hidrológicos, geológicos y geotécnicos) que demuestran que el proyecto Arnulfo Villa se puede realizar sin afectar otros usos que comprometan los ríos San José y Vera.

3.4.4 El mayor consumo de agua potable

El proyecto antes descrito tiene como finalidad sustituir como fuente de abastecimiento al Lago de la Eternidad y además cubrir el déficit en la oferta de agua potable.

De acuerdo con datos del proyecto proporcionados por el CONESAS, se contempla la conexión de la red de distribución de agua potable de la ZMZ con la ZCZ; sin embargo, en los costos complementarios de inversión no se precisa dicha interconexión. Estos costos deben considerarse en la evaluación, pues de lo contrario se sobreestimarían los beneficios.

Si la construcción del proyecto iniciara en el año 2007, el consumo de los habitantes de la ZCZ al iniciarse la operación del proyecto (2011) se incrementaría en 2.96 m³/seg., al pasar de un consumo de 6.59 a 8.66 m³/seg. Cabe mencionar que las variaciones en la oferta se deben al programa de recuperación de pérdidas físicas referenciado en el Cuadro 3.13.

Cuadro 3.13
Consumos en las situaciones sin y con proyecto (m3/seg.)

Año	Demanda total	Consumo S/P	Consumo C/P	Balance oferta-demanda	
				S/P	C/P
2007	7.97	6.59	6.59	-1.38	-1.38
2008	8.19	6.66	6.66	-1.53	-1.53
2009	8.34	6.73	6.73	-1.61	-1.61
2010	8.50	6.79	6.79	-1.71	-1.71
2011	8.66	6.86	8.66	-1.80	1.74
2012	8.81	6.93	8.81	-1.88	1.69
2013	8.97	6.99	8.97	-1.98	1.63
2014	9.13	7.06	9.13	-2.07	1.57
2015	9.29	7.13	9.29	-2.16	1.51
2020	10.11	7.32	10.11	-2.79	0.98
2025	10.95	7.32	10.95	-3.63	0.14
2030	11.77	7.32	11.09	-4.45	-0.68
2035	12.61	7.32	11.09	-5.29	-1.52
2040	13.51	7.32	11.09	-6.19	-2.42

Fuente: Elaboración propia.

La demanda en la situación con proyecto fue calculada con el costo marginal con proyecto, mismo que se muestra en el Cuadro 3.14.

Cuadro 3.14
Costo marginal social Arnulfo Villa

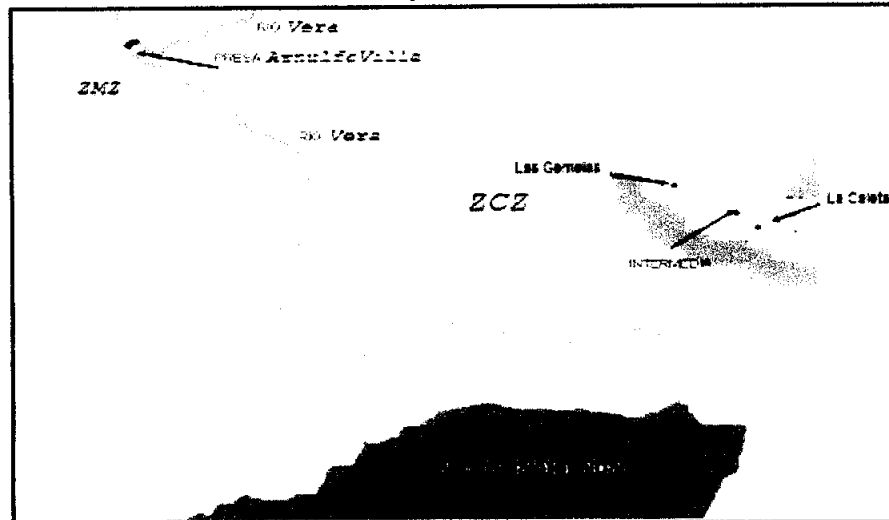
Concepto	Unidades
Extracción y conducción	\$609.83
Potabilización	\$260.45
Distribución, facturación y cobranza	\$218.78
Total (millones de pesos)	\$1,089.06
Total entregado(m3/segundo)	7.14
Total entregado(m3/año)	225.32
Costos variables(\$/m3)	4.83
Costo marginal de Arnulfo Villa	4.83

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CONESAS para el año 2005.

3.4.5 Los otros efectos del proyecto

En lo que respecta a las instalaciones existentes que se verán afectadas, las centrales hidroeléctricas "Las Gemelas", "Intermedia" y "Caleta" serán áreas inundadas por el proyecto (ver Figura 3.7). Si bien la CONFE ha declarado que se encuentran al final de su vida útil, lo correcto es considerar un valor de rescate. Sin embargo, ya que no se tiene la información a detalle de estas hidroeléctricas este costo del proyecto no ha sido cuantificado, pero sí se identifica como atribuible al proyecto.

Figura 3.7
Ubicación de las plantas hidroeléctricas



Fuente: Elaboración propia.

La hidroeléctrica Caleta

La presa entró en operación en el año 1950 y tiene una capacidad de almacenamiento de 5 millones de m³, con una capacidad efectiva instalada de 51 mega watts (MW) y 4 máquinas (turbinas) instaladas.

La hidroeléctrica "Arturo M. Rosas" (intermedia)

La presa tiene una capacidad de 4 millones de m³, con una capacidad efectiva instalada de 5 MW y 1 máquina (turbina) instalada.

La hidroeléctrica Las Gemelas

La hidroeléctrica no cuenta con presa y cuenta con 3 máquinas (turbinas) instaladas. El mantenimiento que se requiere para su funcionamiento es de 3 tipos: rutinario, de tipo menor y de tipo mayor. El rutinario se realiza una vez al mes, el de tipo menor se realiza una vez al año y el de tipo mayor se realiza cada 10 años.

Con base a la información de CONAGUAS y CONFE, la construcción de la presa Arnulfo Villa no afectará los requerimientos de agua que se necesitan para la generación de energía eléctrica de las centrales hidroeléctricas La Yuca, El Batán y Aguamiel, que se ubican sobre el cauce del Río San José.

3.5 La Evaluación Social

3.5.1 La identificación, la cuantificación y la valoración de costos (privados = sociales)

3.5.1.1 Los costos de inversión

La ejecución y desarrollo del proyecto implica la utilización de recursos que tienen un uso alternativo, por lo que representan un costo social.

La inversión inicial pertinentes para el proyecto son: obra de desvío, cortina, obra de toma, equipo de bombeo y construcción del acueducto. En el Cuadro 3.15 se muestra los costos privados de inversión inicial.

Cuadro 3.15
Costos de inversión del proyecto Arnulfo Villa

Concepto	Costos (millones de pesos privados sin IVA)
Construcción de obras	1,015.79
Indemnizaciones y afectaciones	64.34
Impacto ambiental y desarrollo social	61.27
Estudios y proyectos	43.69
Supervisión y administración	144.78
Adecuación potabilizadora	276.04
Total de la inversión inicial	1,605.94

Fuente: Elaboración propia con base en información de CONESAS.

Las inversiones están programadas para realizarse en un periodo de 5 años, distribuidas como se muestran en el Cuadro 3.16.

**Cuadro 3.16
Calendario de las inversiones**

Año	Inversión (millones de pesos)	Porcentaje de inversión
2007	53.19	3.31%
2008	265.97	16.56%
2009	585.151	36.44%
2010	661.71	41.20%
2011	39.89	2.48%
Total	1,605.94	100.00%

Fuente: SAAPO.

El importe del proyecto que integra la presa Arnulfo Villa y el acueducto permitirá entregar el agua de este sistema, conforme a lo convenido con el organismo operador en la planta potabilizadora San Gastón. Sin embargo, es necesario construir obras complementarias adicionales, como son las estaciones de bombeo y acueductos para poder hacer llegar el agua hasta las plantas potabilizadoras en la ZCZ, ya que la capacidad en San Gastón no es suficiente para tratar 10.4 m³ /seg. El costo total de estas obras será de \$276.05 millones (precio privado sin IVA), a ejecutarse en el año 2010.

Los equipos de bombeo se deben reemplazar cada 10 años, por lo que se deberán hacer reinversiones para mantener en buenas condiciones el funcionamiento del sistema de bombeo, de modo que se puedan obtener los beneficios esperados. La reinversión sería por un monto privado sin IVA de \$30 millones. Considerando la inversión inicial, inversiones para obras complementarias y reinversiones, el monto total de la inversión es de \$1,263.31 millones para el año 2007. La operación de la presa Arnulfo Villa generará al igual que la fuente de abastecimiento a sustituir, costos de operación y de mantenimiento, los cuales son atribuibles a la ejecución y operación del proyecto (ver Cuadro 3.17).

**Cuadro 3.17
Costos anuales de operación y mantenimiento del proyecto sin IVA
(millones de pesos)**

Concepto	Costo anual privado s/IVA
Mantenimiento y operación de la presa	27.12
Mantenimiento bombeo-generación	8.70
Bombeo (abastecimiento)	329.00
Total	364.82

Fuente: CONESAS.

3.5.2 La identificación, la cuantificación y la valoración de beneficios

3.5.2.1 El beneficio por mayor consumo de agua

La entrada en operación del proyecto sustituiría al lago La Eternidad y aumentaría la oferta de la situación sin proyecto en 3.54 m³/seg. para el año 2011. Esto se traduciría en un mayor consumo de agua potable de la población en los años en que en la situación sin proyecto existe un déficit. El mayor consumo es el beneficio que aportaría el proyecto a la sociedad (ver Cuadro 3.18).

Cuadro 3.18
Beneficios netos anuales del proyecto

Año	Beneficios netos (millones de pesos)
2011	95.94
2015	139.51
2029	557.02
2030	599.50
2035	835.40
2038	999.82
2040	1,120.25

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos obtenidos.

Para calcular los beneficios se utilizó el paquete computacional *Mathemática 5.0*, con el cual se calculó el área bajo la curva de la demanda agregada por agua potable de la ZCZ. Para obtener los beneficios se calcularon integrales definidas de la ecuación de demanda agregada para los diferentes años del horizonte de evaluación, donde se evaluó las integrales con el costo marginal de Arnulfo Villa (ver Anexo I) y con el costo marginal de restricción (tarifas a costo marginal de corto plazo) de cada año.

Para demostrar los cálculos realizados se ejemplificarán los beneficios estimados para un determinado año, comparando la situación con y sin proyecto. En los proyectos de agua potable donde aumenta la oferta disponible los beneficios se identifican por el mayor consumo de agua. La cuantificación y valoración del beneficio por mayor consumo de agua potable se estima comparando qué sucedería en la situación con proyecto y qué pasaría si no se lleva a cabo el proyecto, es decir, que sucede en la situación con y sin proyecto. Lo único que se imputa como beneficio en el flujo del proyecto es el diferencial entre estas dos situaciones. Para explicar de una manera más ordenada y fácil lo anterior, se ilustrará por medio de una gráfica los

beneficios estimados para el año 2011. Se debe mencionar que existen supuestos para determinar los beneficios, estos son: i) la tarifa que pagan los consumidores en la ZCZ equivale al costo social de producirla (CMgS), ii) el costo de cada unidad adicional ofrecida es constante para todas las unidades y iii) la tarifa no se incrementa para todos los años del horizonte de evaluación.

En la Figura 3.8 se muestra la demanda agregada (DA_{2011}) de la ZCZ para el año 2011. La cantidad que se demandaría a una tarifa igual a costo marginal social (CMgS) de \$3.84 sería igual a $9.45 \text{ m}^3/\text{seg}$. (q_0) y la cantidad ofrecida máxima equivale a $6.86 \text{ m}^3/\text{seg}$. en la situación sin proyecto, por consiguiente, existe un déficit real de $2.59 \text{ m}^3/\text{seg}$. Se debe observar en la gráfica que se llevaron a cabo las optimizaciones por el lado de la demanda y de la oferta, es decir, en la oferta se incluye la recuperación en pérdidas físicas y en la demanda se paga una tarifa igual al costo marginal social. Después, se hace una última optimización para poder cerrar el déficit, el cual es cobrar a una tarifa marginal de restricción de oferta de corto plazo (T_{R2011}) igual a \$8.91, donde se demandaría la máxima cantidad ofertada (q_{0R}). Por consiguiente, el punto A corresponde a un equilibrio entre la oferta y la demanda, es decir, donde el costo social de producir una unidad adicional de agua es igual a la valoración de consumir esa unidad adicional.

Del equilibrio inicial (A) se debe pasar a la situación con proyecto, es decir, qué sucedería si el proyecto se lleva a cabo (ver Figura 3.8). Con la entrada en operación del proyecto Arnulfo Villa la cantidad que se demandaría a una tarifa igual a \$4.83 es $8.66 \text{ m}^3/\text{seg}$. Se debe observar que esta nueva tarifa es menor a la tarifa $T_{R 2011}$, por consiguiente, la nueva situación con proyecto se ilustra por el punto B. El mayor consumo de agua potable se cuantifica por la diferencia entre q_1 y q_{0R} . Ahora bien, el beneficio neto por el mayor consumo de agua potable se estima por el área bajo la curva de demanda agregada y se representa por el área ABC de la Figura 3.8. El área ABC se calcula mediante la integral definida de la función de demanda agregada, evaluada de q_{0R} a q_1 . Sin embargo, para facilitar los cálculos, se evaluó de P_1 a P_0 y se descontó al resultado de la integral el área P_0ACP_1 . Matemáticamente, se tiene:

$$\int_{P_0}^{P_1} q \alpha_T$$

Numéricamente ⁵²:

$$\int_{4.83}^{8.91} \frac{417,304,660.80}{p^{0.43293}} + \frac{78,099,320.08}{p^{0.20}} dp,$$

El resultado es:

$$\int_{4.83}^{8.91} \frac{417,304,660.80}{p^{0.43293}} + \frac{78,099,320.08}{p^{0.20}} dp = 981,434,000,$$

Descontando el área P_0ACP_1 se tiene:

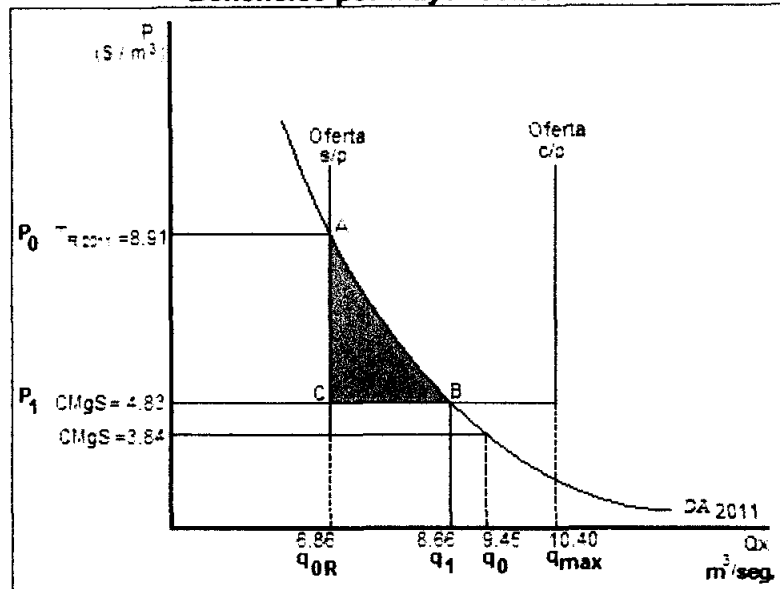
$$981,434,000 - P_0ACP_1 =$$

$$981,434,000 - 885,489,960 = 95,944,040.$$

Entonces, para el año 2001 los beneficios netos son igual a \$95.94 millones (ver Anexo I).

⁵² Se debe observar que la función de demanda agregada, que es la suma de la demanda doméstica y la no doméstica está en unidades de medida $m^3/año$ y no equivale a la ecuación de la demanda agregada mostrada en el Cuadro 3.6, que está en unidades de medida $m^3/mes/toma$.

Figura 3.8
Beneficios por mayor consumo



Fuente: Elaboración propia.

3.5.3 La evaluación

Dado que los beneficios de los proyectos de agua potable son crecientes en el tiempo, la evaluación tiene como objetivo determinar el momento óptimo de inversión y entrada en operación del proyecto, es decir, cuando el VAN sea máximo.

Para determinar el momento óptimo se comparan los beneficios netos con el costo de oportunidad de la inversión. En el momento en el que los beneficios sean mayores al costo de oportunidad de la inversión se ha alcanzado el momento óptimo de entrada en operación. Para tal efecto se usa la siguiente fórmula:⁵⁴

$$BN \geq \left[I \cdot \left(\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right) \right]$$

⁵⁴ La parte derecha de la fórmula, después del signo (>), corresponde al costo anual equivalente (CAE), el cual se expuso en la pág. xi. La única modificación es la abreviatura de la inversión (I), que corresponde al valor futuro de la misma. Se procedió a calcular el valor futuro de la inversión previo a la entrada en operación pues si se compara desde el inicio de la inversión no existen beneficios. Para determinar el momento óptimo de un proyecto con vida finita se debe comparar el beneficio de cada año con el costo de oportunidad de la inversión ó CAE de la inversión. El CAE se utiliza cuando los proyectos tienen una vida finita y, por consiguiente, la comparación entre el beneficio de cada año con el costo de oportunidad es consistente.

donde,

$I = \$ 1,761.08$ millones es el monto de la inversión en valor futuro al año previo a la entrada en operación del proyecto, es decir, el cuarto año de la inversión;

$r = 12\%$ tasa de descuento social,⁵⁵

$n = 30$ años de vida útil.

En el Cuadro 3.19 se puede observar que en el año 2020 se alcanza el momento óptimo de entrada en operación del "proyecto Arnulfo Villa", ya que los beneficios son mayores al costo de oportunidad de la inversión; es decir, cuando el costo de oportunidad del monto invertido es menor a los beneficios que reporta el proyecto (ver Anexo I). Otra forma de observar el momento óptimo, se muestra gráficamente en la Figura 3.9.

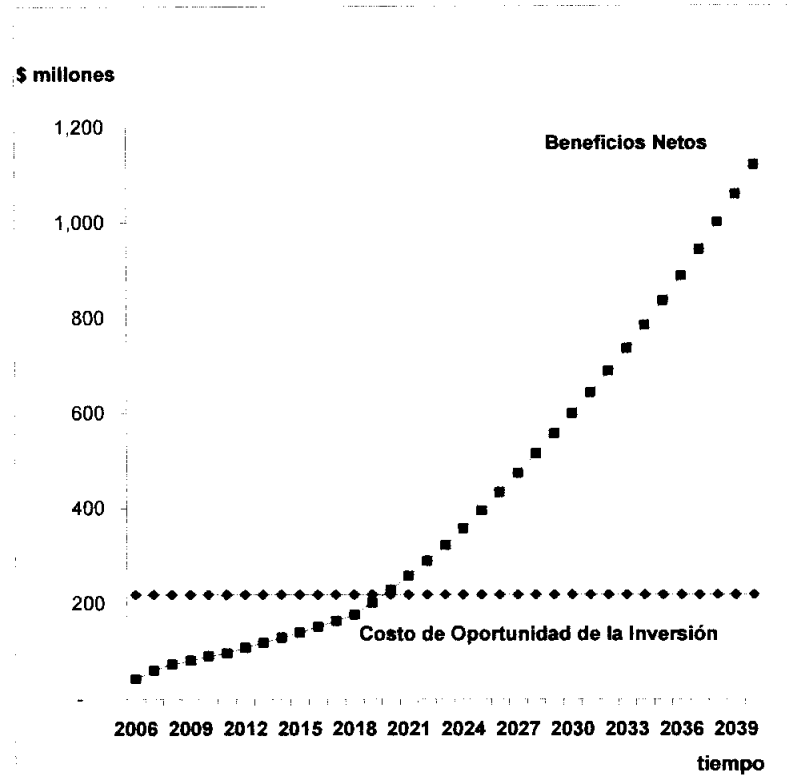
Cuadro 3.19
Momento óptimo de entrada en operación

Año	Oferta Máx s/p	Cantidad Demandada a (Qd_t)	Déficit m³/seg.	BN_t (millone s de pesos)	Costo de oportunidad de la inversión (millones de pesos)
2011	6.86	8.66	-1.80	95.94	218.62
2015	7.32	9.29	-1.97	139.50	218.62
2020	7.32	10.11	-2.79	229.05	218.62
2025	6.73	10.95	-4.22	395.16	218.62
2029	6.79	11.61	-4.82	557.02	218.62
2030	6.86	11.77	-4.91	599.49	218.62

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos obtenidos.

⁵⁵ Se toma la tasa social de descuento como 12% por disposiciones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), Subsecretaría de Egresos.

Figura 3.9
Momento óptimo de entrada en operación del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

3.5.4 El análisis de la alternativa

Dada la naturaleza del proyecto, en que básicamente los beneficios se refieren al mayor consumo de agua potable, para la evaluación del proyecto se debe considerar el costo de otras alternativas que cumplan con el mismo objetivo y, por lo tanto, generen beneficios semejantes a los del proyecto. Esto por una regla básica de la evaluación: "No se le podrán atribuir a un proyecto beneficios mayores al costo de conseguirlos por una vía alternativa".

El planteamiento en este sentido consiste en la posibilidad de comprar derechos de agua a los agricultores de la cuenca Leiva-La Eternidad, para abastecer de agua potable a la población de la ZCZ en un volumen que permita cubrir el déficit año con año, durante el horizonte de evaluación del proyecto o hasta el punto en el que el costo marginal de este recurso sea mayor que el costo marginal del proyecto en cuestión.

La compra de derechos de agua en México es legalmente factible. Sin embargo, el mercado no se encuentra muy desarrollado, por lo que no se tiene suficiente información para determinar un precio. No obstante, es una alternativa para ampliar la oferta de agua potable. Esta alternativa se ha utilizado, tanto en México, como en otras partes del mundo. A este respecto se realizó una investigación, desarrollada en el Anexo J.

La metodología para cuantificar el costo social por la compra de derechos de agua es la siguiente: i) calcular el volumen de agua requerido para cubrir la demanda de agua potable de cada año, ii) localizar la disponibilidad de volúmenes de agua utilizadas por la industria agrícola bajo los siguientes criterios: cercanía al lago La Eternidad y uso del agua en cultivos poco rentables y iii) calcular un monto equivalente al excedente económico (utilidad) que percibe el agricultor al utilizar cierto volumen de agua para el riego de sus parcelas en aquellos cultivos que resulten los menos rentables.

La compra de derechos surge de la necesidad de adecuar el canal Atemiza-Las Peñas para la conducción de los volúmenes adquiridos, desde el lago de la Eternidad a la ZMZ. Dicho canal a cielo abierto tiene una serie de deficiencias que provocaron su sustitución en el año de 1990 por el acueducto Eternidad-Zamorilla. Cabe señalar que el canal Atemiza-Las Pintas aún se utiliza como vía de conducción contingente y también cuando se da mantenimiento al Acueducto Eternidad-Zamorilla. Los costos resultantes de la rehabilitación de este canal y el pago respectivo de derechos a los agricultores constituyen los costos atribuibles a la alternativa propuesta y deben compararse contra el beneficio percibido en la población por el mayor consumo de agua potable.

Para el análisis de esta alternativa se analizaron los módulos pertenecientes a los distritos de riego más cercanos al lago de de la Eternidad (ver Anexo E), de los cuales se puede tener mayor certeza sobre la cantidad de agua que pueden aportar. Se concluyó que la cantidad máxima de agua que puede comprarse a los agricultores en estos módulos es de 6 m³/seg., misma que no es suficiente para sustituir al proyecto Arnulfo Villa. Sin embargo, es una opción viable que permite, en la situación sin proyecto, aumentar la oferta para cubrir el déficit presentado en los primeros años y con ello retrasar el momento óptimo de ejecución del proyecto. En los Cuadros 3.20 y 3.21 se ejemplifican los efectos en la oferta por la compra de derechos, cuando el canal Atemiza-Las Peñas se utiliza en su condición actual.

Cuadro 3.20
Ejemplo de efectos en la oferta por la compra de derechos de agua

Concepto	Cantidad (m ³ /seg.)
Volumen disponible para compra:	6.00
Pérdidas por conducción en el canal:	50%
Volumen a potabilizar:	3.00
Pérdidas red de distribución a/	30.60%
Volumen entregado	2.10

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para la proyección se considera programa de reducción de pérdidas físicas

Cuadro 3.21
Variación en la oferta por compra de derechos (m³/seg.)

Año	Oferta s/compra de derechos	Oferta c/compra de derechos
2007	6.53	8.72
2008	6.59	8.80
2009	6.66	8.89
2010	6.73	8.98
2011	6.79	9.07
2012	6.86	9.15
2013	6.93	9.24
2014	6.99	9.33
2015	7.06	9.42
2016	7.13	9.50
2017	7.19	9.57
2018...	7.32	9.63
2040	7.32	9.63

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos obtenidos.

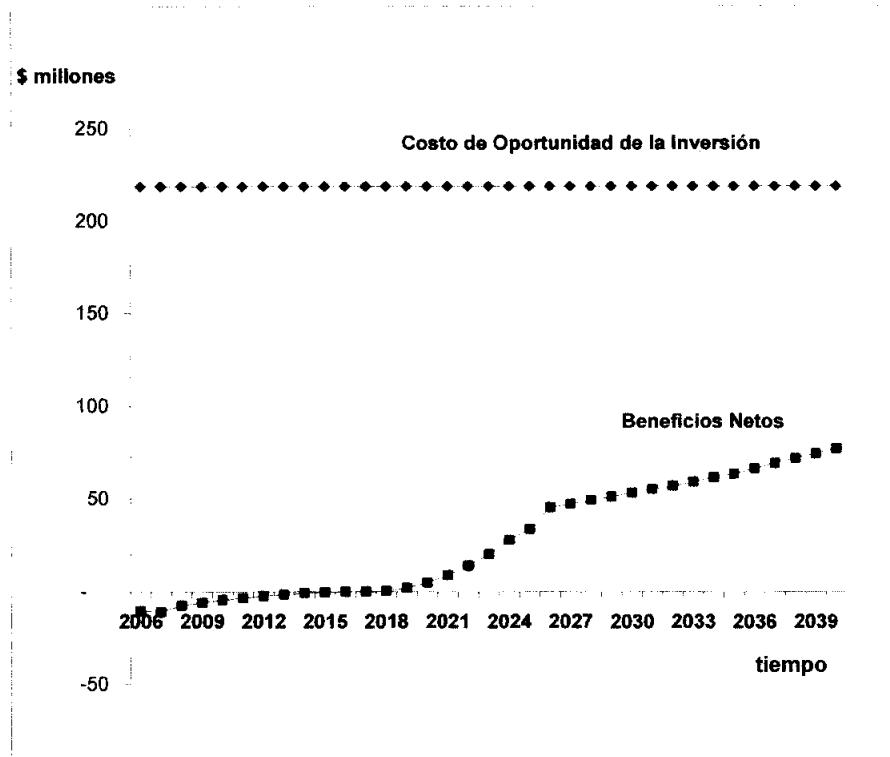
Como resultado de la ampliación de la oferta en la situación sin proyecto con la compra de derechos de agua, el momento óptimo de operación se posterga, de modo que en el horizonte de evaluación no se alcanza. Los resultados de la evaluación se pueden observar en el Cuadro 3.22 y en la Figura 3.11.

Cuadro 3.22
Momento óptimo para escenario con compra de derechos de agua.

Año	Oferta (m3/seg.)	Cantidad demandada (Qdt) a CMg=3.84	Déficit (m³/seg.)	Beneficios netos (millones de pesos)	Costo de oportunidad de la inversión (millones de pesos)
2017	9.57	10.51	-0.94	0.058	218.62
2020	9.63	11.05	-1.42	4.84	218.62
2023	9.63	11.59	-1.96	20.33	218.62
2026	9.63	12.14	-2.51	45.41	218.62
2029	9.63	12.68	-3.05	51.21	218.62
2032	9.63	13.22	-3.59	56.94	218.62
2035	9.63	13.78	-4.15	63.43	218.62
2038	9.63	14.36	-4.73	71.74	218.62
2040	9.63	14.76	-5.13	77.18	218.62

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos obtenidos.

Figura 3.11
Momento óptimo de entrada en operación del proyecto (con la compra de derechos)



Fuente: Elaboración propia.

3.6 Las conclusiones

En un escenario pesimista del lago La Eternidad (repetir la tendencia a la baja en sus niveles observada de 1993 a 2003), sería una fuente utilizable en los próximos 8 años, tiempo mayor al periodo de construcción de la presa.

Hay una cantidad de agua para riego que se seguirá extrayendo del lago La Eternidad. Por lo tanto, se pueden comprar los derechos y destinar su uso a producción de agua potable. Con la compra de derechos el nivel del lago La Eternidad se mantendría igual que cómo si no se le sacara agua para consumo humano.

El momento óptimo de inversión del proyecto, sin considerar la compra de derechos, es el año 2016, para iniciar operación en 2020. Con la compra de derechos se posterga la inversión más allá del horizonte de evaluación.

El VAN del proyecto, si se inicia la inversión en el año 2007, es positivo en \$109.03 millones y tiene una TIR igual a 13%.

3.6.1 Las recomendaciones

Postergar el año de inversión del proyecto "Arnulfo Villa" propuesto por la CONAGUAS, puesto que para proyectos de agua el parámetro correcto es el momento óptimo (donde el VAN es el máximo).

Diseñar un modelo de simulación para proyectar los futuros niveles de almacenamiento del lago La Eternidad y poder determinar qué tan factible es continuar con esta fuente de abastecimiento a la ZCZ, que considere las siguientes variables: i) crecimiento de la población; ii) proyectos aprobados y en ejecución para la recuperación del lago La Eternidad; iii) análisis climático (precipitación esperada, temperatura, evaporación); iv) actualizar los indicadores de rentabilidad del estudio una vez que se cuente con el modelo de simulación antes mencionado; v) analizar la rentabilidad de un escenario donde se combinen la compra de derechos de agua y un cambio en el tamaño del proyecto propuesto; vi) llevar a cabo las optimizaciones planteadas a la demanda, tarifando según la metodología de costo marginal de largo plazo.

3.6.2 Las limitaciones

No se realizaron los ajustes a precios sociales de los costos del proyecto, sólo se descontó el IVA a los precios privados.

No se obtuvieron los montos para la interconexión de la red de distribución de la ZMZ con la ZCZ, los cuales deben considerarse para que se presenten los beneficios calculados.

No se contó con información de la CONFEE para conocer qué plantas de generación eléctrica serían sustituidas por el proyecto y, por lo tanto, el ahorro que se obtendría en costos, por lo cual no se consideran beneficios ni costos del componente de generación de energía eléctrica contemplado en el proyecto.

ANEXO A

La asignación eficiente: el modelo 2 x 2 x 2*

*Llamas, I. 2005. *Notas de Microeconomía*, Apuntes de clase, Capítulo 2 (México:Universidad Autónoma Metropolitana).

Las condiciones de eficiencia

El óptimo de Pareto requiere tres condiciones: i) la eficiencia en la producción, que asegure la igualdad de la tasa marginal de sustitución técnica de los dos factores de la producción en todos los sectores, ii) la eficiencia en el intercambio, que requiere que la tasa marginal de sustitución entre dos bienes sea la misma entre todos los individuos y, iii) la asignación eficiente, que requiere que la tasa a la que los bienes son sustituidos en la producción sea igual a la tasa a la que ellos son intercambiados en el consumo.

La condición de eficiencia en la producción

La condición para que exista eficiencia en la producción en una economía de intercambio es la imposibilidad de aumentar la cantidad de un producto sin reducir la de otros(s). Para que esta condición se cumpla, en ausencia de externalidades tecnológicas, debe existir: i) la eficiencia tecnológica, que se obtiene el máximo producto con la disponibilidad de recursos de cada productor, ii) las tasas marginales de sustitución técnica (TmgST) de los insumos utilizados debe ser la misma para todos los productores, independientemente de que estén produciendo o no los mismos bienes y, iii) el producto marginal de cada insumo debe ser el mismo en todas las actividades que producen el mismo bien.

Para encontrar la eficiencia en la producción se considera un modelo de dos sectores que consiste en **dos bienes** (X y Y), **dos factores** (capital (K) y trabajo (L)) y **dos funciones de producción**:

$$X = f(K_X, L_X)$$

$$Y = f(K_Y, L_Y)$$

En este modelo el capital y el trabajo son empleados en distintas proporciones manteniendo el mismo nivel de producción en los dos sectores. Como se muestra en las isocuantas de la Figura A1 (dibujada para el bien X). El mismo monto de X puede producirse usando diferentes combinaciones de capital o trabajo. Si la combinación de factores varía a lo largo de la **isocuanta**, el nivel de producción sigue siendo el mismo. Por ejemplo, la combinación capital-trabajo en el punto *h* y *i* produce el mismo nivel de producción ($X=30$).

De este modo, suponiendo que los recursos se pueden mover libremente entre los dos sectores, los movimientos de los factores entre X y Y pueden dar como resultado un incremento en la producción en los dos sectores, o en un sector con una reducción del producto en el otro sector. Si los movimientos de los factores conduce a un punto donde el nivel de producción de X puede incrementarse únicamente reduciendo el producto de Y, la eficiencia en la producción se ha conseguido. En términos técnicos, tal punto se alcanza cuando K y L son asignados entre los dos bienes X y Y tal que:

$$TMgST_{LK}^X = TMgST_{LK}^Y$$

ó

$$(PMg_L / PMg_K)^X = (PMg_L / PMg_K)^Y$$

PMg_L y PMg_K son los productos marginales de L y K respectivamente. $TMgST_{LK}$ es la tasa marginal de sustitución técnica del trabajo para el capital, que es el monto adicional de L requerido para compensar la disminución marginal de K y mantener el mismo nivel de producción. El concepto de isocuanta se ilustra suponiendo una función de producción:

```
Clear[x1,x2,U]
```

$$x := 10 * x1^{\frac{1}{2}} * x2^{\frac{1}{2}}$$

```
<<Graphics`ImplicitPlot`
```

```
grafica=ImplicitPlot[{x=30,x=40,x=50},{x1,0,12},{x2,0,12},AxesLabel->{"L","K"},PlotLabel->"Figura A1 Isocuantas",DisplayFunction->Identity];
```

```
Show[grafica,Graphics[Text["x=30",{10,1}]],Graphics[Text["x=40",{10,2}]],Graphics[Text["x=50",{10,3}]],Graphics[Text["h",{1.1,6}]],Graphics[Text["i",{2.5,3}]],DisplayFunction->${DisplayFunction};
```

$$x_2[K, L] = \sqrt{K} \sqrt{L};$$

$$tmgstx1 = D[x_1[K, L], K] / D[x_1[K, L], L]$$

$$\frac{L}{K}$$

$$tmgstx2 = D[x_2[K, L], K] / D[x_2[K, L], L]$$

$$\frac{L}{K}$$

Igualando las tasas marginales de sustitución técnica y simplificando el resultado se obtiene la línea que representa el conjunto de producción eficiente.

```
Clear[K,L]
```

$$\text{conjuntoeficiente} := \frac{L}{K} = 1.2;$$

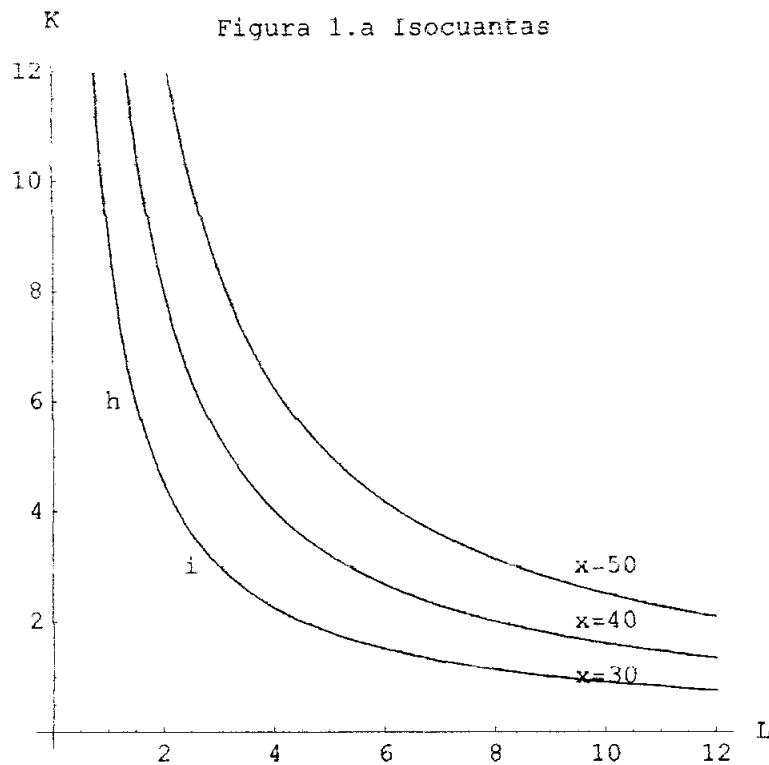
```
<<Graphics`ImplicitPlot`
```

```
cef:=ImplicitPlot[conjuntoeficiente,{K,0.001,100},PlotStyle->Dashing[{0.01}],DisplayFunction->Identity];
```

```
isocuantasx1:=ContourPlot[x1[K,L],{K,0,100},{L,0,120},ContourShading->False,Contours->{25,40},PlotPoints->100,DisplayFunction->Identity];
```

```
isocuantasx2:=ContourPlot[x2[100-K,120-L],{K,0,100},{L,0,120},ContourShading->False,Contours->{33.25,40},PlotPoints->100,DisplayFunction->Identity];
```

```
Show[isocuantasx1, isocuantasx2, cef, Graphics[Text[p0, {19, 113}]],
Graphics[Text[x1=25, {15, 26}]], Graphics[Text[x1=40, {30, 42}]],
Graphics[Text[x2=33.25, {60, 100}]], Graphics[Text[x2=40, {50, 80}]], AxesLabel -> {K, L},
PlotLabel -> Caja de Edgeworth, DisplayFunction -> $DisplayFunction];
```



Para analizar la eficiencia en la producción se utiliza la caja de Edgeworth, cuyas dimensiones están dadas por las dotaciones de los insumos, la disponibilidad de los insumos y las funciones de producción están dadas.

$$\begin{aligned} \text{insumos: } y_{11} + y_{12} &= \bar{y}_1 \\ y_{21} + y_{22} &= \bar{y}_2 \end{aligned}$$

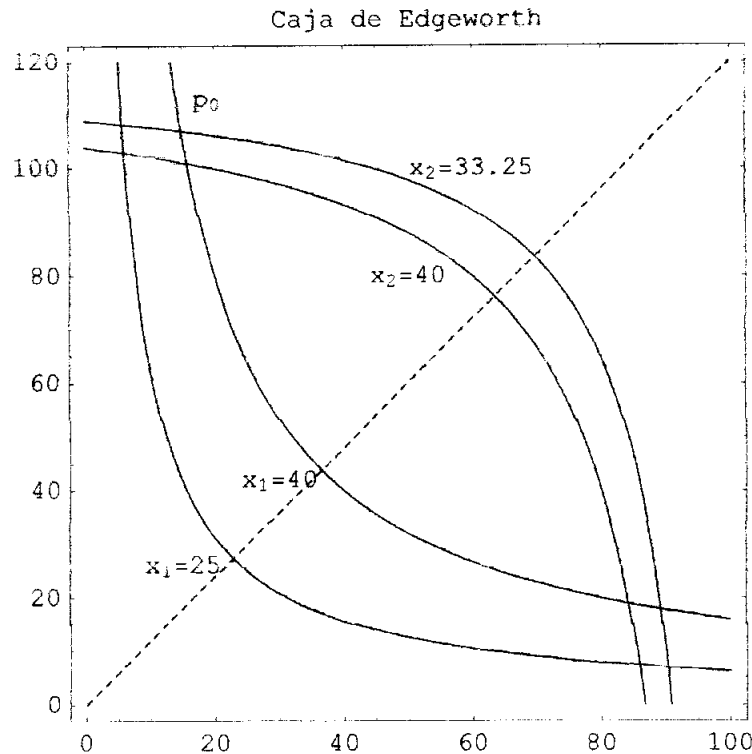
funciones de producción:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_1(y_{11}, y_{21}) \\ x_2 &= x_2(y_{12}, y_{22}) \end{aligned}$$

En la esquina inferior izquierda de la caja de Edgeworth se representa la producción cero de los bienes (x_1) y en la esquina superior derecha se representa la producción cero del otro bien (x_2). Un movimiento de la parte inferior izquierda hacia la parte superior-derecha representa un aumento en la producción de un bien (x_1) y la reducción del otro (x_2). Por ejemplo, una dotación inicial $K = 100$ y $L=120$ determinan el tamaño de la caja. Las funciones de producción son:

Clear[x1,x2,K,L]

$$x1[K_, L_] = \sqrt{K} \sqrt{L};$$



En el punto P_0 la economía tiene una combinación de producción (40,33.25). Los insumos se utilizan en la producción de x_1 con 15 unidades de K y 107 unidades de L, mientras que en la producción de x_2 se utilizan 85 unidades de K y 13 unidades de L. El área que se encuentra entre las isocuantas $x_1=40$ y $x_2=33.25$ es un área de mejoras pareteanas y los puntos de la diagonal punteada representa los puntos de óptimo de Pareto.

El principio de eficiencia en la asignación de los insumos en la economía requiere que la tasa marginal de sustitución técnica (TMgST) de un insumo por otro sea la misma para todas las actividades productivas que utilizan esos insumos. En el punto P_0 las tasas marginales de sustitución en la producción de x_1 y x_2 son:

$$tmgst = \frac{D[\sqrt{K} \sqrt{L}, K]}{D[\sqrt{K} \sqrt{L}, L]}$$

$$\frac{L}{K}$$

$$\%/.\{K \rightarrow 15, L \rightarrow 107\} // N$$

$$7.13333$$

$$13/85 // N$$

0.152941

Por lo tanto, en el punto P_0 la $TMgSTx_1 > TMgSTx_2$, lo cual significa que la productividad marginal del insumo K es mayor en la actividad x_1 y que la productividad marginal de L en x_2 es menor que las observadas en la actividad x_2 . La $TMgSTx_1=7.13$ significa que es posible mantener el mismo nivel de producción, reduciendo en 7.13 unidades la cantidad del insumo L, si se aumenta en una unidad la cantidad del insumo K. La $TMgSTx_2=0.15$ significa que es posible mantener el mismo nivel de producción, reduciendo en 0.15 unidades la cantidad del insumo L, si se aumenta en una unidad la cantidad del insumo K.

Estos resultados muestran que la transferencia del insumo K de la actividad 1 a la 2 y la transferencia del insumo L de la actividad 2 a la 1 ocasionarán una mejora paretiana en la producción, puesto que significa transferir los insumos de las actividades de menor productividad a las de mayor productividad. Se debe observar que a los productores de las dos actividades les conviene realizar esas transferencias hasta que las productividades relativas de ambos factores sean iguales a las tasas marginales de sustitución técnicas. Esto se logra cuando ambas tasas son iguales $\frac{y_2}{y_1} = 1.2$.

El movimiento del punto P_0 a un punto sobre la diagonal representa una ganancia productiva en por lo menos una de las actividades. El movimiento se puede realizar a través de la isocuanta $x_2=33.25$, a lo largo de la cual van cambiando las tasas marginales de sustitución técnica. Para encontrar la nueva asignación de recursos y el nuevo valor de x_1 se plantea un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$\text{Solve}\left[\left\{33.25 == \sqrt{y_1} \sqrt{y_2}, \frac{y_2}{y_1} == 1.2\right\}, (y_1, y_2)\right]$$

$$\{\{y_1 \rightarrow 30.353, y_2 \rightarrow 36.4236\}\}$$

$$\sqrt{100 - 30.353} \sqrt{120 - 36.4236}$$

76.2945

La asignación eficiente de los insumos se encuentra en $K=30.35$ y $L=36.42$ en la producción de x_2 . La producción de x_1 aumenta a 76.3, utilizando $K=69.65$ y $L=83.58$. En este caso, la ganancia en producción es $\Delta x_1 = 76.3 - 40 = 36.3$. El movimiento se puede realizar también a lo largo de la isocuanta $x_1=40$. Para encontrar los valores de la asignación eficiente de los insumos y el nuevo valor de x_2 se vuelve a plantear un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$\text{Solve}\left[\left\{40 == \sqrt{K} \sqrt{L}, \frac{L}{K} == 1.2\right\}, (K, L)\right]$$

```
{{K→36.5148,L→43.8178}}
```

$$\sqrt{100 - 36.5148} \sqrt{120 - 43.8178}$$

```
69.5445
```

La asignación eficiente de los insumos se encuentra en $K=36.51$ y $L=43.82$ en la producción de $x_1 = 40$. La producción de x_2 aumenta a 69.5, utilizando $K= 63.49$ y $L= 76.18$. En este caso, la ganancia en producción es $\Delta x_2 = 69.5 - 33.25 = 36.25$. Las ganancias en producción se pueden realizar en las dos actividades. En este caso, la solución estaría en un punto sobre la línea que representa el conjunto eficiente de producción entre los puntos p_1 y p_2 de la gráfica que se presenta a continuación.

```
Clear[K,L,x1,x2]
```

$$x1[K_, L_] = \sqrt{K} \sqrt{L};$$

$$x2[K_, L_] = \sqrt{K} \sqrt{L};$$

$$\text{conjuntoeficiente} := \frac{L}{K} == 1.2;$$

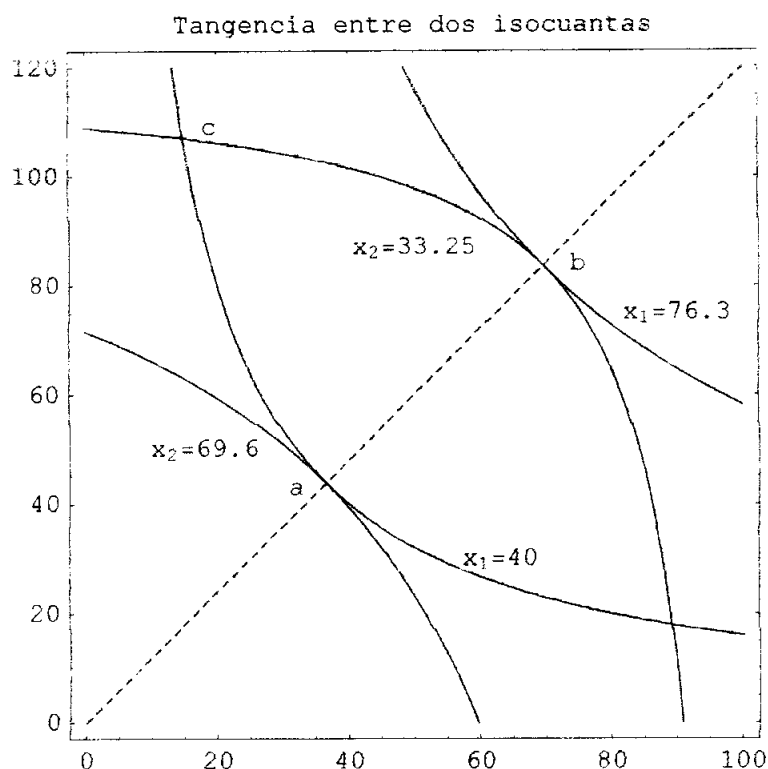
```
<<Graphics`ImplicitPlot`
```

```
cef:=ImplicitPlot[conjuntoeficiente,{K,0.001,100},PlotStyle→Dashing[{0.01}],DisplayFunction→Identity];
```

```
isocuantasx1:=ContourPlot[x1[K,L],{K,0,100},{L,0,120},ContourShading→False,Contours->{40,76.3},PlotPoints→100,DisplayFunction→Identity];
```

```
isocuantasx2:=ContourPlot[x2[100-K,120-L],{K,0,100},{L,0,120},ContourShading→False,Contours->{33.25,69.6},PlotPoints→100,DisplayFunction→Identity];
```

```
Show[isocuantasx1,isocuantasx2,cef,Graphics[Text[b,{75,84}]],Graphics[Text[a,{32,43}]],Graphics[Text[c,{19,109}]],Graphics[Text["\\(x_1)=40",{63,30}]],Graphics[Text["\\(x_1)=76.3",{90,75}]],Graphics[Text["\\(x_2)=33.25",{50,87}]],Graphics[Text["\\(x_2)=69.6",{18,50}]],AxesLabel→{"K","L"},PlotLabel->"Tangencia entre dos isocuantas",DisplayFunction→$DisplayFunction];
```



La inicial asignación en el punto *c* representa la combinación de K/L empleado en X y Y. Un cambio en K/L de *c* a *a* aumenta el producto de Y, mientras que el producto de X se mantiene sin cambio. Se debe notar que el movimiento de *c* a *a* permanece en la misma isocuanta ($X_1=40$) del producto X y existe un movimiento a una isocuanta mayor ($X_2=69.6$) del producto Y. Similarmente, un cambio de *c* a *b* aumenta el producto de X, mientras que se mantiene Y sin cambio. Únicamente en *a* y *b* es donde las isocuantas son tangentes. Si se hacen más reasignaciones de L y K resulta en un incremento en la producción de un sector a expensas de otro. Estos son los puntos donde la TMgST de L y K para los dos bienes son iguales.

La reasignación de los factores de producción y los resultados de los cambios en la producción de X y Y se pueden describir por la frontera de posibilidades de producción. Esta curva se deriva de la curva de contrato, donde se encuentran todos los puntos eficientes (los puntos de tangencia entre las dos isocuantas dadas), dadas las cantidades de K y L. Esta curva muestra el monto máximo de X y Y que se podría producir dado los recursos y la tecnología.

Las reasignaciones representadas por los puntos por debajo de la frontera representa infinitos numeros de posibilidades de incrementar el producto total con requerimientos adicionales de recursos. Reasignando recursos de *c* a *b* ó de *c* a *a*, la producción puede incrementarse en un sector con una reducción de la producción en otro. Un movimiento de *a* a *b* resulta en un incremento de X y una reducción de la producción de Y. Se debe notar que como los factores se transfieren de *a* a *b*, las $TMgST_{LK}^X$ y $TMgST_{LK}^Y$ permanecen igual. Únicamente la tasa a la que Y

se convierte en X es la tasa marginal de transformación de Y por X (TMgTxy).

La condición de eficiencia en el intercambio

La condición de eficiencia en el intercambio se ilustra con un modelo de dos sectores con dos funciones de utilidad:

$$U^A = U^A(X, Y)$$

$$U^B = U^B(X, Y)$$

La utilidad se deriva de A y B de combinaciones alternativas de X y Y y, se representa por la curvas de indiferencia. Una curva de indiferencia representa todas las posibles combinaciones de X y Y a las que el individuo es indiferente. Cada punto a lo largo de una curva de indiferencia provee el mismo nivel de satisfacción. Por ejemplo, la combinación de X y Y en el punto j provee el mismo nivel como la combinación en el punto k, pero el punto m representa un nivel mayor que j y k.

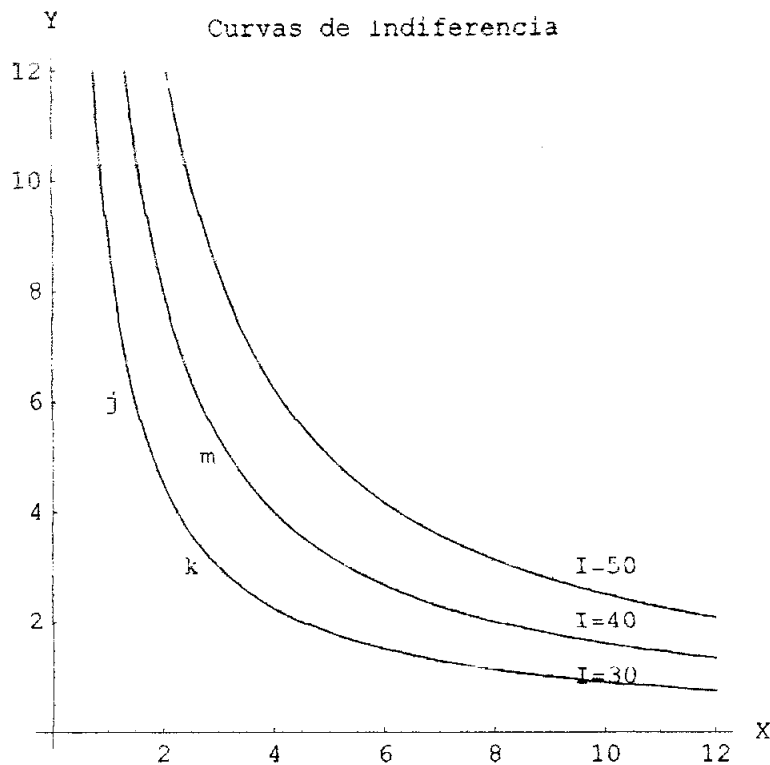
```
Clear[x1,x2,U]
```

$$U := 10 * x1^{\frac{1}{2}} * x2^{\frac{1}{2}}$$

```
<<Graphics`ImplicitPlot`
```

```
gráfica=ImplicitPlot[{U=30,U=40,U=50},{x1,0,12},{x2,0,12},AxesLabel->{"X","Y"},PlotLabel->
"Curvas de Indiferencia",DisplayFunction->Identity];
```

```
Show[gráfica,Graphics[Text["l=30",{10,1}],Graphics[Text["l=40",{10,2}],Graphics[Text["l=50",{10,
3}],Graphics[Text["j",{1.1,6}],Graphics[Text["k",{2.5,3}],Graphics[Text["m",{2.8,5}],DisplayFunci
on->$DisplayFunction];
```



Se debe notar que con un movimiento de *j* a *k*, la utilidad permanece igual, pero la tasa a la que *X* y *Y* se sustituyen varía. La tasa a la que *X* es sustituida por *Y* es llamada tasa marginal de sustitución de *X* por *Y* ($TMgS_{XY}$) y varía a lo largo de la curva de indiferencia. Para alcanzar eficiencia en el intercambio, la siguiente condición se debe alcanzar:

$$TMgS_{XY}^A = TMgS_{XY}^B$$

Esta igualdad representa la tangencia entre las dos curvas de indiferencia. Los ejes de la caja de Edgeworth muestran las producciones de *X* y *Y* con niveles de consumo de *A* y *B*, medidos desde los orígenes de O_A y O_B , respectivamente. Ambos individuos ganan de la reasignación de los bienes asignados inicialmente por lo punto *d* a *e* ó *d* a *h*, como resultado de la reasignación de *d* a *e*. El individuo *A* permanece en la misma curva de indiferencia, puesto que el individuo *B* se mueve a una curva de indiferencia mayor (de B_1 a B_2). Similarmente, una reasignación de *d* a *h* beneficia a *A* con ningún cambio en la utilidad de *B*. En puntos tangentes UMg_X/UMg_Y es igual para ambos individuos.

Esta situación y otras combinaciones conducen a la misma igualdad mostrada por la curva de contrato. Esta curva es el lugar de todas las combinaciones posibles de *X* y *Y*, que se pueden asignar entre *A* y *B* a un nivel particular de producción. Cada punto en la curva de contrato satisface la condición de eficiencia en el intercambio y cualquier movimiento entre dos puntos resulta en una redistribución, es decir, beneficiando a un individuo a expensas de otro. Puntos por arriba y debajo de la curva de contrato representa ineficiencia, por más que se gane

de una canasta de bienes moviéndose hacia una nueva curva. De este modo, todos los movimientos a otra parte de la curva de contrato son inconsistentes con el óptimo de Pareto.

```
Clear[Ua,Ub,x,y]
```

```
Ua[x_, y_] =  $\sqrt{x} \sqrt{y}$ ;
```

```
Ub[x_, y_] =  $\sqrt{x} \sqrt{y}$ ;
```

```
conjuntoeficiente :=  $\frac{y}{x} = 1.2$ ;
```

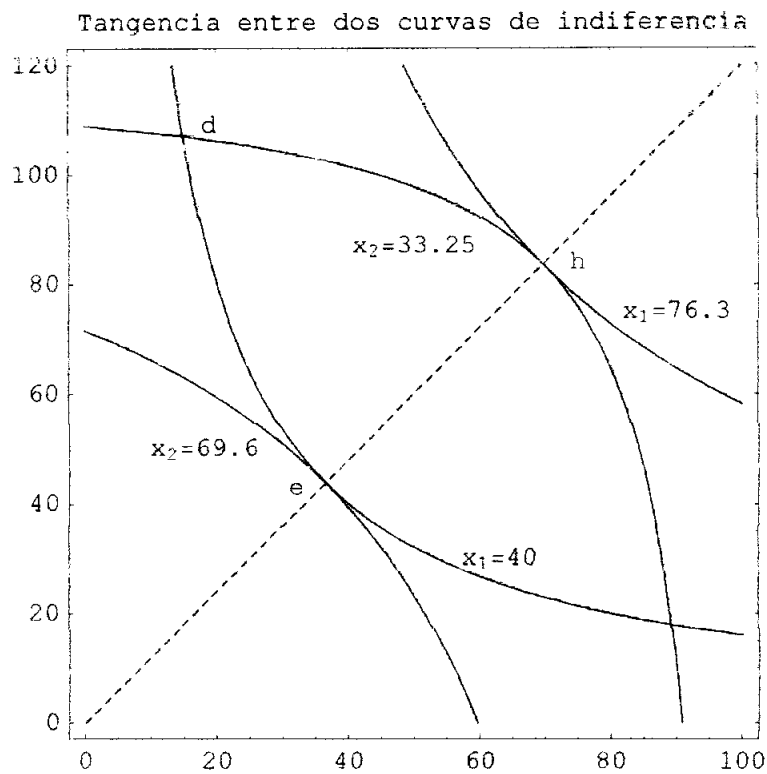
```
<<Graphics`ImplicitPlot`
```

```
cef:=ImplicitPlot[conjuntoeficiente,{x,0.001,100},PlotStyle→Dashing[{0.01}],DisplayFunction→Identity];
```

```
curvasindifA:=ContourPlot[Ua[x,y],{x,0,100},{y,0,120},ContourShading→False,Contours->{40,76.3},PlotPoints→100,DisplayFunction→Identity];
```

```
curvasindifB:=ContourPlot[Ub[100-x,120-y],{x,0,100},{y,0,120},ContourShading→False,Contours->{33.25,69.6},PlotPoints→100,DisplayFunction→Identity];
```

```
Show[curvasindifA,curvasindifB,cef,Graphics[Text[h,{75,84}]],Graphics[Text[e,{32,43}]],Graphics[Text[d,{19,109}]],Graphics[Text["\!(x\ 1)=40",{63,30}]],Graphics[Text["\!(x\ 1)=76.3",{90,75}]],Graphics[Text["\!(x\ 2)=33.25",{50,87}]],Graphics[Text["\!(x\ 2)=69.6",{18,50}]],AxesLabel→{"K","-L"},PlotLabel->"Tangencia entre dos curvas de indiferencia",DisplayFunction→$DisplayFunction];
```



La condición de asignación eficiente

La condición de asignación eficiente se satisface cuando la tasa a la que los bienes son sustituidos en la producción es igual a la tasa a la que ellos son intercambiados en el consumo. Para la derivación de tales asignaciones se puede empezar con: i) la frontera de posibilidades de producción, que muestra todos los posibles puntos de eficiencia en la producción, ii) mostrar todos los posibles puntos de eficiencia en el intercambio para una particular combinación de producción y dibujando la línea de contrato y, iii) para un infinito número de curvas de contrato, corresponden a diferentes puntos en la curva de posibilidades de producción. De este modo, se puede mostrar únicamente aquellos puntos que son eficientes en la producción y en el intercambio, que se representa por la gran frontera de utilidad.

ANEXO B

Las funciones de demanda ordinaria y compensada*

*Llamas, I. 2005. Notas de Microeconomía, Apuntes de clase, Capítulo 3 (México:Universidad Autónoma Metropolitana).

En esta sección se derivan, a partir de una función de utilidad, las funciones de demanda ordinaria (marshaliana) y compensada (hicksiana). Asimismo, se analizan las principales relaciones entre los dos tipos de funciones.

La dualidad

Existen dos formas de resolver un problema de optimización de recursos sujeto a restricciones. Si la función objetivo inicial a optimizar tiene n variables y m restricciones, su función objetivo dual tiene n restricciones y m variables. La relación de dualidad es simétrica, si existe una solución óptima finita para uno de los problemas y si existe para el otro. El dual de la teoría de maximización de utilidad del consumidor es la minimización del gasto, manteniendo un nivel de utilidad constante. De este modo, cualquier situación de equilibrio del consumidor se puede explicar tanto bajo el supuesto de la maximización de la utilidad sujeta a una restricción de gasto (problema primal) y bajo el supuesto de la minimización del gasto sujeto a un nivel de utilidad (problema dual).

El tratamiento del análisis del consumidor por medio de la dualidad ó la teoría de la función de gasto ofrece una alternativa al análisis que parte de la utilidad y tiene una aplicación empírica más inmediata. La función de gasto del consumidor contiene toda la información que se puede obtener de su inaccesible función de utilidad y, bajo circunstancias específicas, las propiedades de la relación de utilidad pueden deducirse de la función de gasto (Baumol, 1977).

Baumol encuentra tres ventajas al enfoque dual: i) permite formular problemas en una forma "natural", es decir, que se pueden traducir en formas intuitivas de abordar el análisis, ii) con frecuencia se pueden adaptar más fácilmente a la estimación empírica y, iii) facilita el proceso teórico de deducción y prueba. El problema dual de la maximización de la utilidad es la minimización del gasto.

Problema

Primal

Dual

$$\text{Max } U(x_1, \dots, x_n)$$

$$\text{Min } E = p_1 x_1 + \dots + p_n x_n$$

sujeto a $p_1 x_1 + \dots + p_n x_n = E$
se obtiene U^*

sujeto a $U(x_1, \dots, x_n) = U^*$
se obtiene E^*

Al igual que en el problema primal (max U), la solución del dual (min E) implica encontrar un conjunto de funciones de demanda. Estas últimas son las funciones de demanda compensadas. De este modo, la maximización de utilidad genera funciones ordinarias de demanda y la minimización del gasto genera funciones compensadas de demanda.

La función de gasto

La función de gasto se define como el nivel mínimo de gasto necesario para alcanzar un determinado nivel de utilidad (U^*) dado el conjunto de precios de los bienes de consumo, $p = p_1, \dots, p_n$. Formalmente,

$$E(p, U^*) \equiv E(p_1, \dots, p_n, U^*) = \sum_{i=1}^n p_i x_i^* \quad (1)$$

donde, x_i^* son los valores óptimos de las x_i que se obtienen de la solución del problema dual de minimización del gasto. La función de gasto (1) incluye precios y cantidades observables.

La función de utilidad tiene las propiedades siguientes: i) el principio de no saciedad del consumidor, ii) la condición de estricta cuasi-concavidad o que las curvas de indiferencia sean convexas al origen y iii) la continuidad de la función o que fuera al menos dos veces diferenciable. Una función de utilidad que cumple con estas propiedades se dice que es "bien comportada". Esta condición de "buen comportamiento" garantiza que el dual tenga solución y que la función de gasto exista. A continuación se presentan las principales propiedades de la función de gasto:

La propiedad 1

La función de gasto es una función lineal homogénea de grado uno. Si todos los precios se multiplican por un escalar (r), la función de gasto mínimo necesario para obtener un nivel de utilidad U^* también se multiplica por dicho escalar.

La propiedad 2

La función de gasto es estrictamente monótona creciente con respecto al nivel de utilidad U^* , sólo

aumenta el nivel de utilidad, si aumenta el gasto.

La propiedad 3

Si la función de utilidad es bien comportada, entonces la función de gasto es cóncava en los precios.

Definición: la función $e(p_1, \dots, p_n) = e(p)$ es cóncava, si dado un segmento de la línea que conecta dos puntos de su superficie $p' = (p'_1, \dots, p'_n)$ y $p'' = (p''_1, \dots, p''_n)$ para cualquier punto interior del segmento.

$$e[tp' + (1-t)p''] \geq te(p') + (1-t)e(p'') \quad (2)$$

donde, $0 \leq t \leq 1$.

Una función cóncava $e(p)$ tiene la propiedad que al ser evaluada a un promedio ponderado de p' y p'' es mayor o igual que el promedio ponderado de $e(p')$ y $e(p'')$.

La prueba de la proposición 3

Sean $x' = (x'_1, \dots, x'_n)$, $x'' = (x''_1, \dots, x''_n)$ y $x^* = (x^*_1, \dots, x^*_n)$ soluciones óptimas de mínimo costo correspondientes a los vectores de precios: p' , p'' y p^* , respectivamente. Donde $p^* = [tp' + (1-t)p'']$, es decir, p^* es un promedio ponderado de p' y p'' de tal manera que p^* es un punto interior en el segmento de la línea que une a p' y p'' . Con cada una de las canastas se obtiene un nivel de utilidad (U^*).

Al vector de precios (p'') y la canasta x^* debe ser al menos tan cara como la canasta x' , la cual es la de menor costo al vector de precios p' , esto es:

$$\sum_{j=1}^n p''_j x^*_j \geq \sum_{j=1}^n p'_j x'_j \equiv E(p', U^*) \quad (3)$$

Lo mismo sucede con el vector de precios p' , la canasta x^* debe ser al menos tan cara como la canasta x'' ,

$$\sum_{j=1}^n p'_j x^*_j \geq \sum_{j=1}^n p''_j x''_j \equiv E(p'', U^*) \quad (4)$$

Por lo tanto, al vector de precios p^* al cual corresponde la canasta óptima x^* ,

$$E(p^*, U^*) \equiv \sum_{i=1}^n p_i^* x_i^* \equiv \sum_{i=1}^n [t p_i^I + (1-t) p_i^{II}] x_i^* = t \sum_{i=1}^n p_i^I x_i^* + (1-t) \sum_{i=1}^n p_i^{II} x_i^* \geq t E(p^I, U^*) + (1-t) E(p^{II}, U^*)$$

[por (3) y (4)] (5)

El resultado (5) prueba que la función de gasto es cóncava por la definición (2).

La función de demanda compensada

Una función de gasto bien comportada permite obtener en forma simple funciones de demanda compensada. El procedimiento es diferenciar la función de gasto por el precio del bien cuya demanda se desea obtener. La diferencia entre demanda compensada y la demanda ordinaria es que la primera sólo incorpora el efecto sustitución y excluye el efecto ingreso. Esta función representa los cambios en las compras del consumidor ante un cambio en los precios. El consumidor se comporta como si fuera compensado simultáneamente con ingreso adicional para que conserve constante su nivel de utilidad o de ingreso real. Por lo tanto, cuando un precio aumenta, el consumidor necesita ser compensado para mantener su nivel de utilidad.

La propiedad 4

La derivada parcial de la función de gasto con respecto al precio del bien i es igual a x_{ic} , es decir, la demanda del bien i -ésimo que se deriva de la solución óptima (Lema de Shephard), esto es:

$$\frac{\partial E(p, U^*)}{\partial p_i} = x_{ic} \quad (6)$$

donde, (6) es la demanda compensada del bien i como función del precio.

La propiedad 5

La función de demanda compensada es homogénea de grado cero. Esto es, un cambio proporcional en todos los precios no modifica las cantidades demandadas. Esta propiedad se deriva de la propiedad 1. Si la función de gasto es homogénea de grado 1, sus derivadas parciales serán homogéneas de grado cero. Por ejemplo, suponga que un consumidor tiene una función de utilidad

del tipo Cobb-Douglas $U(x_1, x_2) = x_1^\alpha \cdot x_2^\beta$ y una restricción presupuestal $M = p_1 x_1 + p_2 x_2$ y se debe encontrar las funciones de demanda ordinaria y compensada del consumidor.

Las funciones ordinarias de demanda se obtienen de las condiciones de primer orden del lagrangiano que especifica el problema de maximización de la utilidad, dada la restricción presupuestal. Se utiliza el operador Log para realizar una transformación monótona de la función de utilidad original no lineal.

```
Clear[u, x1, x2, alpha, beta, L, lambda]
```

```
U = Log[x1^alpha * x2^beta];
```

```
res = M - p1 * x1 - p2 * x2;
```

```
L = U + lambda * res;
```

Al diferenciar \mathcal{L} con respecto a x_1 , x_2 y λ y resolviendo simultáneamente las ecuaciones que resultan se obtienen las funciones ordinarias de demanda.

```
Solve[{D[L, x1] == 0, D[L, x2] == 0, D[L, lambda] == 0}, {x1, x2, lambda}]
```

$$\left\{ \left\{ \lambda \rightarrow \frac{\alpha + \beta}{M}, x_1 \rightarrow \frac{M \alpha}{p_1 (\alpha + \beta)}, x_2 \rightarrow \frac{M \beta}{p_2 (\alpha + \beta)} \right\} \right\}$$

Estos valores se sustituyen en la función de utilidad inicial.

$$U_i = \text{Log} \left[\left(\frac{M \cdot \alpha}{p_1 (\alpha + \beta)} \right)^\alpha \cdot \left(\frac{M \cdot \beta}{p_2 (\alpha + \beta)} \right)^\beta \right]$$

$$\text{Log} \left[\left(\frac{M \alpha}{p_1 (\alpha + \beta)} \right)^\alpha \left(\frac{M \beta}{p_2 (\alpha + \beta)} \right)^\beta \right]$$

Se especifican los parámetros para conocer el nivel de utilidad que se desea mantener constante en la función de gasto.

```
U* = Block[{M = 100, p1 = 2, p2 = 2, alpha = .5, beta = .5}, %]
```

```
3.21888
```

La función de gasto se obtiene despejando M de la función indirecta de utilidad, manteniendo el nivel de utilidad $U^* = 3.21888$.

```
Ec = Solve[V == Block[{alpha = .5, beta = .5}, U_i], M] // N
```

$$\left\{ \left\{ M \rightarrow -2.271828^{1/V} \sqrt{p_1} \sqrt{p_2} \right\}, \left\{ M \rightarrow 2.271828^{1/V} \sqrt{p_1} \sqrt{p_2} \right\} \right\}$$

Ahora de la función de gasto $E(p_1, p_2, U^*) = 50 \sqrt{p_1} \sqrt{p_2}$ se obtienen las funciones de demanda compensada. Por el lema de Shephard $\frac{\partial E}{\partial p_i} = x_{ic}$.

D[Ec, p1] // N

$$\left\{ \left\{ 0 \rightarrow -\frac{1.271828^{1.5} \sqrt{p2}}{\sqrt{p1}} \right\}, \left\{ 0 \rightarrow \frac{1.271828^{1.5} \sqrt{p2}}{\sqrt{p1}} \right\} \right\}$$

D[Ec, p2]

$$\left\{ \left\{ 0 \rightarrow -\frac{1. e^{1.5} \sqrt{p1}}{\sqrt{p2}} \right\}, \left\{ 0 \rightarrow \frac{1. e^{1.5} \sqrt{p1}}{\sqrt{p2}} \right\} \right\}$$

La demanda compensada o hicksiana y la demanda no compensada o marshaliana derivadas de la misma función de utilidad directa se pueden ahora comparar. Dados los valores $M= 100$, $\alpha = \beta = 0.5$ y $p_2 = 2$, para x_1 , estas curvas son:

$$x1nc = \frac{50}{p1};$$

$$x1c = \frac{35.3553}{\sqrt{p1}};$$

$$\text{Solve}\left[\frac{50}{p1} == \frac{35.3553}{\sqrt{p1}}, p1\right]$$

{{p1 → 2.}}

El punto donde se cruzan las demandas es (25, 2).

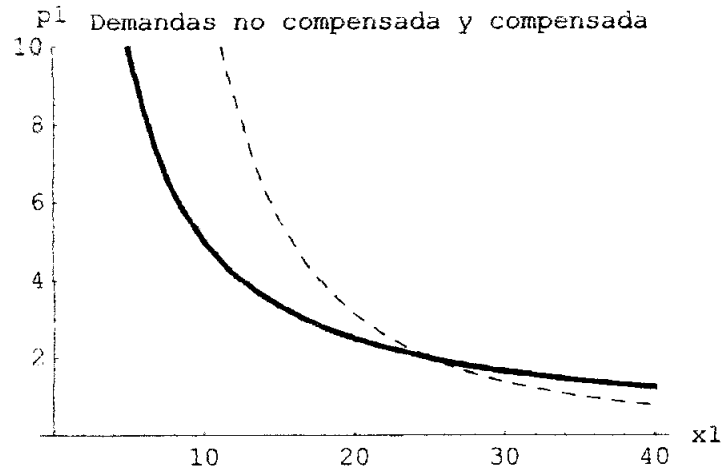
Clear[p1, x1]

Para graficar las funciones de demanda no compensada y compensada se toman las funciones inversas. El resultado es

$$p1nc = \frac{50}{x1};$$

$$p1c = \frac{1250}{x1^2};$$

```
Plot[{p1nc, p1c}, {x1, 0, 40},
PlotStyle -> {Thickness[0.008], Dashing[{0.02}]], PlotRange -> {0, 10},
PlotLabel -> " Demandas no compensada y compensada", AxesLabel -> {"x1", "p1"}];
```



Ejemplo 2 (Función de gasto y derivación de las funciones de demanda compensada).

Sea la función de utilidad de un consumidor una de tipo Cobb-Douglas $U(x_1, x_2) = x_1^\alpha x_2^\beta$ y su restricción presupuestaria $M = p_1 x_1 + p_2 x_2$. Encontrar sus demandas ordinarias y compensadas.

El problema primal:

$$\max U = x_1^\alpha x_2^\beta$$

$$\text{s.a } p_1 x_1 + p_2 x_2 = M$$

Para encontrar la solución de óptimo se construye el lagrangiano,

$$\text{Clear}[x_1, x_2, p_1, p_2, \lambda, M, \alpha, \beta]$$

$$\mathcal{L}_2 = \text{Log}[x_1^\alpha * x_2^\beta] + \lambda_2 (M - p_1 * x_1 - p_2 * x_2)$$

$$(M - p_1 x_1 - p_2 x_2) \lambda_2 + \text{Log}[x_1^\alpha x_2^\beta]$$

Al diferenciar \mathcal{L}_2 con respecto a x_1 , x_2 y λ_2 y resolviendo simultáneamente las ecuaciones que resultan, se obtienen las funciones ordinarias de demanda.

Solve[{D[L2, x1] == 0, D[L2, x2] == 0, D[L2, λ2] == 0}, {x1, x2, λ2}]

$$\left\{ \left\{ \lambda_2 \rightarrow \frac{\alpha + \beta}{M}, x_1 \rightarrow \frac{M\alpha}{p_1(\alpha + \beta)}, x_2 \rightarrow \frac{M\beta}{p_2(\alpha + \beta)} \right\} \right\}$$

Si se supone $\alpha = \beta = 1$, las demandas derivadas de la maximización de utilidad se transforman en:

$$x_1^* = \frac{M}{2p_1} \quad \text{y} \quad x_2^* = \frac{M}{2p_2}$$

Si estos valores se sustituyen en la función directa de utilidad $U(x_1, x_2) = x_1 x_2$, se puede especificar la función de utilidad de los valores óptimos (x_1^*, x_2^*) :

$$U^* = x_1^* x_2^* = \frac{M}{2p_1} * \frac{M}{2p_2} = \frac{M^2}{4p_1 p_2}$$

Así, la función indirecta de utilidad es:

$$U^* = \frac{M^2}{4p_1 p_2}$$

El planteamiento del problema dual.

$$\min M = p_1 x_1 + p_2 x_2$$

$$\text{s. a. } x_1 x_2 = U^*$$

El Lagrangiano es:

$$\text{Clear}[x1, x2, p1, p2, U, M, \lambda]$$

$$\mathcal{L}3 = p1 * x1 + p2 * x2 + \lambda3 (u - x1 * x2)$$

$$p1 x1 + p2 x2 + (u - x1 x2) \lambda3$$

Solve[$\{D[\mathcal{L}3, x1] = 0, D[\mathcal{L}3, x2] = 0, D[\mathcal{L}3, \lambda3] = 0\}, \{x1, x2, \lambda3\}$]

$$\left\{ \left\{ x1 \rightarrow -\frac{\sqrt{p2} \sqrt{u}}{\sqrt{p1}}, x2 \rightarrow -\frac{\sqrt{p1} \sqrt{u}}{\sqrt{p2}}, \lambda3 \rightarrow -\frac{\sqrt{p1} \sqrt{p2}}{\sqrt{u}} \right\}, \right.$$

$$\left. \left\{ x1 \rightarrow \frac{\sqrt{p2} \sqrt{u}}{\sqrt{p1}}, x2 \rightarrow \frac{\sqrt{p1} \sqrt{u}}{\sqrt{p2}}, \lambda3 \rightarrow \frac{\sqrt{p1} \sqrt{p2}}{\sqrt{u}} \right\} \right\}$$

Las demandas compensadas son:

$$x_1^* = \left(\frac{p_2}{p_1} * U \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$x_2^* = \left(\frac{p_1}{p_2} * U \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{El valor de } \lambda_3 = \left(\frac{p_1 p_2}{U} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Ejemplo numérico.

Sea $M = 100$, $p_1 = 4$ y $p_2 = 5$. La canasta que maximiza el nivel de utilidad es (12.5, 10) y el nivel de utilidad es $U^* = 125$.

La ecuación del gasto como función del nivel de utilidad es:

$$E(p_1, p_2, U^*) = p_1 \left(\frac{p_2}{p_1} * U \right)^{\frac{1}{2}} + p_2 \left(\frac{p_1}{p_2} * U \right)^{\frac{1}{2}} = 2 (p_1 p_2 U)^{\frac{1}{2}}$$

para $U^* = 125$

$$E(p_1, p_2, U^*) = 22.3607 (p_1 p_2)^{\frac{1}{2}}$$

Las demandas compensadas se obtienen por el lema de Shepard. Para encontrar las variaciones en los excedentes del consumidor se deben suponer variaciones en los precios de los bienes. Primero, suponga que p_1 aumenta de 4 a 6. ¿Qué monto de ingreso se debe dar al consumidor para que mantenga su nivel de utilidad o de ingreso real?. Para calcular el monto se sustituye el nuevo precio en la ecuación.

$$22.3607 + \sqrt{(6 * 5)}$$

122.475

Para que el consumidor conserve su nivel de utilidad o de ingreso real debe de recibir un subsidio de 22.475. Si lo recibe, la nueva canasta que le permite conservar su nivel de utilidad será (10.2062, 12.2474).

$$\sqrt{\frac{5}{6} * 125} // N$$

10.2062

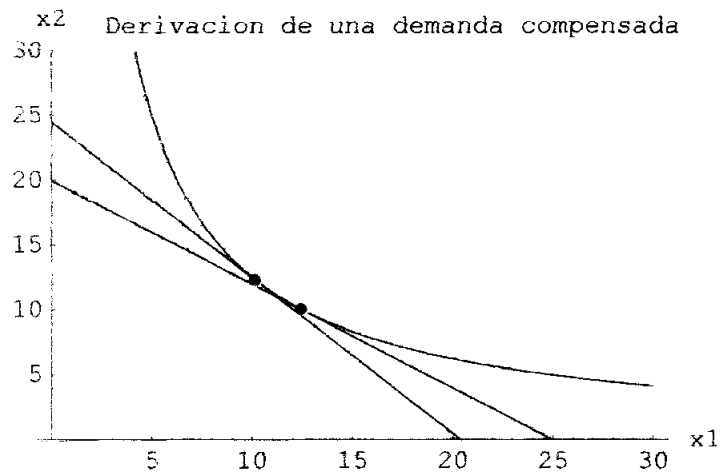
$$\text{Sqrt}\left\{\frac{6}{5} 125\right\} // N$$

12.2474

Clear[x1, x2]

```
grafica = Plot[{125/x1, 20 - .8 x1, 122.475/5 - 6/5 * x1},
  {x1, 0, 30}, AxesLabel -> {"x1", "x2"}, PlotRange -> {0, 30},
  PlotLabel -> " Derivacion de una demanda compensada", DisplayFunction -> Identity];
```

```
Show[grafica, {Graphics[{RGBColor[1, 0, 0], PointSize[0.02], Point[{12.5, 10}]}],
  {Graphics[{RGBColor[1, 0, 0], PointSize[0.02], Point[{10.2062, 12.2474}]}]},
  DisplayFunction -> $DisplayFunction];
```



ANEXO C

La ecuación de Slutsky*

*Llamas, I. 2005. *Notas de Microeconomía*, Apuntes de clase, Capítulo 4 (México:Universidad Autónoma Metropolitana).

Las propiedades de la demanda establecen que una persona comprará más de un bien cuando baja su precio. Una caída en el precio ocasiona dos cambios que afectan al consumidor: i) efecto ingreso, la caída en el precio aumenta el ingreso real del consumidor y ii) efecto sustitución, la caída en el precio hace al bien más barato y la persona comprará una cantidad mayor del mismo (teorema de Slutsky). Este teorema permite establecer una relación directa entre los efectos ingreso y sustitución así como entre la demanda ordinaria de mercado y la demanda compensada.

La ecuación de Slutsky

La relación fundamental se establece entre la curva de demanda ordinaria y la curva de demanda compensada. La primera se deriva de la maximización de utilidad sujeta a la restricción presupuestaria y la segunda se deriva de la minimización de gasto sujeta a un nivel de utilidad constante.

El lagrangiano y las condiciones de primer orden de la maximización de utilidad, en el caso de dos bienes, se expresa como:

$$\mathcal{L} = U + \lambda(M - p_1 x_1 - p_2 x_2) \quad (1)$$

$$U_1(x_1, x_2) - \lambda p_1 = 0$$

$$U_2(x_1, x_2) - \lambda p_2 = 0 \quad (2)$$

$$M - p_1 x_1 - p_2 x_2 = 0$$

¿Cómo reacciona el consumidor ante un cambio en el nivel de ingreso, cuando los precios se mantienen constantes?. Para contestar la pregunta se diferencia (2) con respecto a M.

$$U_{11} \frac{\partial x_1}{\partial M} + U_{12} \frac{\partial x_2}{\partial M} - p_1 \frac{\partial \lambda}{\partial M} = 0$$

$$U_{21} \frac{\partial x_1}{\partial M} + U_{22} \frac{\partial x_2}{\partial M} - p_2 \frac{\partial \lambda}{\partial M} = 0$$

$$1 - p_1 \frac{\partial x_1}{\partial M} - p_2 \frac{\partial x_2}{\partial M} = 0$$

En forma matricial:

$$\begin{pmatrix} U_{11} & U_{12} & -p_1 \\ U_{21} & U_{22} & -p_2 \\ -p_1 & -p_2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial M} \\ \frac{\partial x_2}{\partial M} \\ \frac{\partial \lambda}{\partial M} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$$

Utilizando la regla de Cramer:

$$\frac{\partial x_1}{\partial M} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & U_{12} & -p_1 \\ 0 & U_{22} & -p_2 \\ -1 & -p_2 & 0 \end{vmatrix}}{D} = -\frac{D_{31}}{D} \quad (3)$$

donde, D_{31} , es el cofactor (con su signo) del elemento en la fila o renglón j -ésimo y la k -ésima columna.

El signo de los cofactores se calcula de acuerdo con la expresión $(-1)^{j+k}$. El denominador D es positivo por las condiciones suficientes de segundo orden.

$$D_{31} = -p_2 U_{12} + p_1 U_{22} \geq 0$$

de manera similar,

$$\frac{\partial x_2}{\partial M} = \frac{-D_{32}}{D} \quad (4)$$

$$\text{donde, } D_{32} = p_2 U_{11} - p_1 U_{21} \leq 0$$

y,

$$\frac{\partial \lambda}{\partial M} = \frac{-D_{33}}{D}$$

$$D_{33} = U_{11} U_{22} - U_{12} U_{21} = U_{11} U_{22} - U_{12}^2 \leq 0$$

lo que significa,

$$\frac{\partial x_i}{\partial M} \geq 0$$

Por lo tanto, alguno de los bienes x_i puede ser inferior. En el caso de sólo 2 bienes, ambos no pueden ser inferiores.

Ejemplo 1

Definiendo una función de utilidad $U(x_1, x_2) = x_1 x_2 + x_1 + x_2$ y unos precios $p_1=2$ y $p_2=1$. Utilizando esta información, se tiene:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ -2 & -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial M} \\ \frac{\partial x_2}{\partial M} \\ \frac{\partial \lambda}{\partial M} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$$

El determinante de la matriz es 4. El valor de $\frac{\partial x_1}{\partial M} = \frac{1}{4}$, $\frac{\partial x_2}{\partial M} = \frac{1}{2}$ y $\frac{\partial \lambda}{\partial M} = \frac{1}{4}$.

Ahora se diferencia (2) con respecto a los precios, con respecto a p_1 . Con esta diferenciación se obtienen las tasas de cambio en el consumo de un bien cuando cambia el precio, manteniendo los precios de los otros bienes y el nivel de ingreso monetario constantes.

$$U_{11} \frac{\partial x_1}{\partial p_1} + U_{12} \frac{\partial x_2}{\partial p_1} - p_1 \frac{\partial \lambda}{\partial p_1} - \lambda = 0$$

$$U_{21} \frac{\partial x_1}{\partial p_1} + U_{22} \frac{\partial x_2}{\partial p_1} - p_2 \frac{\partial \lambda}{\partial p_1} = 0$$

$$-p_1 \frac{\partial x_1}{\partial p_1} - x_1 - p_2 \frac{\partial x_2}{\partial p_1} = 0$$

Se utilizó la regla del producto para diferenciar $-\lambda p_1$ y $-p_1 x_1$ y en forma matricial:

$$\begin{pmatrix} U_{11} & U_{12} & -p_1 \\ U_{21} & U_{22} & -p_2 \\ -p_1 & -p_2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial p_1} \\ \frac{\partial x_2}{\partial p_1} \\ \frac{\partial \lambda}{\partial p_1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda \\ 0 \\ x_1 \end{pmatrix}$$

El hecho de que existan dos entradas distintas de cero en el miembro derecho de la igualdad significa que al aplicar la regla de Cramer a cada columna resultarán dos cofactores, por consiguiente:

$$\frac{\partial x_1}{\partial p_1} = \frac{\begin{vmatrix} \lambda & U_{12} & -p_1 \\ 0 & U_{22} & -p_2 \\ x_1 & -p_2 & 0 \end{vmatrix}}{D} = \frac{\lambda D_{11}}{D} + \frac{x_1 D_{31}}{D} \quad (5)$$

$$\frac{\partial x_2}{\partial p_1} = \frac{\begin{vmatrix} U_{11} & \lambda & -p_1 \\ U_{21} & 0 & -p_2 \\ -p_1 & x_1 & 0 \end{vmatrix}}{D} = \frac{\lambda D_{12}}{D} + \frac{x_1 D_{32}}{D} \quad (6)$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_1} = \frac{\begin{vmatrix} U_{11} & U_{12} & \lambda \\ U_{21} & U_{22} & 0 \\ -p_1 & -p_2 & x_1 \end{vmatrix}}{D} = \frac{\lambda D_{13}}{D} + \frac{x_1 D_{33}}{D}$$

El primer elemento del lado derecho de las ecuaciones (5) y (6) son los efectos sustitución puros de un cambio en el precio, derivados del modelo de minimización de costos. Por su parte, las ecuaciones (3) y (4) muestran los efectos ingreso. Estas expresiones son, respectivamente, los segundos términos de las ecuaciones (5) y (6) multiplicados por $-x_1$.

Ejemplo 2

Utilizando la información del ejemplo 1, se tiene el resultado de diferenciar (2) con respecto a p_1 .

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ -2 & -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial p_1} \\ \frac{\partial x_2}{\partial p_1} \\ \frac{\partial \lambda}{\partial p_1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda \\ 0 \\ x_1 \end{pmatrix}$$

$$\frac{\partial x_1}{\partial p_1} = \frac{\lambda D_{11}}{D} + \frac{x_1 D_{31}}{D} = -\frac{\lambda}{4} + \frac{x_1}{4}$$

$$\frac{\partial x_2}{\partial p_1} = \frac{\lambda D_{12}}{D} + \frac{x_1 D_{32}}{D} = \frac{\lambda}{2} - \frac{x_1}{2}$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_1} = \frac{\lambda D_{13}}{D} + \frac{x_1 D_{33}}{D} = -\frac{\lambda}{4} + \frac{x_1}{4}$$

Por la solución del ejemplo 2, se tiene que $\lambda=28.25$ y $x_1=27.25$. Sustituyendo estos valores en los resultados anteriores se tiene:

$$\frac{\partial x_1}{\partial p_1} = -0.25$$

$$\frac{\partial x_2}{\partial p_1} = 0.5$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial p_1} = -0.25$$

Las ecuaciones (5) y (6) también se pueden escribir como:

$$\frac{\partial x_1}{\partial p_1} = \frac{\partial x_1^U}{\partial p_1} - x_1 \frac{\partial x_1^M}{\partial M} \quad (7')$$

$$\frac{\partial x_2}{\partial p_1} = \frac{\partial x_2^U}{\partial p_1} - x_1 \frac{\partial x_1^M}{\partial M} \quad (8')$$

Resultados similares se obtienen con respecto a un cambio en p_2 .

$$\frac{\partial x_1}{\partial p_2} = \frac{\partial x_1^c}{\partial p_2} - x_2 \frac{\partial x_1^M}{\partial M}$$

$$\frac{\partial x_2}{\partial p_2} = \frac{\partial x_2^c}{\partial p_2} - x_2 \frac{\partial x_2^M}{\partial M}$$

En general, para n bienes.

$$\frac{\partial x_i}{\partial p_j} = \frac{\partial x_i^c}{\partial p_j} - x_j \frac{\partial x_i^M}{\partial M} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

La ecuación de Slutsky y demandas ordinarias y compensadas

La ecuación de Slutsky es una relación entre $\frac{\partial x_i}{\partial p_j}$, la tasa de variación no compensada de x_i , con $\frac{\partial x_i^c}{\partial p_j}$, la tasa compensada de cambio, la cual se puede escribir como:

$$\left(\frac{\partial x_i}{\partial p_j}\right)_M = \left(\frac{\partial x_i}{\partial p_j}\right)_U - x_j \left(\frac{\partial x_i}{\partial M}\right)_p$$

Fuera de los paréntesis se muestran los parámetros que se mantienen constantes en cada uno de sus términos. El signo negativo indica que el cambio en el ingreso tiene una dirección contraria que el cambio en el precio.

La ecuación de Slutsky debe considerarse como una relación entre dos concepciones diferentes de funciones de demanda.

$$\begin{aligned} x_i &= x_i(p_1, p_2, M) && \text{demanda ordinaria o marshaliana} \\ x_i &= x_i(p_1, p_2, U) && \text{demanda compensada o hicksiana} \end{aligned}$$

Cada función es resultado de la solución de un sistema de ecuaciones bien definido que surge de una hipótesis de optimización, es decir, de la maximización de la utilidad y de la minimización del costo. La ecuación de Slutsky muestra que esas dos funciones están relacionadas.

El término $-x_j \frac{\partial x_i}{\partial M}$ expresa el cambio en el ingreso generado por un cambio en el precio. La magnitud del cambio en el ingreso del consumidor generado por un cambio en el precio dependerá del tipo de bien. Si el bien tiene poca presencia en la canasta de consumo (sal o palillos de dientes), la variación en el precio afectará poco al ingreso real; si el bien se consume intensamente el efecto en el ingreso real o utilidad será considerable.

Ejemplo 1

A la función de utilidad $U=x_1 x_2$ le corresponden las funciones de demanda ordinaria $x_1 = \frac{M}{2P_1}$ y

$x_2 = \frac{M}{2P_2}$ y, las funciones de demanda compensada $x_1^* = \left(\frac{p_2}{p_1} * U\right)^{\frac{1}{2}}$ y $x_2^* = \left(\frac{p_1}{p_2} * U\right)^{\frac{1}{2}}$. Se debe mostrar que la relación entre x_1^U y x_1^M es la que se encuentra en la ecuación de Slutsky.

Sustituyendo estos resultados en la ecuación de gasto,

$$E(p_1, p_2, U^*) = p_1 \left(\frac{p_2 U^*}{p_1}\right)^{\frac{1}{2}} + p_2 \left(\frac{p_1 U^*}{p_2}\right)^{\frac{1}{2}} = 2(p_1 p_2 U^*)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

La ecuación de Slutsky es una relación que se cumple en cualquier punto particular de tangencia entre la línea de presupuesto y una curva de indiferencia. Por ello, los términos $\left(\frac{\partial x_i}{\partial P_i}\right)_M$ y $\left(\frac{\partial x_i}{\partial P_i}\right)_U$ deben evaluarse en el mismo punto.

Puesto que las funciones dependen de diferentes variables, U o M, se deben evaluar en el punto en el que $x_i(p_1, p_2, U^*) = x_i(p_1, p_2, M)$. Esto se puede operar desde la función indirecta de utilidad que se obtiene de (9).

$$U^* = \frac{M^2}{4 p_1 p_2}$$

En esta función se relacionan directamente los niveles de U con los valores de M, manteniendo constante los niveles de precios. Si la utilidad se maximiza sujeta a un nivel de ingreso M y se minimizan los costos sujetos a una curva de indiferencia (a permanecer en ella) U^* , la canasta de bienes de consumo debe ser la misma. Además, en este punto de óptimo la variación del precio (p_1) ocasiona un cambio en la cantidad demandada de x_1 en la demanda ordinaria que es igual al efecto sustitución más efecto ingreso.

Evaluando las derivadas parciales de la ecuación de Slutsky,

$$\frac{\partial x_1}{\partial p_1} = \left(\frac{\partial x_1}{\partial p_1}\right)_{U^*} - x_1 \left(\frac{\partial x_1}{\partial M}\right)_p$$

de la función de demanda ordinaria $x_1 = \frac{M}{2 p_1}$ se obtiene $\frac{\partial x_1}{\partial p_1} = -\frac{M}{2 P_1^2}$.

$$\text{luego, } x_1 * \frac{\partial x_1}{\partial M} = \left(\frac{M}{2 p_1}\right) * \frac{1}{2 p_1} = \frac{M}{4 p_1^2}$$

La derivada parcial de la función de demanda compensada,

$$\left(\frac{\partial x_1}{\partial p_1}\right)_{U^*} = -\frac{1}{2} (p_2 U^*)^{\frac{1}{2}} p_1^{-\frac{3}{2}}$$

como $U^* = \frac{M^2}{4 P_1 P_2}$, tenemos que:

$$\left(\frac{\partial x_1}{\partial p_1}\right)_{U_0} = -\frac{1}{2} \left(p_2 \frac{M^2}{4P_1 P_2}\right)^{\frac{1}{2}} * p_1^{-\frac{3}{2}} = -\frac{1}{2} \left(\frac{M}{2}\right) * p_1^{-\frac{1}{2}} * p_1^{-\frac{3}{2}} = -\frac{M}{4p_1^2}$$

luego,

$$-\frac{M}{2p_1^2} = -\frac{M}{4p_1^2} - \frac{M}{4p_1^2} = -2\left(\frac{M}{4p_1^2}\right)$$

$$= -\frac{M}{2p_1^2} \quad (\text{que es lo que se quería demostrar}).$$

Ejemplo 2

$$U = x_1^{0.5} * x_2^{0.5}$$

$$x_1^{0.5} x_2^{0.5}$$

$$g = M - p_1 * x_1 - p_2 * x_2$$

$$M - p_1 x_1 - p_2 x_2$$

$$\mathcal{L} = U + \lambda * g$$

$$x_1^{0.5} x_2^{0.5} + (M - p_1 x_1 - p_2 x_2) \lambda$$

$$\text{sol} = \text{Solve}[\{D[\mathcal{L}, x_1] = 0, D[\mathcal{L}, x_2] = 0, D[\mathcal{L}, \lambda] = 0\}, \{x_1, x_2, \lambda\}] // N$$

$$\left\{ \left\{ x_1 \rightarrow \frac{0.5M}{p_1}, x_2 \rightarrow \frac{0.5M}{p_2}, \lambda \rightarrow -\frac{0.5}{\sqrt{p_1} \sqrt{p_2}} \right\}, \left\{ x_1 \rightarrow \frac{0.5M}{p_1}, x_2 \rightarrow \frac{0.5M}{p_2}, \lambda \rightarrow \frac{0.5}{\sqrt{p_1} \sqrt{p_2}} \right\} \right\}$$

Como el multiplicador de Lagrange representa la utilidad marginal del dinero y esta es positiva, se elige la última solución. A continuación se construye la matriz hessiana orlada para verificar que se cumplen las condiciones de segundo orden para un máximo. Esta matriz incorpora todas las segundas derivadas parciales y tiene la forma

$$\begin{pmatrix} \partial_{\lambda,\lambda} & \partial_{\lambda,x_1} & \partial_{\lambda,x_2} \\ \partial_{x_1,\lambda} & \partial_{x_1,x_1} & \partial_{x_1,x_2} \\ \partial_{x_2,\lambda} & \partial_{x_2,x_1} & \partial_{x_2,x_2} \end{pmatrix} \quad 0 \quad \begin{pmatrix} \partial_{x_1,x_1} & \partial_{x_1,x_2} & \partial_{x_1,\lambda} \\ \partial_{x_2,x_1} & \partial_{x_2,x_2} & \partial_{x_2,\lambda} \\ \partial_{\lambda,x_1} & \partial_{\lambda,x_2} & \partial_{\lambda,\lambda} \end{pmatrix}$$

Para formar la matriz de acuerdo con la segunda alternativa

$$A = (\{\partial_{x_1,x_1} \mathcal{L}, \partial_{x_1,x_2} \mathcal{L}, \partial_{x_1,\lambda} \mathcal{L}\}, \{\partial_{x_2,x_1} \mathcal{L}, \partial_{x_2,x_2} \mathcal{L}, \partial_{x_2,\lambda} \mathcal{L}\}, \{\partial_{\lambda,x_1} \mathcal{L}, \partial_{\lambda,x_2} \mathcal{L}, \partial_{\lambda,\lambda} \mathcal{L}\})$$

$$\left\{ \left\{ -\frac{0.25 x_2^{0.5}}{x_1^{1.5}}, \frac{0.25}{x_1^{0.5} x_2^{0.5}}, -p_1 \right\}, \left\{ \frac{0.25}{x_1^{0.5} x_2^{0.5}}, -\frac{0.25 x_1^{0.5}}{x_2^{1.5}}, -p_2 \right\}, \{-p_1, -p_2, 0\} \right\}$$

MatrixForm[A]

$$\begin{pmatrix} \frac{0.25x_2^{0.5}}{x_1^{1.5}} & \frac{0.25}{x_1^{0.5}x_2^{0.5}} & -p_1 \\ \frac{0.25}{x_1^{0.5}x_2^{0.5}} & -\frac{0.25x_1^{0.5}}{x_2^{1.5}} & -p_2 \\ -p_1 & -p_2 & 0 \end{pmatrix}$$

Det[A]

$$\frac{0.25 p_1^2 x_1^{0.5}}{x_2^{1.5}} + \frac{0.5 p_1 p_2}{x_1^{0.5} x_2^{0.5}} + \frac{0.25 p_2^2 x_2^{0.5}}{x_1^{1.5}}$$

Como los precios y las cantidades son no negativos y, el determinante es positivo, significa que la solución es un máximo.

Se supone una situación inicial $M=100$, $p_1=2, p_2=2$. Con estos valores la canasta óptima es (25,25). Si M aumenta en 10 unidades, x_1^* aumenta en 2.5 unidades.

La ecuación de Slutsky se usa para desagregar el efecto de un cambio en los precios en sus componentes (efecto sustitución y efecto ingreso).

En este ejemplo, $x_1 = \frac{0.5M}{p_1}$ y los efectos son:

$$\text{efectoprecio} = D\left[\frac{0.5M}{p_1}, p_1\right]$$

$$-\frac{0.5M}{p_1^2}$$

y,

$$D\left[\frac{0.5M}{p_1}, M\right]$$

$$\frac{0.5}{p_1}$$

$$\text{efectoingreso} = \% * \frac{0.5M}{p_1}$$

$$\frac{0.25M}{p_1^2}$$

El efecto sustitución es la diferencia entre el efecto precio menos el efecto ingreso.

efectosustitucion = efectoprecio - efectoingreso

$$-\frac{0.75 M}{p_1^2}$$

La ecuación de Slutsky es entonces la suma de estos dos efectos.

ecuaciondeSlutsky = efectosustitucion + efectoingreso

$$-\frac{0.5 M}{p_1^2}$$

ANEXO D

El excedente del consumidor* (variaciones compensatorias y equivalentes)

*Llamas. I. 2005. *Notas de Microeconomía*. Apuntes de clase, Capítulo 5 (México:Universidad Autónoma Metropolitana).

La medición del excedente del consumidor

El excedente del consumidor con una demanda marshaliana lineal

Se considera que la demanda inversa de un bien es $p = 100 - 2x$ y que los costos marginales de producción del bien son $C_{mg} = 20$. En condiciones de competencia, el excedente del consumidor es igual al área del triángulo que se encuentra arriba de la recta de costos marginales. Esto es, el excedente tendría un valor de \$1600, con un precio del producto de \$20 y una cantidad producida de 40 unidades.

$$\frac{1}{2} 40 * 80$$

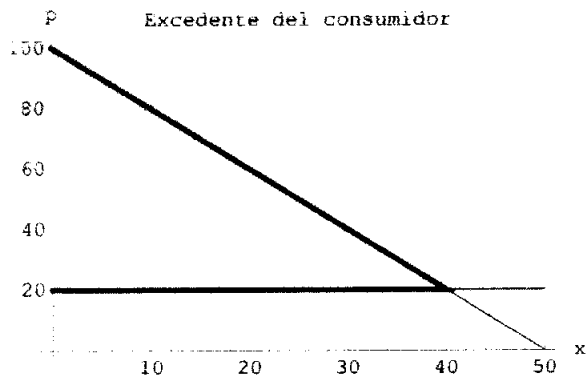
```
gr1 = Plot[{100 - 2 x, y = 20}, {x, 0, 50}, DisplayFunction -> Identity];
```

```
vertices = {{0, 20}, {40, 20}, {0, 100}};
```

```
triangulo = Graphics[{GrayLevel[0.9], Polygon[vertices]}];
```



```
Show[gr1, triangulo, Graphics[{Dashing[{}], Thickness[0.01], Line[vertices]}],
  Axes → True, AxesLabel → {"x", "p"}, PlotLabel → "Excedente del consumidor",
  DisplayFunction → $DisplayFunction];
```



Las funciones de demanda y las trayectorias de precios

La teoría de la elección del consumidor que fundamenta la medición del excedente del consumidor se formula en términos de la utilidad individual. Al pasar de la utilidad individual a la social surgen dos problemas: i) la dificultad para agregar la utilidad de los distintos individuos y, ii) la definición de bienestar. La definición de utilidad se restringe a aquellos componentes que se pueden medir en unidades monetarias. Generalmente, se considera que la utilidad de los individuos depende del consumo de bienes y servicios a los cuales se les puede asignar explícita o implícitamente un valor monetario para los cuales no existe un mercado, asignados un valor implícito.

Una vez estandarizada la medición de utilidad se puede agregar para distintos individuos. La definición de bienestar se realiza en el contexto de equilibrio general, cuando se abandonan los supuestos restrictivos del equilibrio parcial, es decir, curvas de demanda con niveles de ingreso (o de utilidad) constantes, así como, dotación y precio de los factores constantes. En equilibrio general se considera que cualquier cambio en el ambiente económico ocasiona potenciales cambios en todas las curvas de oferta y demanda.

El cambio en el excedente del consumidor con una demanda marshalliana

La gráfica anterior corresponde a la función de demanda $p = 100 - 2x$. El excedente del consumidor se puede considerar como la ganancia del consumidor derivada de una caída en el precio y se mide por el triángulo que es igual a $-\int x dp$. El signo negativo indica que el precio ha bajado.

$$x = 40:$$

$$-\int_{100}^{20} (50 - 1/2 + p) dp$$

1600

La medición del excedente del consumidor cuando cambia más de un precio.

En este caso la fórmula es una integral lineal. La fórmula es:

$$\Delta W = - \sum \int x_i^M dp_i = - \int \sum x_i^M dp_i \quad (1)$$

donde $x_i^M = x_i^M(p_1, \dots, p_n, M)$.

Ejemplo 1

Se supone una función de utilidad de un consumidor $U(x_1, x_2) = \log x_1 + x_2$. Las curvas de demanda asociadas son: $x_1 = \frac{p_2}{p_1}$ y $x_2 = \frac{M}{p_2} - 1$ y, además, se supone inicialmente $M=4$, $p_2=2$, $p_1=2$. Después, ambos precios bajan a $p_1=p_2=1$. Al vector de precios $p_0 = (2, 2)$, le corresponde un vector de cantidades $x_0 = (1, 1)$ y al vector $p_1 = (1, 1)$ le corresponde $x_1 = (1, 3)$. La fórmula para medir el cambio en el excedente del consumidor es:

$$\Delta W = - \int \frac{p_2}{p_1} dp_1 - \int \left(\frac{M}{p_2} - 1 \right) dp_2 \quad (2)$$

En la primera integral p_2 se trata como constante y en la segunda a p_1 . Para evaluar los cambios en precio existen dos trayectorias posibles:

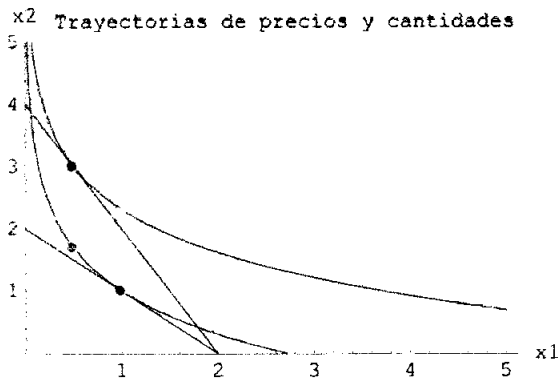
trayectoria 1, p_1 baja primero y después p_2 ;

$$-\int_2^1 \frac{2}{p_1} dp_1 - \int_2^1 \left(\frac{4}{p_2} - 1 \right) dp_2 // N$$

3.15888

trayectoria 2, p_2 baja primero y después p_1 .

```
Show[grafica, {Graphics[{RGBColor[1, 0, 0], PointSize[0.02], Point[{1, 1}]}],
  {Graphics[{RGBColor[1, 0, 0], PointSize[0.02], Point[{.5, 3}]}]},
  {Graphics[{RGBColor[0, 0, 1], PointSize[0.02], Point[{1, 2.31}]}]},
  {Graphics[{RGBColor[0, 0, 1], PointSize[0.02], Point[{.5, 1.69}]}]},
  DisplayFunction -> $DisplayFunction];
```



¿En cuánto mejoró el bienestar del consumidor al moverse de x_0^* a x_1^* ? Se puede encontrar una respuesta si se pregunta: ¿qué monto de ingreso se le puede quitar al consumidor para dejarlo con el mismo nivel de utilidad (bienestar) que tenía con la canasta x_0^* ? Para contestarla se traza una línea presupuestal paralela a la que pasa por x_1^* y se pasa por U_0 . La distancia entre estas dos líneas es el monto máximo de ingreso que el consumidor estaría dispuesto a pagar por el derecho a disfrutar el menor precio de x_2 . A este monto se le llama *variación compensatoria (VC)*. En resumen, la VC es el cambio en el ingreso para que el consumidor retorne a su curva de indiferencia inicial, ya que es la variación del ingreso que compensa exactamente al consumidor por la variación en el precio.

En la gráfica se representa con un punto sobre la curva de indiferencia inicial, la canasta que se alcanzaría si existiera tal VC. Este punto es $x_{vc}^* = (0.5, 1.69)$. El cual se obtiene tomando en cuenta que la nueva relación de precios, $\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{2}$, es igual a la cantidad demandada de x_1 . Con este valor y con el de la curva de indiferencia se calcula la cantidad demandada de x_2 . Esta es igual a $1 - \text{Log}[.5]$.

$$1 - \text{Log}[.5] // N$$

$$1.69315$$

El monto de la VC se calcula a partir de la canasta x_{vc}^* . $M_1 = p_1 x_1 + p_2 x_2 = 2(0.5) + 1(1.69) = 2.69$. Así, la VC = $M_1 - M_0 \approx 2.69 - 4 = -1.31$.

Existe otra posible respuesta a la pregunta: ¿en cuánto mejoró el bienestar del consumidor al moverse de x_0^* a x_1^* ? Esta pregunta se responde con otra pregunta: ¿qué monto de ingreso se le debe dar al consumidor para que a los precios originales obtenga el mismo bienestar (utilidad), que tendría si el precio de p_2 hubiera bajado de 2 a 1? Esta manera de medir el efecto de un cambio en el precio en el bienestar del consumidor se llama *variación equivalente (VE)*. Esta es la variación del ingreso que equivale a la variación del precio desde el punto de vista de su efecto en la utilidad. La VE mide la cantidad mínima de ingreso que el consumidor está dispuesto a aceptar a cambio de que el precio de x_2 se mantenga en 2 en lugar de que baje en 1.

En general, la cantidad de dinero que estaría dispuesto a pagar el consumidor para que se observe la baja de un precio será diferente de la cantidad de dinero que tendría que recibir para compensarlo por una alza en el precio. Después de todo, el valor que tiene una unidad monetaria (un peso) para un consumidor depende de los precios relativos. En la gráfica se representa con un punto sobre la curva de indiferencia más alta la canasta que se alcanzaría si existiera tal VE. Este punto es $x_{ve}^* = (1, 2.31)$, el cual se obtiene tomando en cuenta la relación inicial de precios $\frac{p_2}{p_1} = 1$, que es igual a la cantidad demandada de x_1 . Con este valor y con el de la nueva curva de indiferencia se calcula la cantidad demandada de x_2 , esta es igual a $2.31 - \text{Log}[1] = 2.31$. En términos geométricos, la VC y la VE son dos formas de medir la distancia que media entre dos curvas de indiferencia.

Ejemplo 3 (las variaciones compensatorias y equivalentes)

Sea la función de utilidad: $U(x_1, x_2) = \sqrt{x_1 x_2}$. Inicialmente el consumidor enfrenta los precios (1,1) y tiene un presupuesto de 100. Después sube el precio de x_1 a 2. ¿Cuáles son la VC y la VE? Se sabe que la función de demanda de una función de utilidad Cobb-Douglas viene dada por $x_i = \frac{M \alpha_i}{p_i}$, donde $\alpha_j = \frac{K_j p_j}{M}$. En este ejemplo $\alpha_j = \frac{1}{2}$, entonces:

$$x_1 = \frac{M}{2 p_1} \quad \text{y} \quad x_2 = \frac{M}{2 p_2}$$

Así, $x_0^* = (50, 50)$ y $x_1^* = (25, 50)$ con niveles de utilidad $U_0^* = 50$ y $U_1^* = 35.3553$

$$U_1^* = \sqrt{25 * 50} // N$$

35.3553

Para calcular la VC se pregunta cuánto dinero se necesitaría a los precios (2, 1) para que el consumidor disfrute del mismo bienestar que cuando consumía la cantidad (50, 50). Si los precios son (2, 1) y el consumidor necesita un ingreso M, para que su elección $(\frac{M}{4}, \frac{M}{2})$ iguale la utilidad de la canasta (50, 50), se tiene:

$$\text{Solve}\left[\left(\frac{M}{4}\right)^{1/2} * \left(\frac{M}{2}\right)^{1/2} = 50, M\right] // N$$

{{M → 141.421}}

El consumidor necesita una compensación de 41.421 pesos adicionales, después de la variación de p_1 , para alcanzar el mismo nivel de bienestar anterior. Para calcular la VE, se pregunta cuánto dinero se necesitará a los precios (1, 1) para que el consumidor disfrute el nivel de bienestar que tendría consumiendo la cantidad (25, 50). M es la cantidad de dinero que necesita y siguiendo el procedimiento anterior.

$$\text{Solve}\left[\left(\frac{M}{2}\right)^{1/2} * \left(\frac{M}{2}\right)^{1/2} = 35.3553, M\right] // N$$

{{M → 70.7106}}

La variación equivalente es:

70.7106 – 100

-29.2894

ANEXO E

El análisis de la cuenca Leiva-La Eternidad

1.1 Las características de la cuenca Leiva-La Eternidad

La cuenca tiene una superficie de 52,500 km² y en ella viven uno de cada once mexicanos, además de cada ocho hectáreas de riego se tiene más del 30% de la producción industrial nacional (CONAGUAS, 1993). La zona hidrológica río Leiva-La Eternidad pertenece a la región hidrológica número 12 (Leiva-San José), de acuerdo a las regiones hidrológicas del país.

1.2 La localización de la cuenca

La zona hidrológica abarca una superficie de 51,887 km², considerando las cuencas cerradas de Pataico y Cuicuilco y teniendo como límites las siguientes cuencas hidrológicas: la región hidrológica Leiva-San José ubicada al norte, la región hidrológica número 18 ubicada al sur, la región hidrológica número 26 ubicada al noroeste y la cuenca hidrológica del río San José ubicada al oeste. La zona hidrológica Leiva-La Eternidad se divide en diecinueve cuencas hidrológicas, denominadas: río Leiva 1, río La Galia, río Jaltepec, río Leiva 2, río Leiva 3, río La Alhaja 1, río Queretano, río La Alhaja 2, laguna de Yuri, río Leiva 4, río Cristalino, río Anguilla, río Leiva 5, río Leiva 6, río Duran, río Tula, río Leiva 7, lago de Pataico y el lago de Cuicuilco.

El sistema hidrológico de esta zona está constituido por el río Leiva, que es la corriente principal de aproximadamente 708 kilómetros de longitud y que principia en la laguna de Olmeda. En su recorrido se integran como tributarios importantes los ríos La Galia, Jalostoc, de La Alhaja, Silbano, Vargas, Cristalino, Anguila y Duran, hasta descargar al lago La Eternidad, que es el vaso interior de mayores dimensiones del país y en donde también descargan los ríos La Pasión y Tula (DOF, 15 oct 2003).

1.3 El balance de la cuenca Leiva-La Eternidad

El balance hidrológico en la cuenca muestra que el promedio de la precipitación es de 36,000 millones de m³ al año, generando una corriente de 4,740 millones m³/año del cual se utiliza 3,240 millones m³/año para riego y cerca de 1,100 millones m³/año

corre hacia el lago de la Eternidad.⁵⁶ Los afluentes del lago de la Eternidad llegan básicamente del río Leiva y de la precipitación pluvial.

1.3 El balance hidrológico del Lago de la Eternidad

El lago La Eternidad recibe aportaciones de agua de los ríos Leiva y Duran de 273 millones m³/año y de la precipitación pluvial que es de 711 millones m³/año. Durante la temporada de lluvias recibe también las aportaciones de los ríos La Penca, Sahuayo y Tula. Este último se convierte en un afluente "estacional" del lago de la Eternidad, debido a que con la finalidad de aportar más agua al lago, éste se hace fluir al lago en los meses de lluvia, mediante un sistema de bombeo y compuertas situado en Tlacotlán.⁵⁷

La corriente del río Leiva es relativamente pequeña comparada con otras fuentes (la precipitación y las contribuciones al lago de la propia cuenca de 178 millones m³ por escurrimientos). También se considera también la pérdida de agua en el lago como consecuencia de la evaporación (1,394 millones de m³ de agua al año), la cual se debe al tamaño de su superficie igual a 700 Km². El lago aporta 192 millones de m³ al año para abastecer a la ciudad de Zamorilla y cerca de 70 millones de m³ al año para riego. El río San José constituye el efluente natural del lago, donde fluyen 112 millones m³/año.⁵⁸

⁵⁶ Consejo Consultivo de Evaluación y Seguimiento del Programa de Ordenamiento y Saneamiento de la Cuenca Leiva- La Eternidad (1991).

⁵⁷ CEPEP (2000).

⁵⁸ Vargas V. (2000).

Cuadro E1
Balance hidrológico histórico del lago La Eternidad

Año	Entradas			Salidas					Total Entradas	Total Salidas	Balance
	Precipitación	Río Leiva	Río Duran	Acueducto	Atemiza	Presa Victoria	El Zapote	Evaporación			
1990	913	393	70	0	240	6	0	1054	1376	1299	77
1991	991	1807	216	125	120	5	7	1102	3014	1359	1654
1992	1054	784	382	150	71	15	4	1182	2221	1421	799
1993	899	550	269	106	148	22	10	1356	1718	1641	77
1994	787	132	263	163	105	16	9	1482	1182	1774	-592
1995	732	384	268	193	40	29	12	1596	1385	1870	-486
1996	980	203	185	197	52	25	11	1481	1368	1765	-397
1997	794	63	115	183	59	18	10	1339	972	1609	-637
1998	774	637	309	177	114	23	12	1307	1721	1633	88
1999	751	306	128	167	52	19	7	1319	1185	1564	-379

Fuente: CEPEP (2000).

Cuadro E2
Cota del lago y volumen de extracción.

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Cota	94.48	94.08	93.4	92.96	92.82	92.17	91.5	91.5	91.9	94.13	95.11
(m³/seg.)	6.05	5.82	5.96	6.16	5.92	6.07	5.22	5.2	4.93	4.71	5.5

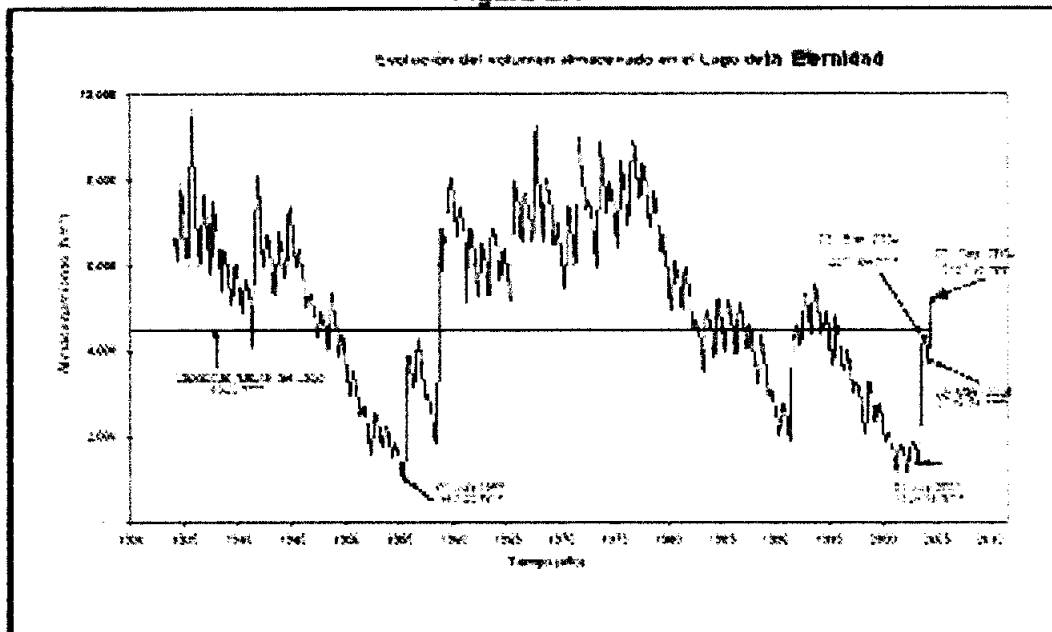
Fuente: Guzmán (2001).

Se muestra en la Figura E.1 que el comportamiento del volumen almacenado en el lago La Eternidad ha variado a través de los años, presentando un mayor nivel de almacenamiento hasta el año de 1950 y para el periodo de 1960 a 1995, así como un nivel menor para el periodo de 1950 a 1955 y de 1995 a 2005.

La precipitación en el lago La Eternidad presenta ciclos de 25 años (Guzmán, 2001). La anomalía de las distribuciones de frecuencia en los almacenamientos del lago implica que el sesgo es causado por factores antropogénicos, es decir, el manejo del lago y la cuenca para diferentes usos. La precipitación no tiene efecto directo sobre el lago sino tres o cuatro años después. Sin embargo, el balance hidrológico del lago se hace con la información del mismo año.

Otras razones de la variación de los niveles del lago La Eternidad es la desecación de la Ciénega de la Eternidad, ya que ésta funciona como un subsistema regulador del lago, reteniendo el agua en los años lluviosos y liberándola en los años secos. La hipótesis planteada por el autor es que las fluctuaciones del lago son un intento natural del mismo para formar una nueva ciénega que tenga la función de regular los niveles.

Figura E.1

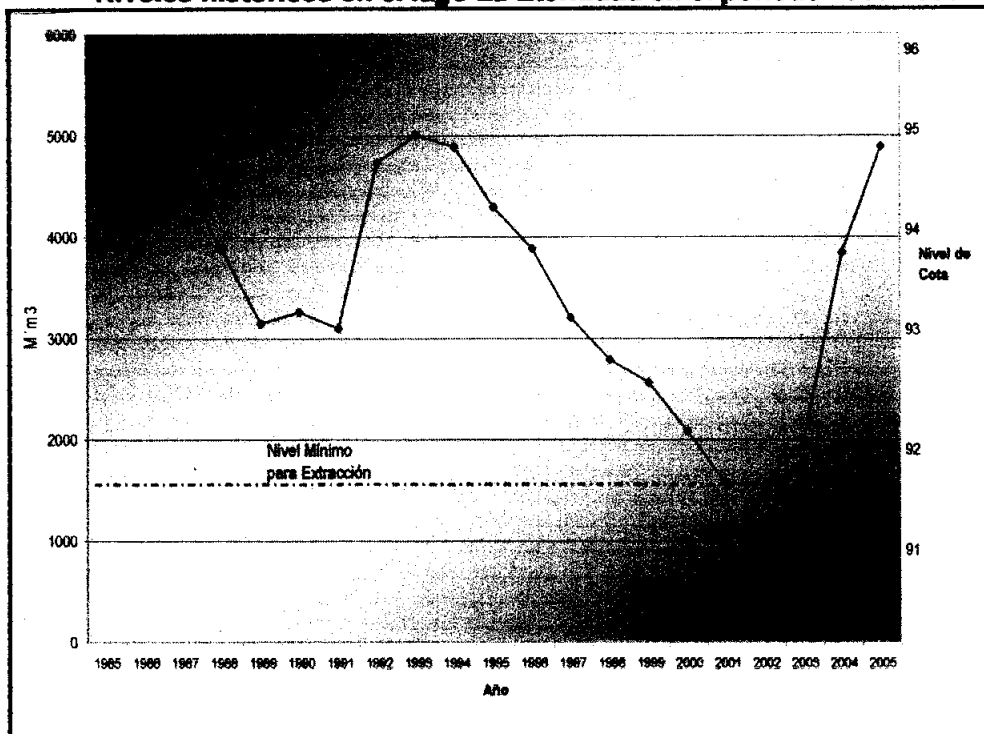


Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2000).

1.4 Los niveles de almacenamiento históricos y su relación con la extracción para la ZMZ

El sistema de bombeo que opera en los sistemas de conducción requiere que el nivel del lago de la Eternidad rebase la cota de 91.5 metros, esto se debe a condiciones técnicas y a que la calidad del agua por debajo de este nivel no es óptima para uso urbano. La variabilidad en los niveles de almacenamiento en el lago La Eternidad ha generado inquietud a las autoridades, ya que se puede dar un escenario donde el nivel baje más de la cota mínima necesaria y, por consiguiente, imposibilitaría el abasto adecuado de agua potable a la ZMZ.

Figura E.2
Niveles históricos en el lago La Eternidad en el periodo 1985-2005

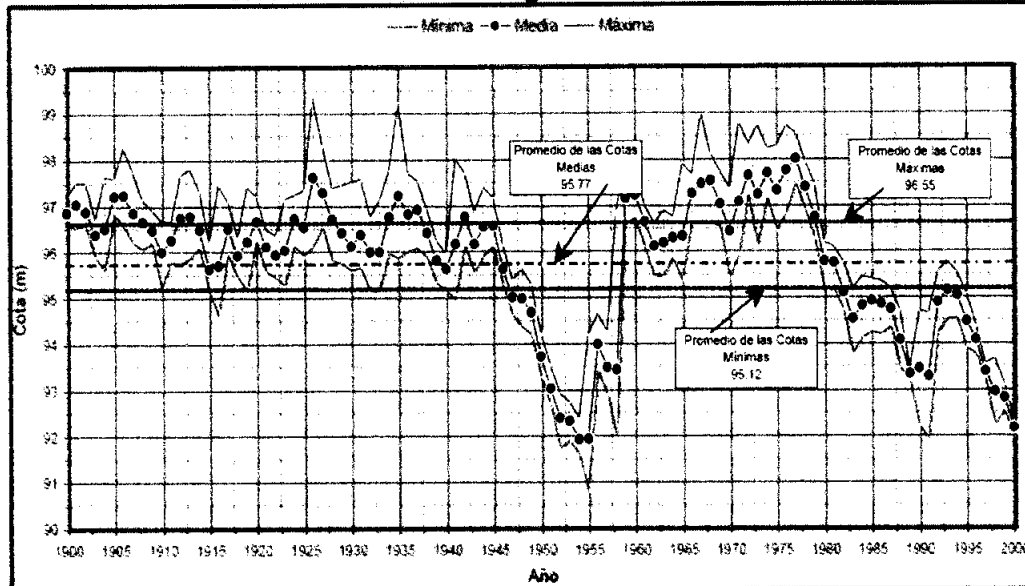


Fuente: Guzmán (2001).

Durante los años 2001 y 2002 el nivel de cota del lago llegó al nivel de cota de 91.5 metros. Esta situación fue tomada por las autoridades como una señal de alarma sobre la confiabilidad del lago como fuente de abastecimiento, ya que de haber continuado la tendencia a la baja en los niveles del lago no hubiera sido posible su uso como fuente de abastecimiento. Sin embargo, el lago presentó una recuperación importante para el periodo del 2003-2005. La única vez que la cota estuvo debajo de 91.5 metros en los últimos 100 años fue en el año de 1955; pero en el año 2000 y

2001 la cota registrada fue de 91.5 metros. La cota promedio para el periodo de 1900 al 2000 es de 95.77 metros y para el periodo de 1975 al 2005 es de 94.53 metros.

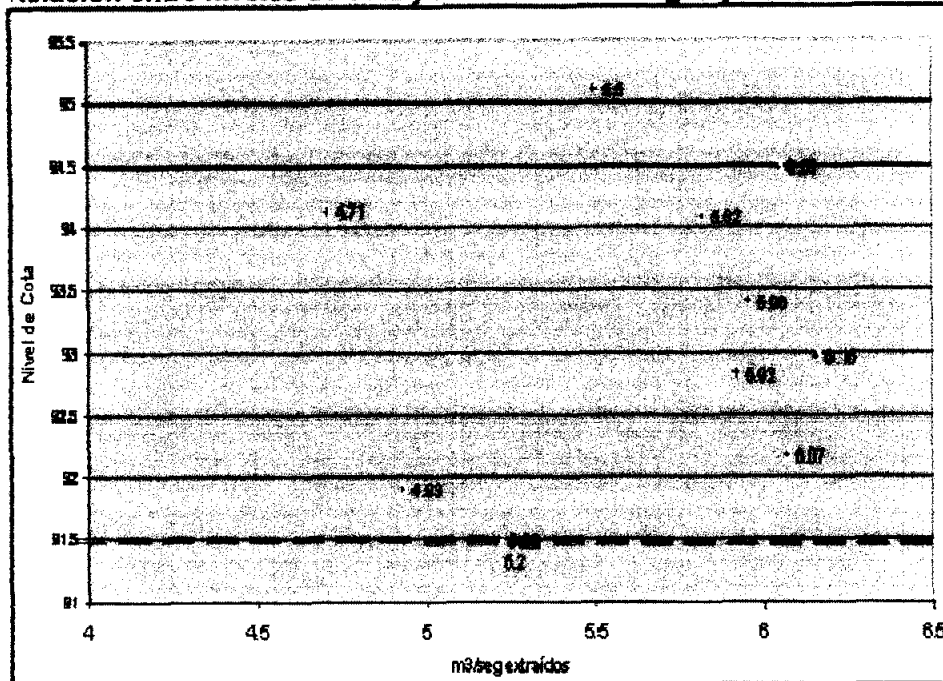
Figura E.3
Niveles históricos en el lago La Eternidad



Fuente: Guzmán (2001).

Si bien existe una relación entre la cota mínima y el buen funcionamiento de los equipos de bombeo, pero basándose en los datos históricos que datan del año de 1995 al 2005 se puede verificar que no existe limitante para que se extraigan distintos volúmenes, una vez que dicho nivel crítico se supera. En la Figura E.4 se muestra que a pesar de haberse presentado niveles de cota bajos, las extracciones han sido mayores a los $4.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y que la mayoría de las observaciones se encuentran por arriba de los $5.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$, siendo este último un promedio de los datos históricos.

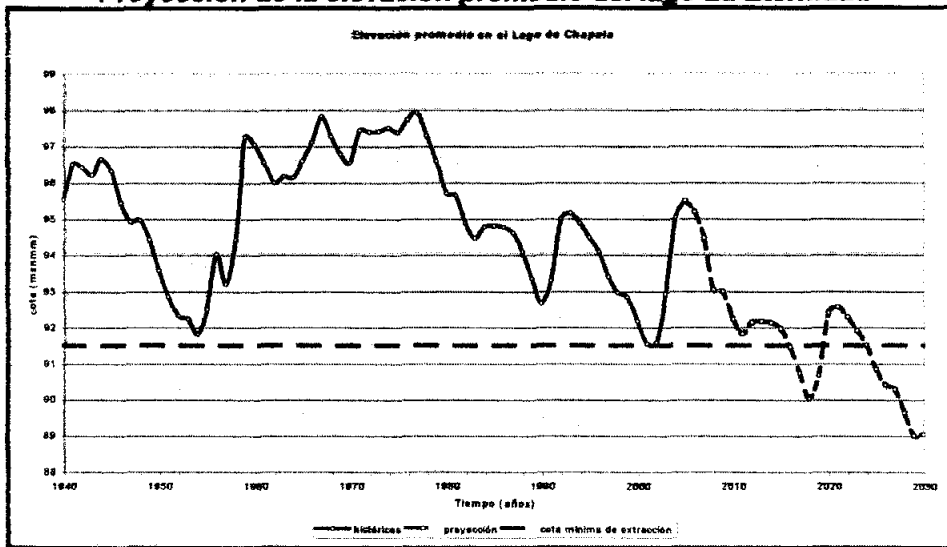
Figura E.4
Relación entre niveles de cota y la extracción de agua para la ZMZ.



Fuente: Guzmán (2001).

En la Figura E.5 se muestra la proyección de la elevación promedio del lago de la Eternidad para el periodo del 2006 al 2030, realizada por CONESAS. Sin embargo, no se tomó como referencia al no contarse con el modelo de simulación.

Figura E.5
Proyección de la elevación promedio del lago La Eternidad



Fuente: CONESAS (2005).

1.5 Los programas de modernización de los distritos de riego de la cuenca

Leiva- La Eternidad

Cómo estrategia implementada para lograr una mayor sustentabilidad del agua en los diversos distritos de riego se consideró la reestructuración de los planes de acción que se tenían elaborados para cada uno de los módulos en los 84 distritos de riego existentes en México. Los cuales funcionarán para rehabilitar y modernizar los distritos. Estos planes son los "Planes Directores para la Modernización Integral de los Distritos de Riego". El programa de modernización de los distritos de riego de la cuenca Leiva-La Eternidad dispondrá de 2,352 millones de pesos, estipulado en un plazo de cinco años. Los distritos de riego son: el 033, el 045, el 011, el 085, el riego 087, el 061, el 024 y el 013. Estos planes se realizarán en cada uno de los distritos de riego desglosando las inversiones y costos de las acciones estructurales y no estructurales, a nivel de cada módulo de riego y/o en su caso, a nivel de la sociedad de responsabilidad limitada, incluyéndose en los anexos de los planes directores.

Para la elaboración de los planes directores participaron, CONAGUAS, la entidad consultora, las organizaciones de usuarios de riego y SAGARPA. El plan director es un instrumento para guiar las acciones a partir del diagnóstico integral de cada distrito y para que se transmita la situación que prevalece en la actualidad en cada distrito de riego, que generalmente se caracteriza por cultivos con baja productividad, agua mal aprovechada, riego con eficiencias mínimas, infraestructura hidrológica deteriorada, así como el rezago en organización, administración y en la técnica de las asociaciones de usuarios. Por lo tanto, el plan director tiene como objetivo cambiar las insuficiencias y debilidades por fortalezas.

El objetivo de los programas de modernización de los distritos de riego es incrementar el uso del agua a través de la rehabilitación y modernización de la infraestructura e impulsar la medición en los puntos de control y parcelas. A su vez, pretende lograr la autosuficiencia financiera, la capacitación de directivos en los aspectos de administración y evaluar continuamente el desempeño de las asociaciones de usuarios y de los distritos de riego. Con la implementación de todas acciones planteadas anteriormente se pretende lograr un ahorro de agua de 11.34 m³/seg. (ver Cuadro E3).

Cuadro E3
Ahorro de agua por proyectos aprobados de los distritos de riego de la cuenca Leiva-La Eternidad (Cifras en m³/año)

Distrito de riego	Volumen total bruto sin medidas	Ahorro total	Volumen total bruto con medidas	Volumen concesionado	Diferencia volumen bruto vs concesionado
033					
045	171,842,000	67,370,000	104,472,000	239,212,000	134,740,000
011	697,960,000	200,310,000	497,650,000	898,270,000	400,620,000
085	100,462,000	7,553,000	92,909,000	108,015,000	15,106,000
087	313,397,000	44,349,000	269,048,000	357,746,000	88,698,000
061	192,981,000	24,949,000	168,032,000	217,930,000	49,898,000
024	109,791,000	13,089,000	96,702,000	122,880,000	26,178,000
013					
Totales	1,586,433,000	357,620,000	1,228,813,000	1,944,053,000	715,240,000
	50.30 m³/seg.	11.34 m³/seg.	38.96 m³/seg.	61.64 m³/seg.	22.68 m³/seg.

Fuente: Elaboración propia con datos de los programas directores de los distritos de riego.

En cada distrito de riego se formaron asociaciones civiles de usuarios para operar, administrar y conservar las obras de la red menor de canales e infraestructura, así como recibir el agua para riego en los puntos de control establecidos, distribuiría entre los usuarios con derecho de riego y verificar que estén al corriente con sus obligaciones. Esta asociación se constituye como concesionaria de los volúmenes de agua para riego y en algunos casos la asociación civil ha constituido una sociedad de responsabilidad limitada.

Lo anterior llevará a una mejor situación productiva, organización de los usuarios y sus asociaciones, así como la reconversión productiva para los diversos cultivos, la modernización de las asociaciones de usuarios e introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los sistemas de riego. Estos elementos deberán de redundar en beneficios para los usuarios como la conservación de la infraestructura de riego y del recurso primordial que es el agua.

1.6 El programa de modernización de los distritos de riego cercanos al lago La Eternidad

El lago La Eternidad históricamente ha sido una importante fuente de abastecimiento para el riego de las zonas agrícolas aledañas, mismas que se complementan con extracciones de los ríos Leiva y Duran y un sistema de pozos que extraen agua de los mantos freáticos.

En la ribera del lago existen 6 módulos de riego que tienen concesiones por parte de la CONAGUAS para extraer agua directamente: La Penca de la Ciénega, Leiva, Janoy, El Roble, Cuicuilco y Tula, los cuales dominan una superficie de 10,266.21 hectáreas y un volumen aplicado de 60,383.276 m³/seg. Los principales cultivos son: el maíz, el trigo, el cártamo, la avena, el pasto forrajero, la alfalfa, la caña de azúcar, el membrillo y las hortalizas. El módulo más grande (La Pasión de la Ciénega, perteneciente al distrito de riego 024) tiene una superficie de 3,800 ha., cuya superficie regada en el ciclo agrícola 2003-2004 fue de 2,713 ha. y un volumen de agua aplicado de 12,725 millones de m³ (0.4035 m³/seg.).⁵⁹ En algunos años, las lluvias han sido abundantes, lo que provocado que la Ciénega de la Eternidad se inunde y, este fenómeno ha hecho que se bombeé agua al lago de la Eternidad.

Se suman a estos módulos aquellos que no realizan extracciones directas del lago, pero la extraen de los ríos Leiva, Tula y San José, siendo en total 13,045.06 ha. y

⁵⁹ CNA (2005).

con un volumen aplicado de 109,622.546 m³/seg. Los módulos utilizan el canal Atemiza-La Peñas para los sistemas de riego. Sin embargo, el sistema de riego presenta ineficiencias en la conducción y en la distribución que van desde 49% (módulo de El Zapote) hasta un 62% (módulo San José y Rebajillos), lo anterior se debe a que la infraestructura de riego en su mayoría son canales de tierra a cielo abierto.⁶⁰

Con las obras proyectadas en los módulos de riego anteriormente señalados se pretende obtener un ahorro de agua 0.689 m³/seg. (ver Cuadro E.4). Dichas obras, generalmente comprende la rehabilitación y modernización del sistema de las plantas de bombeo, así como la medición parcelaria, la tecnificación de la conducción, la distribución, la implementación de sistemas de riego presurizados en alta y baja presión, la instalación de equipos para el control, la medición volumétrica, el desazolve, la nivelación de tierras, entre otras. La información desglosada se presenta en los siguientes cuadros (E4 y E5).

⁶⁰ *Idem.*

Cuadro E4
Ahorro de agua por módulos

Distrito de Riego	Módulo	Superficie regada ha	Volumen concesionado m³/año	Volumen aplicado m³/año	Volumen ahorrado millones m³/año
	Río Leiva	960	6090000	1,920,000	1.15
013	Tres Rebajillos	555	2,780,000	4,828,500	0.44
	Janoy	1,043.50	8,870,000	15,229,200	1.47
Unidad de Riego	El Roble	1,100	6,380,000	9,130,000	1.17
Tlacotalán	Cuicuilco	2,031	9,780,000	16,857,300	1.71
	Río Tula	481.04	1,560,000	4,521,776	0.27
	Río San José	3,763.45	8,860,000	35,000,085	1.38
	Río Aurora	500	9,170,000	6,900,000	1.6
	Río El Zapote	2,062.33	10,710,000	4,539,326	2.31
	Río Atemiza	4,867.43	23,960,000	52,904,290	4.74
	Las Pasión	744.85	1,990,000	10,278,930	0.34
D.R 024 Distrito de Riego La Ciénega de la Eternidad	La Pencas	2,713		27,952,000	5.153
TOTAL		20,622	90,150,000	190,061,407	21.733

Fuente: Elaboración propia con base a los programas directores de los distritos de riego 013 sur y 024 La Ciénega de La Eternidad.

Cuadro E.5
Desglose de la información de los módulos de riego La Ciénega-La Eternidad y Distrito de Riego 013 sur

Módulos de la Unidad de Riego Tlacotalán DR. 013	Fuente de abastecimiento	Infraestructura	Superficie de riego y volumen concesionado	Cultivos	Obra proyectada	Ahorro de agua Mm³
Río Leiva	Río Leiva y el lago La Eternidad, consta de varias Plantas de Bombeo.	La eficiencia global de operación es del 27%, la de conducción de la red mayor es de 78%, la de distribución en red menor de 70% y la de aplicación parcelaria del 50%. La red de canales está integrada por 23 canales principales que suman 24.67 km de longitud, todos alojados en tierra. 18.70 m de drenes y 51.80 km de caminos, de los cuales, 19.0 km son revestidos y 32.8 son terracerías.	La superficie regada es de 960 ha, volumen concesionado de 6.09 Mm ³ , volumen aplicado: 1,920 Mm ³ /año 0.068 m ³ /seg.	Maíz y sorgo en Primavera-Verano y Cártamo y Garbanzo Otoño-Invierno.	Rehabilitación electromecánica, sustitución de equipos de bombeo, medición general y parcelaria, tecnificación de la conducción y distribución del agua, implementación de sistemas de riego presurizados en alta y baja presión.	Incremento de la eficiencia de conducción y distribución de un 55% a un 84%, con una recuperación o rescate de agua del orden de los 1.15 Mm ³

Fuente: Elaboración propia con datos de los programas directores de los distritos de riego 013 sur y 024 La Ciénega de la Eternidad.

Módulos de la Unidad de Riego Tlacotalán DR. 013	Fuente de abastecimiento	Infraestructura	Superficie de riego, volumen concesionado y aplicado	Cultivos	Obra proyectada	Ahorro de agua Mm ³
Janoy	Río Leiva y ocasionalmente el lago La Eternidad cuando el nivel lo permite	Planta de bombeo con 3 equipos y otra planta de bombeo que la utilizan para evacuar el agua de los drenes que se concentra en la época de lluvias. La eficiencia global de operación es del 30%, la de conducción de la red mayor es de 81%, la de distribución en red menor de 74% y la de aplicación parcelaria del 51%. Red 1a, de 13.82 km de canales revestidos y 12.4 km en la 2a. 59.48 km de drenes inter-parcelarios	Superficie regada, 1,043.5 ha. Volumen concesionado de 8.87 Mm3. volumen aplicado: 15,229.2 Mm3/año 0.4829 m3/seg.	Trigo, Cártamo y Garbanzo en Otoño-Invierno y Maíz en Primavera-Verano.	Rehabilitación y/o modernización del sistema de bombeo, medición general y parcelaria, tecnificación de la conducción y distribución del agua, implementación de sistemas de riego presurizados en alta y baja presión, complementar la maquinaria con dragas y tractores.	Incremento de la eficiencia de conducción y distribución de 60% a un 87%, con una recuperación o rescate de agua del orden de los 1.47 Mm3

Módulos de la Unidad de Riego Tlacotalán DR. 013	Fuente de abastecimiento	Infraestructura	Superficie de riego, volumen concesionado y aplicado	Cultivos	Obra proyectada	Ahorro de agua Mm ³
FI Roble	Lago de la Eternidad	Red de canales de conducción y distribución de 28.48 km de los cuales el 70% se encuentra revestida, la red de canales a cielo abierto contribuyen en mantener una eficiencia global de operación del 28%, la de conducción de la red mayor es de 80%, la de distribución en red menor de 70% y la de aplicación parcelaria del 50%.	Superficie regada, 1,100 ha. Volumen concesionado de 6.38 Mm ³ . volumen aplicado: 9,130 Mm ³ /año 0.2895 m ³ /seg.	Otoño-Invierno: trigo Primavera-Verano: Maíz y Sorgo.	Modernizar el sistema de conducción y distribución del agua mediante el empleo de tuberías en ambas redes, instalación de equipo de bombeo en secciones y riego presurizado, instalación de equipos para el control y medición volumétrica, desazolve del dren.	Incremento de la eficiencia de conducción y distribución de 56% a un 85%, con una recuperación o rescate de agua del orden de los 1.17 Mm ³

Mediocre de la Unidad de riesgo Tlacotalán DR. 013	Fuente de abastecimiento	Infraestructura	Superficie de riego, volumen concesionado y aplicado	Cultivos	Obras proyectada	Ahorro de agua Mm ³
Cuicuilco	Lago de la Etieridad donde el SAAPO bombea con la Planta de Tlacotalán hacia el Río San José para conducir parte del volumen a la Ciudad de Zamorilla.	2 plantas de bombeo que dan 0.7 y 0.4 m ³ /s respectivamente. Red general de 23.4 km de canales. 600 m están entubados, y 16.8 km revestidos y 6.0 km se encuentran alojados en tierra, eficiencia global de operación es del 29%, la de conducción de la red mayor es de 80%, la de distribución en red menor de 72%	Superficie regada 2,031 ha, volumen concesionado 9,78 Mm ³ , volumen aplicado: 16,857.3 Mm ³ /año 0,53454 m ³ /seg.	Otoño-Invierno: trigo Primavera-Verano: Maíz y Sorgo.	Rehabilitación electromecánica, sustitución de equipos de bombeo, medición general y parcelaria, tecnificación de la conducción y distribución del agua, implementación de sistemas de riego presurizados en alta y baja presión.	Incremento de la eficiencia de conducción y distribución de 58% a un 85%, con una recuperación o rescate de agua del orden de los 1.71 Mm ³

Río Tula	Lago de la Eternidad en donde el SAAPO bombea con la planta de Tlacotán hacia los Ríos Tula y San José.	18 equipos de bombeo directos del Río Tula, Cuenta con 18 canales principales, uno por cada aprovechamiento, sumando una longitud de 14.2 km sin revestir. No dispone de canales laterales o red secundaria, eficiencia global de operación es del 30%, la de conducción de la red mayor es de 78%, la de distribución en red menor de 76% y la de aplicación parcelaria del 51%.	Superficie regada 481.04 ha, volumen concesionado 1.56 Mm3, volumen aplicado: 4,521.776 Mm3/año 0.14338 m3/seg.	Otoño–Invierno: trigo Primavera–Verano: Maíz y Sorgo.	Rehabilitación electromecánica, sustitución de equipos de bombeo, medición general y parcelaria, tecnificación de la conducción y distribución del agua, implementación de sistemas de riego presurizados en alta y baja presión.	Incremento de la eficiencia de conducción y distribución de 59% a un 87%, con una recuperación o rescate de agua del orden de los 0.27 Mm3

Río Aura	Río San José. La presa derivadora El Brinco	Red de 34 km de canales en tierra, correspondientes a 11.58 km de red principal y 22.42 km de red secundaria. Eficiencia global de operación del 29%, la de conducción de la red mayor es de 80%, la de distribución en red menor de 72%, y la de aplicación parcelaria del 50%.	Superficie regada 500 ha, volumen concesionado 9.17 Mm3, volumen aplicado: 6,900 Mm3/año 0.21879 m3/seg.	Caña de azúcar 44%, pastos, trigo, avena y alfalfa. Las hortalizas sufren ahora de serias restricciones en virtud de la mala calidad del agua.	Rehabilitación y/o modernización del sistema de bombeo, medición general y parcelaria, tecnificación de la conducción y distribución del agua, implementación de sistemas de riego presurizados en alta y baja presión, nivelación de tierras, tratamiento de aguas previa a su descarga al Río San José, capacitaron de personal, solicitud para	Incremento de la eficiencia de conducción y distribución de 58% a un 85%, con una recuperación o rescate de agua del orden de los 1.60 Mm3

					concesionar el agua de la presa El Hundido.	
--	--	--	--	--	---	--

Río El Zapote	Río San José con aguas provenientes del lago La Eternidad conducidas por un canal principal conectado a la margen derecha de la presa derivadora Victoria, con un gasto de proyecto de 1.2 m3/s.	Red de conducción del orden de los 26.50 km bajo un canal principal, de los cuales 26.00 km se localizan en tierra y 0.50 km se encuentran revestidos de mampostería. Los canales secundarios se desarrollan sobre una longitud de 8.50 km y en su totalidad se alojan en tierra, eficiencia global de operación del 24%, la de conducción en la red mayor es de 75%, la de distribución en red menor del 65%, y la de aplicación parcelaria del 50%.	Superficie regada 2,062.33 ha, volumen concesionado 10.71 Mm3, volumen aplicado: 4,539.326 Mm3/año 0.14394 m3/seg.	Trigo, avena, maíz y membrillo.	Modernizar el sistema de conducción y distribución del agua mediante el empleo de tuberías en ambas redes, instalación de equipo de bombeo en secciones y riego presurizado, instalación de equipos para el control y medición volumétrica, construir y equipar una planta o cárcamo de rebombear, adquisición de maquinaria; ya	Incremento de la eficiencia de conducción y distribución de 49% a un 81%, con una recuperación o rescate de agua del orden de los 2.31 Mm3

					cuenta con el proyecto ejecutivo para la modernización del sistema de Riego. A partir del 2005 se incorporará al programa especial de la Cuenca Leiva-La Eternidad de CONAGUAS.	
--	--	--	--	--	---	--

Río Atemiza	Presa derivadora "Victoria"	Red mayor de 25.60 km y red menor con canales laterales que suman 88.4 km. La zona de bombeo se realiza a través de los canales de cada una de las plantas que suman 19.5 km que se abastecen del canal principal. Toda la red de conducción y distribución está alojada en tierra. 3 plantas de bombeo capacidad de 1.2, 0.8 y 0.6 m ³ /s. La eficiencia global de operación es del 26%, la de conducción en la red mayor es de 75%, la de distribución en red menor del 70%, y la de aplicación parcelaria del 50%.	Superficie regada 4,867.43 ha, volumen concesionado 23.96 Mm ³ , volumen aplicado: 52,904.29 Mm ³ /año 1.677 m ³ /seg.	Trigo, avena, maíz y membrillo.	Implementación de prácticas de riego mediante sistemas presurizados, entubamiento de la red secundaria, colocación de hidrantes a nivel parcelario, instalación de equipos de bombeo por secciones de riego.	Incremento de la eficiencia de conducción y distribución de 53% a un 83%, con una recuperación o rescate de agua del orden de los 4.74 Mm ³

Cuerpo de Agua	Descripción	Características	Superficie regada ha, volumen concesionado Mm3, volumen aplicado: Mm3/año m3/seg.	Cultivos	Medidas	Beneficios
Río La Peñas	Lago de la Eternidad, en donde el SAAPO bombea con la planta de Tlacotlán hacia el Río San José, y posteriormente se rebombeea hacia el Canal La Peñas de la planta de bombeo No 1.	Red constituida por un solo canal principal con una longitud de 24.9 km, y red general de drenaje de 16.40 km eficiencia global de operación del 29%, la de conducción de la red mayor es de 78%, la de distribución en red menor de 75%, y la de aplicación parcelaria del 50%.	Superficie regada 744.85 ha, volumen concesionado 1.99 Mm3, volumen aplicado: 10,278.93 Mm3/año 0.3259 m3/seg.	Primavera– Verano: trigo, Maíz y avena.	Modernización del sistema de riego, mediante la sustitución de los canales existentes por sistemas de tuberías e hidrantes parcelarios. Instalar equipos de control y medición volumétrica, elaboración del Reglamento Interno. Nivelación de tierras. Capacitación del personal. Cursos de inducción para el pago de cuotas por volumen, Establecer	Incremento de la eficiencia de conducción y distribución de 59% a un 86%, con una recuperación o rescate de agua del orden de los 0.34 Mm3

Módulos del DR. 024 "Ciénega de La Eternidad" La Penca de la Ciénega,	Lago Eternidad La	7 equipos, 3 de riego y drenaje, 2 riego y 2 drenaje, la totalidad de los canales son de tierra, 86 Km, se requiere.	Superficie regada 2,713 ha, volumen aplicado: 12,725 Mm3/año 0.4035 m3/seg.	Maíz, sorgo, cártamo y trigo.	Mejoramiento de conducción en canales 57.420 km, mejoramiento de estructuras de control 2.5, rehabilitación de equipos 7 de bombeo, tecnificación de sistemas de riego parcelario (4,029.2ha), nivelación de terrenos (6,584.8 ha) reposición de maquinaria para conservación 2	Incremento de la eficiencia de conducción y distribución de 61.6% a un 80%, con una recuperación o rescate de agua del orden de los 5 Mm3

Fuente: Elaboración propia con datos de los programas directores de los distritos de riego 013 sur y 024 La Ciénega de la Eternidad.

ANEXO F

Los costos de las fuentes actuales

Concepto	Unidades
Costos de conducción y extracción	\$26.25
Costos de potabilización	\$15.95
Costos de distribución, facturación y cobranza	\$40.15
Total (millones de pesos)	\$82.35
Total entregado (m3/segundo)	0.68
Total entregado (millones de m3/año)	21.44
Costos variables (\$/m3)	3.84
Costo marginal (\$/m3)	3.84

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CONESAS para el año 2005.

Concepto	Unidades
Costos de conducción y extracción	\$242.39
Costos de potabilización	\$154.27
Costos de distribución, facturación y cobranza	\$54.62
Total (millones de pesos)	\$451.28
Total entregado (m3/segundo)	3.74
Total entregado (millones de m3/año)	118
Costos variables (\$/m3)	3.83
Costo Marginal (\$/m3)	3.83

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CONESAS para el año 2005.

Concepto	Unidades
Costos de conducción y extracción	\$114.07
Costos de potabilización	\$51.28
Costos de distribución, facturación y cobranza	\$36.58
Total (Millones de pesos)	\$201.93
Total entregado (m3/segundo)	2.04
Total entregado (millones de m3/año.)	64
Costos variables (\$/m3)	3.14
Costo Marginal (\$/m3)	3.14

Fuente: Elaboración propia con base a datos de CONESAS para el año 2005.

ANEXO G

Las tarifas de la ZMZ

Uso Doméstico

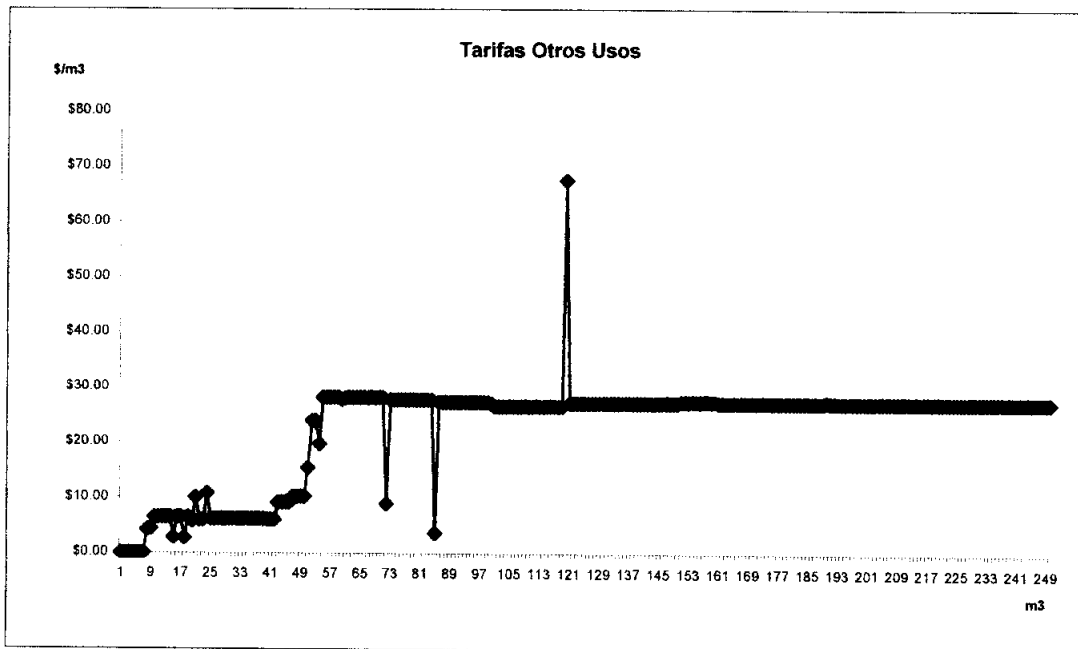
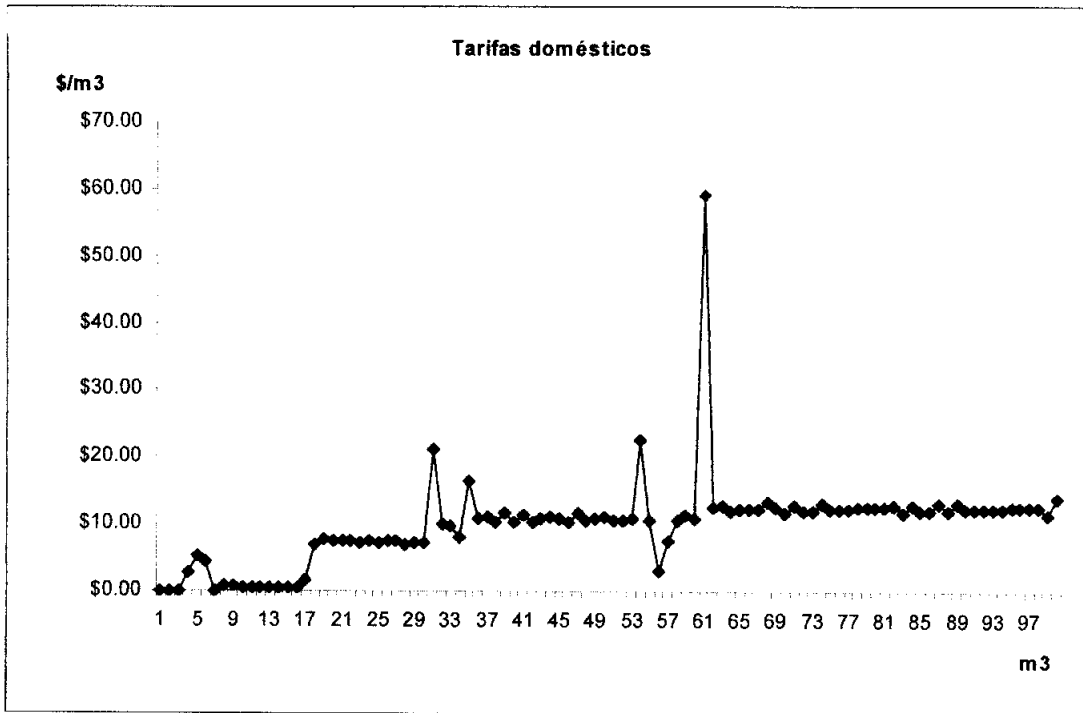
m ³	Pago mensual	m ³	Pago mensual	m ³	Pago mensual	m ³	Pago mensual	m ³	Pago mensual
Hasta 1	\$26.31	2	\$26.31	3	\$26.31	4	\$29.06	5	\$34.37
6	\$36.84	7	\$36.84	8	\$39.74	9	\$40.47	10	\$41.14
11	\$41.77	12	\$42.35	13	\$42.90	14	\$43.42	15	\$43.91
16	\$44.38	17	\$46.05	18	\$52.93	19	\$60.61	20	\$68.02
21	\$75.57	22	\$82.97	23	\$90.20	24	\$97.68	25	\$104.91
26	\$112.35	27	\$119.75	28	\$126.78	29	\$133.98	30	\$141.36
31	\$162.48	32	\$172.49	33	\$182.13	34	\$190.08	35	\$206.63
36	\$217.41	37	\$228.47	38	\$238.86	39	\$250.44	40	\$260.80
41	\$272.37	42	\$282.64	43	\$293.61	44	\$304.77	45	\$315.59
46	\$326.00	47	\$337.72	48	\$348.45	49	\$359.34	50	\$370.37
51	\$380.92	52	\$391.60	53	\$402.39	54	\$425.03	55	\$435.52
56	\$438.63	57	\$448.11	58	\$456.79	59	\$468.31	60	\$479.20
61	\$538.31	62	\$550.96	63	\$563.72	64	\$575.83	65	\$588.03
66	\$600.34	67	\$612.74	68	\$626.07	69	\$638.67	70	\$650.52
71	\$663.32	72	\$675.32	73	\$687.40	74	\$700.47	75	\$712.70
76	\$725.01	77	\$737.40	78	\$749.87	79	\$762.36	80	\$775.01
81	\$787.69	82	\$800.45	83	\$812.25	84	\$825.14	85	\$837.06
86	\$846.03	87	\$862.12	88	\$874.20	89	\$887.43	90	\$899.61
91	\$911.85	92	\$924.14	93	\$936.47	94	\$948.86	95	\$961.30
96	\$973.79	97	\$986.32	98	\$998.91	99	\$1,010.32	100	\$1,024.22
101	\$1,041.94	102	\$1,061.05	103	\$1,080.33	104	\$1,099.80	105	\$1,118.13
106	\$1,136.63	107	\$1,156.59	108	\$1,175.38	109	\$1,192.98	110	\$1,213.41
111	\$1,231.26	112	\$1,250.66	113	\$1,268.79	114	\$1,288.44	115	\$1,306.84
116	\$1,326.78	117	\$1,343.99	118	\$1,364.20	119	\$1,383.09	120	\$1,402.11
m ³	Pago mensual	m ³	Pago mensual	m ³	Pago mensual	m ³	Pago mensual	m ³	Pago mensual
121	\$1,419.76	122	\$1,440.52	123	\$1,459.90	124	\$1,477.89	125	\$1,495.97
126	\$1,517.25	127	\$1,535.55	128	\$1,553.96	129	\$1,572.46	130	\$1,591.05
131	\$1,611.37	132	\$1,630.18	133	\$1,648.08	134	\$1,666.43	135	\$1,685.52
136	\$1,704.72	137	\$1,724.01	138	\$1,743.40	139	\$1,762.88	140	\$1,780.74
141	\$1,798.67	142	\$1,820.18	143	\$1,838.29	144	\$1,856.46	145	\$1,876.51
146	\$1,894.85	147	\$1,913.26	148	\$1,931.75	149	\$1,952.15	150	\$1,970.80
151	\$1,989.52	152	\$2,008.31	153	\$2,027.18	154	\$2,046.12	155	\$2,065.23
156	\$2,084.24	157	\$2,103.40	158	\$2,122.64	159	\$2,139.99	160	\$2,159.37
161	\$2,178.81	162	\$2,196.35	163	\$2,217.94	164	\$2,235.59	165	\$2,255.32
166	\$2,273.08	167	\$2,292.95	168	\$2,310.82	169	\$2,328.74	170	\$2,348.81
171	\$2,368.95	172	\$2,387.04	173	\$2,407.31	174	\$2,425.52	175	\$2,443.77
176	\$2,462.07	177	\$2,480.43	178	\$2,501.03	179	\$2,519.49	180	\$2,540.21
181	\$2,558.91	182	\$2,577.41	183	\$2,596.08	184	\$2,614.80	185	\$2,633.58
186	\$2,652.39	187	\$2,671.27	188	\$2,690.18	189	\$2,709.16	190	\$2,725.83
191	\$2,747.24	192	\$2,482.86	193	\$2,785.52	194	\$2,804.74	195	\$2,824.01
196	\$2,840.90	197	\$2,860.25	198	\$2,879.65	199	\$2,896.85	200	\$2,916.13
201	\$2,935.67	202	\$2,946.71	203	\$2,957.75	204	\$2,974.89	205	\$2,994.57
206	\$3,011.76	207	\$3,031.55	208	\$3,051.38	209	\$3,068.67	210	\$3,088.58
211	\$3,105.94	212	\$3,125.93	213	\$3,143.36	214	\$3,163.44	215	\$3,180.92
216	\$3,203.74	217	\$3,221.31	218	\$3,241.57	219	\$3,259.19	220	\$3,276.84
221	\$3,297.23	222	\$3,314.93	223	\$3,335.41	224	\$3,353.19	225	\$3,370.98
226	\$3,391.57	227	\$3,409.43	228	\$3,427.32	229	\$3,448.04	230	\$3,468.80
231	\$3,486.79	232	\$3,504.80	233	\$3,525.69	234	\$3,543.78	235	\$3,561.85
236	\$3,579.96	237	\$3,601.02	238	\$3,619.19	239	\$3,637.40	240	\$3,655.63
241	\$3,673.89	242	\$3,692.17	243	\$3,713.45	244	\$3,731.78	245	\$3,750.15
246	\$3,768.54	247	\$3,789.99	248	\$3,808.43	249	\$3,826.91	250	\$3,845.42

Fuente: Ley de Ingresos, para el ejercicio fiscal, 2006.

Otros Usos

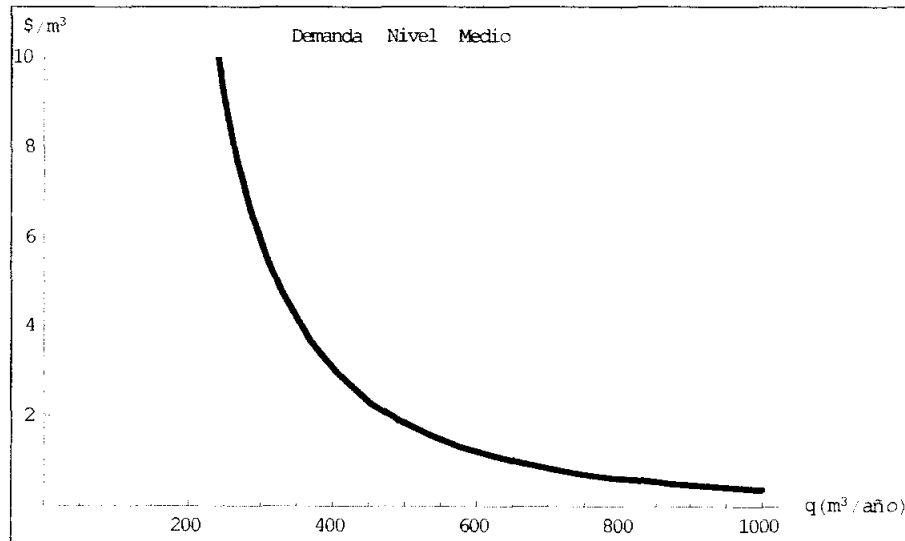
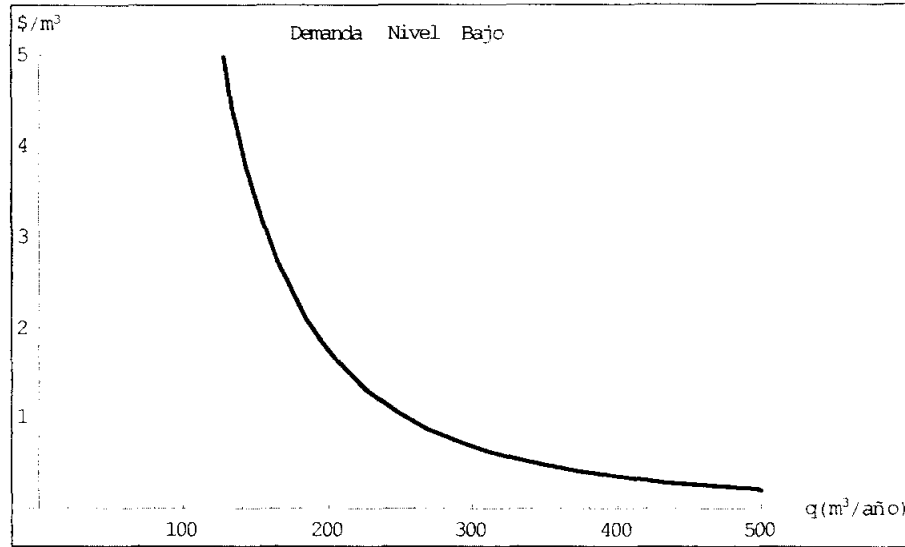
m3	Pago mensua	m3	Pago mensua	m3	Pago mensua	m3	Pago mensua	m3	Pago mensua
Hasta 1	\$154.99	2	\$154.99	3	\$154.99	4	\$154.99	5	\$154.99
6	\$154.99	7	\$154.99	8	\$159.21	9	\$163.58	10	\$170.07
11	\$176.55	12	\$183.05	13	\$189.55	14	\$196.05	15	\$198.83
16	\$205.31	17	\$211.79	18	\$214.47	19	\$220.93	20	\$228.70
21	\$236.71	22	\$242.69	23	\$248.88	24	\$259.46	25	\$265.64
26	\$271.82	27	\$277.99	28	\$284.18	29	\$290.34	30	\$296.51
31	\$302.69	32	\$308.87	33	\$315.04	34	\$321.22	35	\$327.40
36	\$333.58	37	\$339.75	38	\$345.93	39	\$352.11	40	\$358.14
41	\$364.09	42	\$370.04	43	\$379.16	44	\$388.30	45	\$397.43
46	\$406.55	47	\$416.75	48	\$426.94	49	\$437.13	50	\$447.33
51	\$462.74	52	\$486.70	53	\$510.64	54	\$530.36	55	\$558.55
56	\$586.74	57	\$614.94	58	\$643.12	59	\$671.32	60	\$699.10
61	\$727.20	62	\$755.31	63	\$783.42	64	\$811.53	65	\$839.64
66	\$867.75	67	\$895.85	68	\$923.96	69	\$952.06	70	\$980.17
71	\$1,008.28	72	\$1,017.20	73	\$1,044.93	74	\$1,072.66	75	\$1,100.39
76	\$1,128.12	77	\$1,155.86	78	\$1,183.59	79	\$1,211.32	80	\$1,239.04
81	\$1,268.77	82	\$1,294.50	83	\$1,322.23	84	\$1,349.96	85	\$1,353.60
86	\$1,380.96	87	\$1,408.31	88	\$1,435.66	89	\$1,463.01	90	\$1,490.37
91	\$1,517.73	92	\$1,545.08	93	\$1,572.44	94	\$1,599.78	95	\$1,627.14
96	\$1,654.49	97	\$1,681.85	98	\$1,709.20	99	\$1,736.56	100	\$1,763.62
101	\$1,790.23	102	\$1,818.85	103	\$1,843.47	104	\$1,870.08	105	\$1,896.71
106	\$1,923.33	107	\$1,949.95	108	\$1,976.57	109	\$2,003.20	110	\$2,029.82
111	\$2,056.44	112	\$2,083.07	113	\$2,109.70	114	\$2,136.32	115	\$2,162.95
116	\$2,189.58	117	\$2,216.21	118	\$2,242.83	119	\$2,269.47	120	\$2,337.10
121	\$2,364.29	122	\$2,391.48	123	\$2,418.67	124	\$2,445.85	125	\$2,473.05
126	\$2,500.24	127	\$2,527.43	128	\$2,554.62	129	\$2,581.81	130	\$2,609.00
131	\$2,636.20	132	\$2,663.39	133	\$2,690.58	134	\$2,717.78	135	\$1,884.97
136	\$2,772.15	137	\$2,799.35	138	\$2,826.54	139	\$2,853.74	140	\$2,880.93
141	\$2,908.13	142	\$2,935.32	143	\$2,962.52	144	\$2,989.71	145	\$3,016.91
146	\$3,044.10	147	\$3,071.30	148	\$3,098.50	149	\$3,125.69	150	\$3,152.89
151	\$3,180.38	152	\$3,207.88	153	\$3,235.37	154	\$3,262.87	155	\$3,290.37
156	\$3,317.86	157	\$3,345.36	158	\$3,372.87	159	\$3,400.36	160	\$3,427.86
161	\$3,455.12	162	\$3,482.40	163	\$3,509.67	164	\$3,536.93	165	\$3,564.21
166	\$3,591.48	167	\$3,618.74	168	\$3,646.02	169	\$3,673.29	170	\$3,700.57
171	\$3,727.83	172	\$3,755.10	173	\$3,782.38	174	\$3,809.64	175	\$3,836.91
m3	Pago mensua	m3	Pago mensua	m3	Pago mensua	m3	Pago mensua	m3	Pago mensua
176	\$3,864.19	177	\$3,891.45	178	\$3,918.72	179	\$3,946.00	180	\$3,973.26
181	\$4,000.54	182	\$4,027.81	183	\$4,055.07	184	\$4,082.35	185	\$4,109.62
186	\$4,136.88	187	\$4,164.16	188	\$4,191.43	189	\$4,218.69	190	\$4,246.16
191	\$4,273.48	192	\$4,300.74	193	\$4,328.01	194	\$4,355.28	195	\$4,382.55
196	\$4,409.82	197	\$4,437.09	198	\$4,464.36	199	\$4,491.63	200	\$4,518.90
201	\$4,546.17	202	\$4,573.44	203	\$4,600.71	204	\$4,627.98	205	\$4,655.26
206	\$4,682.52	207	\$4,709.79	208	\$4,737.07	209	\$4,764.33	210	\$4,791.60
211	\$4,818.88	212	\$4,846.15	213	\$4,873.41	214	\$4,900.69	215	\$4,927.96
216	\$4,955.22	217	\$4,982.50	218	\$5,009.77	219	\$5,037.04	220	\$5,064.31
221	\$5,091.58	222	\$5,118.85	223	\$5,146.12	224	\$5,173.39	225	\$5,200.66
226	\$5,227.93	227	\$5,255.20	228	\$5,282.47	229	\$5,309.74	230	\$5,337.02
231	\$5,364.28	232	\$5,391.55	233	\$5,418.83	234	\$5,446.09	235	\$5,473.36
236	\$5,500.65	237	\$5,527.90	238	\$5,555.17	239	\$5,582.45	240	\$5,609.71
241	\$5,636.98	242	\$5,664.26	243	\$5,691.52	244	\$5,718.80	245	\$5,746.07
246	\$5,773.33	247	\$5,800.61	248	\$5,827.88	249	\$5,855.14	250	\$5,882.42

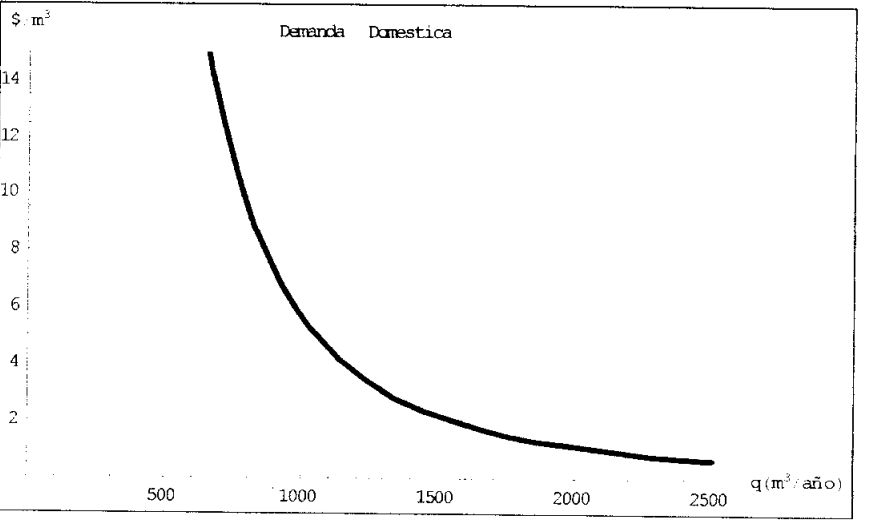
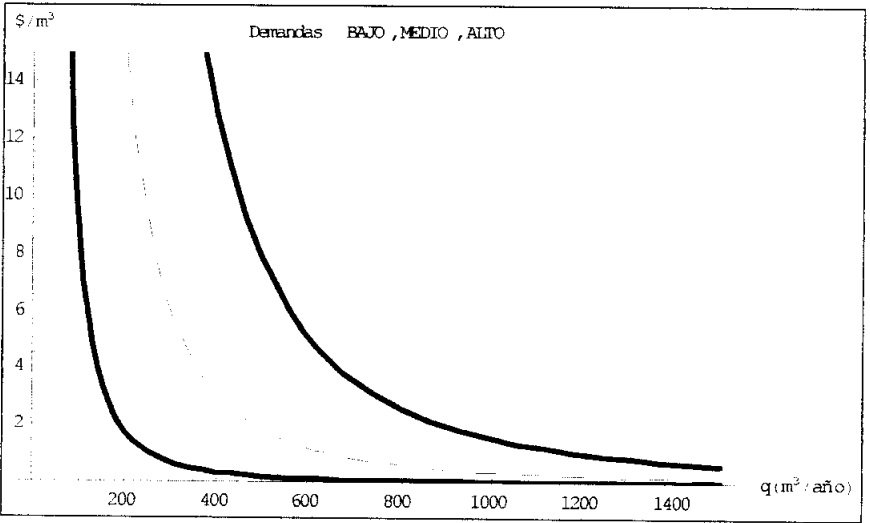
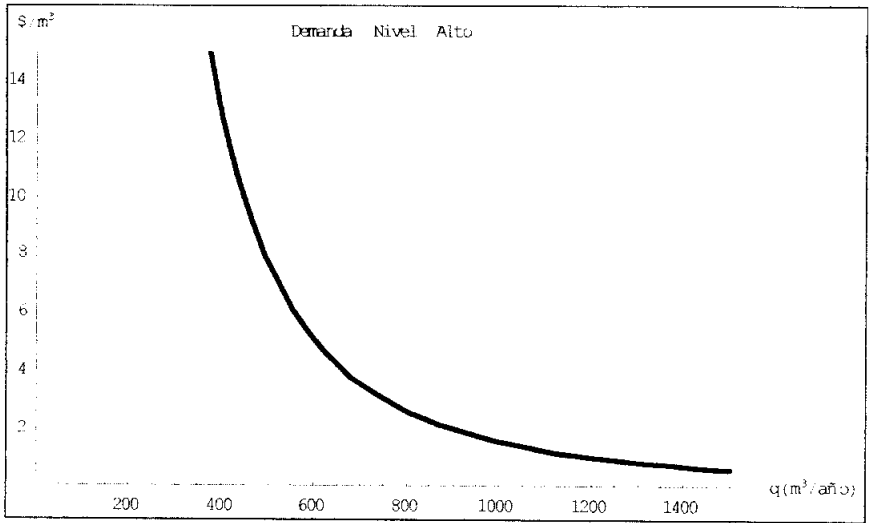
Fuente: Ley de Ingreso, para al ejercicio fiscal, 2006.

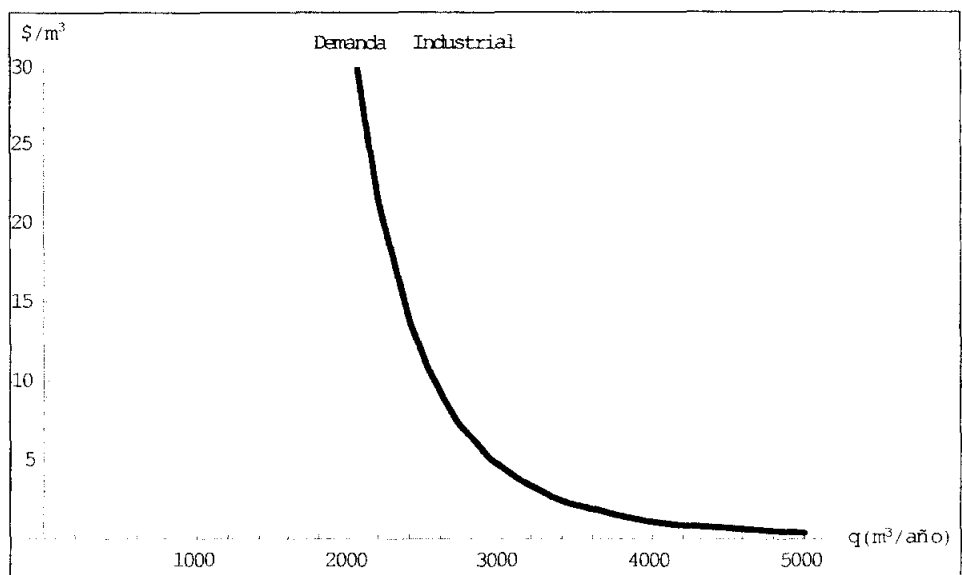
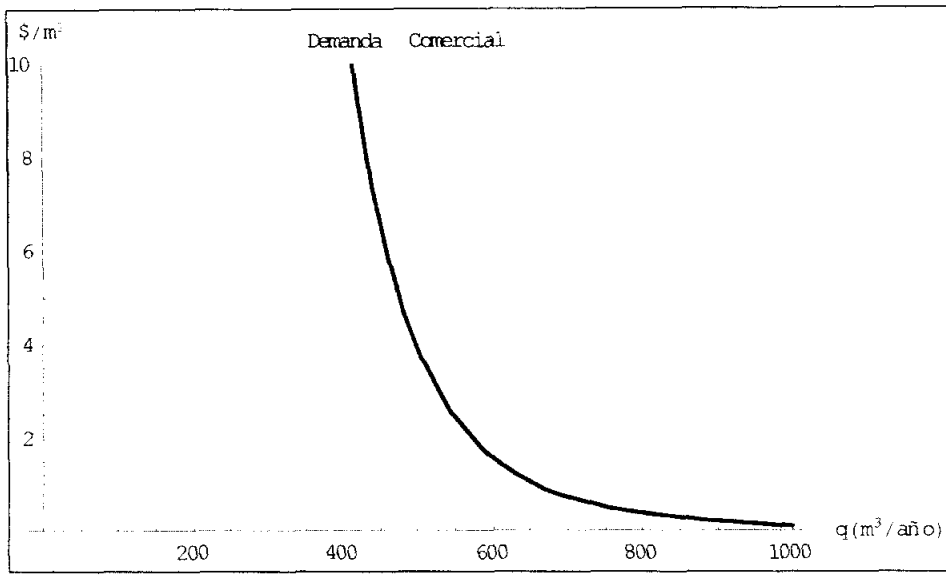


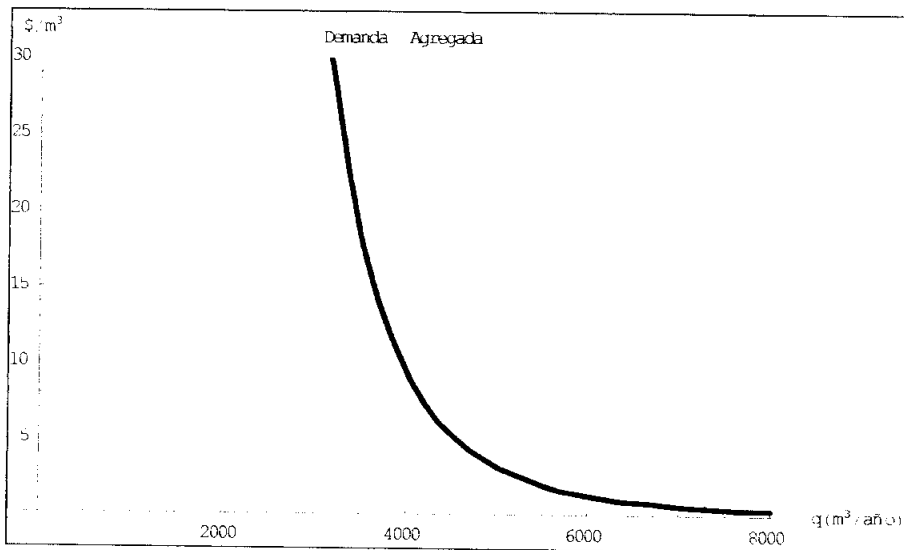
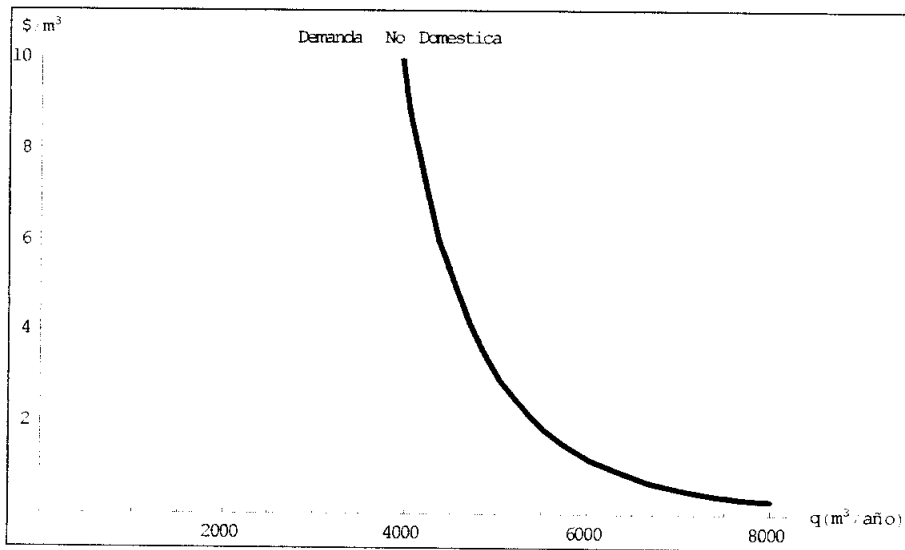
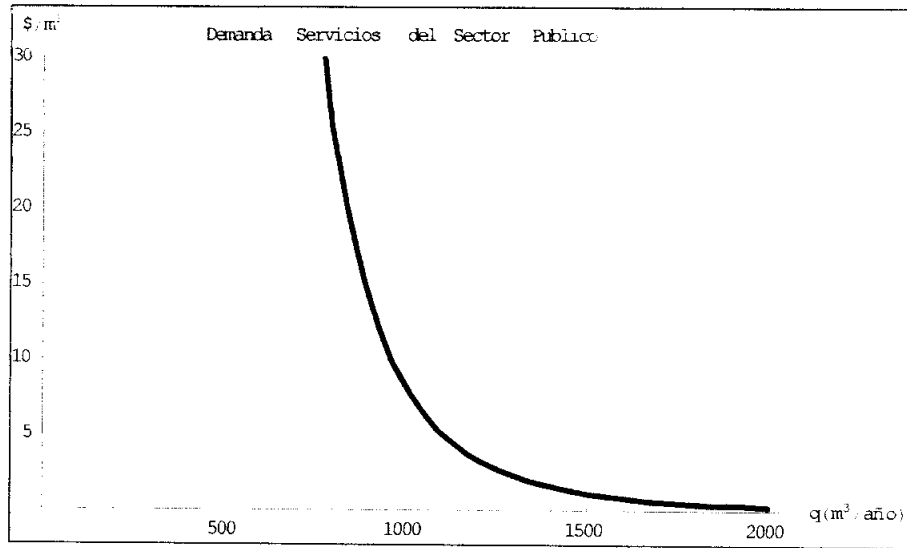
ANEXO H

Las curvas de demanda para los diferentes niveles socioeconómicos para el año 2005









ANEXO I

La evaluación social

Evaluación Social sin compra de derechos

Año	Valor	Factor	Factor	Valor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
2006	242,601,308	7.89	4.83									
2007	251,400,819	7.97	4.83	206,063,397	6.53		7.74	2.51		42,061,600	218,628,032	12%
2008	258,283,792	8.19	4.83	207,781,843	6.59		7.98	2.89		60,474,200	218,628,032	12%
2009	283,140,063	8.34	4.83	210,083,868	6.66		8.33	2.81		73,198,400	218,628,032	12%
2010	288,031,558	8.50	4.83	212,271,242	6.73		8.51	2.87		80,894,600	218,628,032	12%
2011	272,958,035	8.66	4.83	214,161,745	6.79		8.72	2.94		90,137,800	218,628,032	12%
2012	277,926,206	8.81	4.83	217,031,853	6.86		8.91	3.00		95,944,200	218,628,032	12%
2013	282,934,434	8.97	4.83	218,541,682	6.93		9.10	3.07		107,775,000	218,628,032	12%
2014	287,981,474	9.13	4.83	220,571,699	6.99		9.32	3.13		118,019,000	218,628,032	12%
2015	293,085,857	9.29	4.83	222,701,286	7.06		9.51	3.20		128,361,000	218,628,032	12%
2016	298,185,893	9.46	4.83	224,785,827	7.13		9.71	3.27		139,507,000	218,628,032	12%
2017	303,335,965	9.62	4.83	226,847,648	7.19		9.94	3.34		151,112,000	218,628,032	12%
2018	308,522,607	9.78	4.83	228,910,241	7.26		10.14	3.41		163,338,000	218,628,032	12%
2019	313,732,208	9.95	4.83	230,936,207	7.32		10.37	3.49		176,326,000	218,628,032	12%
2020	319,000,000	10.11	4.83	230,936,207	7.32		10.85	3.64		201,710,000	218,628,032	12%
2021	324,216,478	10.28	4.83	230,936,207	7.32		11.84	3.97		258,360,000	218,628,032	12%
2022	329,479,719	10.45	4.83	230,936,207	7.32		12.36	4.14		289,844,000	218,628,032	12%
2023	334,743,306	10.61	4.83	230,936,207	7.32		12.89	4.31		322,858,000	218,628,032	12%
2024	340,010,111	10.78	4.83	230,936,207	7.32		13.44	4.48		358,048,000	218,628,032	12%
2025	345,270,429	10.95	4.83	230,936,207	7.32		14.00	4.67		385,169,000	218,628,032	12%
2026	350,510,430	11.11	4.83	230,936,207	7.32		14.57	4.86		434,112,672	218,628,032	12%
2027	355,737,220	11.28	4.83	230,936,207	7.32		15.16	5.05		474,311,741	218,628,032	12%
2028	360,935,954	11.45	4.83	230,936,207	7.32		15.78	5.24		515,305,640	218,628,032	12%
2029	366,099,226	11.61	4.83	230,936,207	7.32		16.38	5.44		557,020,050	218,628,032	12%
2030	371,230,850	11.77	4.83	230,936,207	7.32		17.00	5.64		599,495,390	218,628,032	12%
2031	376,387,897	11.94	4.83	230,936,207	7.32		17.64	5.85		643,196,600	218,628,032	12%
2032	381,517,130	12.10	4.83	230,936,207	7.32		18.31	6.07		688,573,000	218,628,032	12%
2033	386,919,590	12.27	4.83	230,936,207	7.32		18.94	6.29		735,862,900	218,628,032	12%
2034	392,286,214	12.44	4.83	230,936,207	7.32		19.66	6.52		784,612,000	218,628,032	12%
2035	397,748,134	12.61	4.83	230,936,207	7.32		20.47	6.77		835,401,700	218,628,032	12%
2036	403,276,375	12.79	4.83	230,936,207	7.32		22.05	7.01		888,150,900	218,628,032	12%
2037	408,882,008	12.97	4.83	230,936,207	7.32		22.89	7.26		942,923,800	218,628,032	12%
2038	414,566,118	13.15	4.83	230,936,207	7.32		23.78	7.53		999,816,400	218,628,032	12%
2039	420,329,807	13.33	4.83	230,936,207	7.32		24.68	7.81		1,058,891,300	218,628,032	12%
2040	426,174,101	13.51	4.83	230,936,207	7.32		24.68	8.10		1,120,247,000	218,628,032	12%

Fuente: Elaboración propia con cálculos obtenidos.

ANEXO J

El mercado de derechos de agua en México

El agua en México se debe considerar como un bien del dominio público, vital, vulnerable y finito. El agua tiene un valor social, económico y ambiental, cuya preservación en cantidad y calidad, así como su sustentabilidad es tarea fundamental del Estado y la sociedad.⁶¹ Por consiguiente, el agua se considera prioritaria, asunto de seguridad nacional y de utilidad pública.⁶²

El agua por ser un recurso de carácter público, su explotación, uso y aprovechamiento se realiza mediante la concesión o asignación otorgada por el ejecutivo federal a través de la Comisión Nacional del Agua y por los organismos de cuenca. Directamente se aprovecha siempre y cuando se cumpla con las reglas y las condiciones que disponen la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su reglamento.⁶³

El otorgamiento de una concesión o asignación se realiza tomando en cuenta la disponibilidad media anual del agua. Dichas concesiones, señalan expresamente las condiciones de variabilidad de la fuente de agua, de la cual, se realiza la extracción respectiva y la condiciones a las cuales estará sujeta la extracción de volúmenes ante sequías y otros fenómenos. Los títulos de concesión o asignación no garantizan la existencia o la invariabilidad de los volúmenes que amparan.⁶⁴ Lo anterior asume que el agua es un recurso escaso y, por lo tanto, se busca la asignación y uso eficiente.

Las concesiones son legalmente reconocidas a través del otorgamiento del título de concesión y están asentados en el Registro Público de Derechos de Agua (RPDA).⁶⁵ Por lo cual, el concesionario tendrá seguridad jurídica en la definición y tenencia de los derechos de aprovechamiento, así como también, adquirirá derechos y obligaciones.⁶⁶

⁶¹ Párrafo I, Art.14 Bis 5. Sección primera. Cap. Unico Título tercero. LAN. Diario Oficial de la Federación, 29/04/2004

⁶² Párrafo I, Art. 7, Cap. II, Título primero, LAN.

⁶³ Art. 20, Cap. II, Título cuarto, LAN.

⁶⁴ Art. 22, Cap. II, Título cuarto, LAN.

⁶⁵ Párrafo I, Art. 30, Cap. IV, Título cuarto, LAN.

⁶⁶ Art. 28 y 29, Cap. III, Título cuarto, LAN.

El buen funcionamiento de un mercado de derechos de agua va a depender de la correcta definición y reconocimiento legal de los derechos sobre el agua. Cuanto más perfecta sea la definición de los derechos, menores serán los costos de transacción de los intercambios a través del mercado. En la búsqueda de lograr una asignación eficiente del agua mediante el mercado, la definición de los derechos de propiedad debe satisfacer las condiciones de especificidad, exclusividad, transferibilidad, integridad y exigibilidad.⁶⁷ La definición de los derechos de propiedad en México según la LAN cumple con estas características. Estas características están interrelacionadas.

La especificidad se refiere a los derechos y obligaciones de los titulares. En la LAN se establece que los concesionarios o asignatarios podrán explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales y sus bienes inherentes, así como transmitir los derechos de los títulos que tenga en los términos de la LAN.⁶⁸ Cuando se transmita la titularidad de una concesión el adquirente subrogará en los derechos y obligaciones de las mismas y queda obligado a formular aviso y registrarse ante las autoridades del volumen de agua materia de la transmisión conforme al uso de la concesión. En todos los casos de transmisión de derechos, el otorgante y el adquirente serán responsables solidarios por los daños y perjuicios que se pudieran ocasionar a terceros.

La transferibilidad se refiere a que la transferencia de los derechos se ha de realizar fácilmente y a bajo costo mediante la renta o venta, no vinculándose la transmisión a determinados sectores, usos, o a otra propiedad. Para esta característica la LAN establece que el titular de la concesión puede transferir su título por separado del derecho de la tenencia de la tierra.⁶⁹ Sin embargo, en el caso en que los ejidatarios o comuneros transmitan la titularidad de la tierra, podrán también transmitir sus derechos de agua. Dicha transferencia puede realizarse de forma parcial o definitiva.

Cuando un asignatario transmita a un particular sus derechos de explotación, uso o aprovechamiento de aguas, o viceversa, no se requerirá sustituir el título, bastando la inscripción de la transmisión en el RPDA y la anotación de la inscripción correspondiente en el título original bastará un simple aviso por escrito al RPDA cuando sólo se cambie de titular de la concesión o asignación y cuando no se

⁶⁷ Rico y Gómez (2006).

⁶⁸ Derechos y obligaciones. Capítulo III. Título cuarto. LAN.

⁶⁹ Art. 72 Cap. V. Transmisión de títulos. Reglamento de la LAN.

modifiquen las características del título respectivo.⁷⁰ Si se trata de alguna de las cuencas, entidades federativas, zona o localidad, en los términos del artículo 34, deberán presentar su inscripción al RPDA sin mayor trámite a los que autoricen la transferencia, sin perjuicio y quedando a salvo los derechos a terceros.

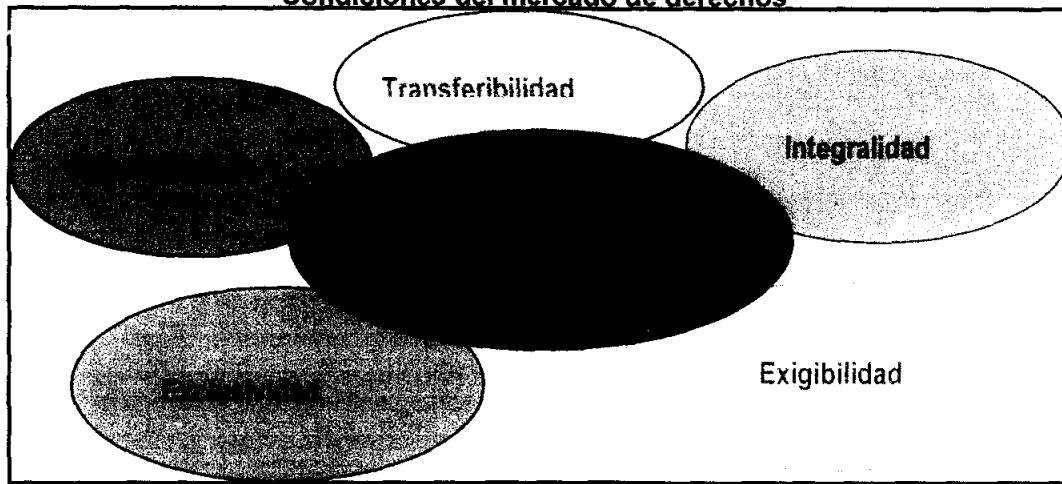
La integralidad hace referencia a la descripción de que debe realizarse de: derecho, es decir, la cantidad desviada, los lugares de desviación, el uso y los retornos que generan valor y pueden afectarse a otros usuarios. La LAN establece que se podrán transmitir los derechos derivados de las concesiones o asignaciones para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales dentro de una misma cuenca, o de aguas del subsuelo dentro de un mismo acuífero cuando estén vigentes e inscritos en el RPDA. La localización y los límites del acuífero serán definidos por la CONAGUAS conforme a la información a los estudios hidráulicos disponibles.⁷¹

La exigibilidad se refiere a la tenencia de un derecho de agua que exige el disfrute de su titularidad, protegiéndolo de la usurpación involuntaria por otros, incluido el Estado. Para ello, el derecho de agua deberá registrarse para evitar las posibles disputas sobre su propiedad, existiendo una autoridad legal para sancionar las infracciones.

⁷⁰ Art. 66.

⁷¹ Art. 65 Cáp. V. Transmisión de títulos.

Figura H1
Condiciones del mercado de derechos



Fuente: Rico y Gómez (2000).

En México se contempla la creación de un mercado de derechos de agua. Sin embargo, aún no se han determinado las reglas en las cuales operará. No obstante, la CONAGUAS podrá establecer definitiva o temporalmente, instancias en las que se gestionen operaciones reguladas de transmisión de derechos que se denominarán “bancos de agua”; cuyas funciones serán determinadas en los reglamentos respectivos.⁷² Si bien la CONAGUAS tiene ciertas facultades con respecto a la transmisión de títulos, éstas son limitadas e insuficientes para fomentar la potencial transmisión de derechos.⁷³

La situación en México

Si bien en México existe un marco jurídico para la transmisión de los derechos de agua, este es limitativo para lo referente al tipo de operaciones que pueden celebrarse cuando se transmiten títulos de concesión o asignación de aguas nacionales. Por otra parte, los derechos para uso, explotación o aprovechamiento limita el tipo de transacciones a aquellos actos donde hay transmisión sin dejar campo a otro tipo de actos y contratos como pueden ser la cesión, el comodato y la asociación en participación, entre otros.

⁷² Art. 37 Cap. V. Título cuarto.

⁷³ Dunath (2004).

Por otro lado, la normatividad es insuficiente, ya que no precisa los distintos tipos de transacciones que pueden llevarse a cabo al transmitirse los títulos de concesión o asignación.⁷⁴ En la práctica, en los diferentes distritos de riego de la cuenca Leiva-La Eternidad la transmisión de los derechos de agua se da en forma incipiente, ya que no hay registros de todos los actos de transmisión de derechos en el RPDA, ni tampoco la autoridad del agua ha intervenido en la celebración de dichos actos por diversos factores o condiciones. No se da la renta o venta del derecho de agua y en gran medida por que los usuarios ignoran que el título de concesión tiene un valor (tiene un costo) independiente del título de la tierra, además no se conocen la posibilidad legal que existe en la LAN. Por consiguiente, es prioritario difundir la legislación al respecto.

Por los variados factores y reglamentos se enumeran las principales causas por la que no se ha propiciado un mercado de agua en México, resultado de la investigación anteriormente descrita: i) no existe producción de tipo extensivo e intensivo que demande la compra de derechos de agua, ii) existe una inadecuada medición que no permite conocer con certeza la cantidad y calidad de agua, cuyos derechos fueron objeto de la transmisión, así como también, el insuficiente control por parte de la autoridad sobre los efectos de las transmisiones efectuadas (hidráulicos, económicos y sociales), iii) no se efectúa la correcta definición de la cuota de riego y la adecuada recaudación, porque no se paga la tarifa igual al "costo social", iv) no existe una adecuada operación de la infraestructura de abastecimiento de agua para que se garantice el suministro oportuno de agua para los cultivos y v) no se especifica correctamente que la cesión de los derechos derivados del agua se realicen únicamente y exclusivamente por el periodo especificado en el contrato respectivo, sin que éste pueda ser prorrogado sin consentimiento expreso de la parte transmisora.

Las medidas para implementar un mercado del agua que se derivan de esté investigación son las siguientes: i) la reconversión productiva a cultivos intensivos económicamente rentables, ii) la correcta medición y control de la dotación del agua, iii) es necesario establecer con claridad el agua cedida, arrendada o vendida, no se tomará en cuenta como prueba de que es un excedente no necesario para efectos de revocación o modificación de la titularidad del derecho otorgado, por el contrario, se debe dejar claro que se trata de un incentivo y estímulo para el ahorro y la canalización más eficiente del recurso; en este caso, se ha dado como resultado de la implementación de los programas y proyectos establecidos por los particulares para

⁷⁴ *Idem.*

eficientar sus procesos productivos y lograr ahorros de agua ⁷⁵. iv) los concesionarios deberán usar en su totalidad el volumen de agua abastecido (según la disponibilidad del agua) o concesionado, ya que de lo contrario será penalizado (multado) con el uso de volúmenes menores; dicho incentivo no se ve reflejado económicamente a través de un reembolso o bonificación por uso de volúmenes menores de agua; del mismo modo, no se penaliza aquellos concesionarios que no hagan un buen uso del recurso y v) hacer un cambio en el artículo 51 de la LAN, ya que establece que los volúmenes ahorro por el incremento en la eficiencia en el uso del agua no será motivo de reducción de los volúmenes de agua concesionados, cuando las inversiones y modernizaciones de la infraestructura y tecnificación del riego las hayan realizado los concesionarios, siempre y cuando exista disponibilidad; esto hace que haya desperdicio en volúmenes que no son utilizados.

Lo anterior plantea la posibilidad de introducir o aplicar un instrumento económico como lo que se hace en materia ambiental, es decir, que incentive el uso racional y el ahorro de agua entre los usuarios. El surgimiento de los llamados instrumentos económicos en materia ambiental es el resultado de la búsqueda por encontrar una asignación óptima de los recursos. Tomando en cuenta no sólo los beneficios y costos económicos directos de una actividad, sino aquellos derivados de su impacto en el medio ambiente. Desafortunadamente, la mayor parte de los instrumentos económicos que han sido establecidos en nuestro país se han destinado al control de actividades e inversiones para la industria, dejando de lado los incentivos para la conservación.⁷⁶

De acuerdo al artículo 22 de la ley del equilibrio ecológico y protección al ambiente se consideran instrumentos económicos los mecanismos normativos de carácter fiscal, financiero o de mercado, mediante los cuales las personas asumen los beneficios y costos ambientales que generen sus actividades económicas, incentivándolas a realizar acciones que favorezcan el ambiente y la conservación de los recursos. El incentivo propuesto consistiría en hacer pagos en dinero a aquellos

⁷⁵ Un incentivo es un mecanismo de política dirigido a estimular o conducir los agentes económicos a desarrollar determinadas acciones y comportamientos para alcanzar metas y objetivos determinados. Los incentivos dirigidos a proteger el ambiente son parte de los instrumentos de política, cuya idea fundamental es que sirvan para atacar los defectos estructurales o fallas del mercado y de esta forma eliminar o reducir problemas de deterioro ambiental y conservación de los recursos.

⁷⁶ PRONATURA (2000).

titulares de una concesión que logren ahorrar agua a través de la inversión y la modernización de la infraestructura y tecnificación del riego.

ANEXO K

**Los indicadores de rentabilidad
(VAN Y TIR)**

Bin Compra de derechos

ANS calendario	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Inversión Programada	-53.194.900	-265.978.200	-585.151.300	-385.667.537	-39.897.100					
Corras Adicionales				-276.051.563						
Reinversiones										
Beneficios					95.944.200	107.775.000	118.019.000	128.351.000	139.507.000	151.112.000
Valor de rescate										
Total	-53194900	-265978200	-585151300	-661719100	56047100	107775000	118019000	128351000	139507000	151112000

VAN \$109.036.986
TIR 13%

2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
\$0	\$0	\$0								
			-81.100.000							
\$163.339.000	\$176.326.000	\$201.710.000	\$229.058.000	\$258.360.000	\$289.644.000	\$322.858.000	\$358.048.000	\$395.169.000	\$434.112.672	\$474.311.741
163339000	176326000	201710000	147958000	258360000	289644000	322858000	358048000	395169000	434112671.9	474311741

BIBLIOGRAFÍA

Banco Mundial (1988), World Development Report.

http://www.wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2000/12/13/000178830_98101912131965/Rendered/PDF/multi_page.pdf

BANOBRAS-CEPEP (2004), Apuntes Sobre Evaluación Social de Proyectos, Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos y Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, México.

BANOBRAS-CEPEP (2006), Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de dotación de agua potable rural, Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos y Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, México.

BANOBRAS-CEPEP (2006), Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de alcantarillado sanitario, Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos y Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, México.

BANOBRAS-CEPEP (2006), Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de agua potable urbana, Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos y Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, México.

Baumol, W. J. (1977), *Economic Theory and Operation Analysis*, 4ª Edición, Prentice Hall, EU.

Belli, Pedro (1996), *Is Economic Analysis of Projects Still Useful?*, Policy Research Working Paper 1689 december, The World Bank.

Boardman Anthony E., Greenberg David H., Vining Aidan R., Weimer David L. (1996), *Cost-Benefit Analysis*, Prentice Hall, London, EU.

Ceconi. T. (1999), *Criterios de Asignación del Gasto Público y Crecimiento Económico*, Cuartas Jornadas, Investigaciones de la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística.

CEPEP (2000), Diagnóstico del saneamiento del lago de la Eternidad, Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, México.

CEP-UAZ (2005), "Evaluación Socioeconómica de la Presa Arnulfo Villa", Centro de Evaluación de Proyectos, Universidad Autónoma de Zamorilla, México.

Cervini Iturre, Héctor (1995), El costo de oportunidad de los fondos públicos y la tasa social de descuento, en *Análisis Económico*, vol. XII, número 26, 1995, UAM-Azcapotzalco, México.

Cervini Iturre, Héctor (2002), El costos de oportunidad de la divisa y la evaluación social de proyectos, en *Análisis Económico*, vol. XVII, número 35 UAM-Azcapotzalco, México.

CNA (1996), Guía para la elaboración de estudios de factibilidad técnica, económica financiera e institucional para el mejoramiento de los servicios de agua potable alcantarillado y saneamiento, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica

urbana e industrial, Gerencia de Estudios y Proyectos, Comisión Nacional de Agua México.

CONAGUAS (1990), Estudio de Obtención de Curvas de Demanda de agua Potable mediante la aplicación directa de encuestas en 24 localidades del país, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana e Industrial, México.

CONAGUAS (2005), Diagnóstico del DR. 013, Plan director Distrito de Riego 013 sur, México.

CONAGUAS (2005), Diagnóstico del DR. 024, Plan director Distrito de Riego 024, México.

CONESAS (2005), Proyección de la elevación promedio del lago de la Eternidad, México.

Dasgupta, Partha, Stephen Marglin y Amartya K. Sen (1972), *Guidelines for Project Evaluation*, United Nations Industrial Development Organization, New York, EU.

Diario Oficial (diciembre 2004), Acuerdo por lo que se expide el Manual de Normas Presupuestarias para la Administración Pública Federal, segunda sección, México.
Diario Oficial de la Federación (2004), Ley de Aguas Nacionales, marzo veintinueve de 2004.

Dunath de la Peña, Eduardo F. (2004), Aspectos jurídicos del Banco de Agua para la región Leiva- La Eternidad- San José, Instrumentos económicos por el uso eficiente del agua, el caso del Banco de agua para la cuenca Leiva-La Eternidad, UNAM, México.

Dupuit J. (1844), *On the Measurement of Utility of Public Works*, International Economic Papers, vol. 2.

Ferrá, Coloma (2000), *Evaluación Socioeconómica de Proyectos*, 2ª Edición, Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Cuyo, Argentina.

Fontaine, Ernesto R. (2000), *Evaluación Social de Proyectos*, Alfaomega, Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.

Fuguitt Diana y Wilcox Santón J. (1999), *Cost-Benefit Analysis for Public sector Decision Makers*, Quorum Books, London.

García, Eduardo (1983), *La asignación recursos y la economía del bienestar*, 1ª reimpresión, UAM, México.

González Marín, Eloy (1995), El costo de oportunidad social de la mano de obra en México, en *Análisis Económico*, vol. XII, número 26, UAM-Azcapotzalco, México.

Gramlich, E. M. (1990), *A guide to benefit-cost analysis*, 2ª Edición, Prentice Hall, New Jersey, EU.

Guzmán Arroyo (2000), *Los Acueductos a la ZMZ*, México

Guzmán Arroyo (2001), *Niveles históricos del lago de la Eternidad*. México.

Haberger A. (1973), *Project Evaluation*, Collected Papers, Mac Millan, New York. EU.

Hammond, R. J. (1958), *Benefit-cost Analysis and Water Pollution Control*, Stanford, California, University Press.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Evolución en el volumen almacenado del lago La Eternidad, México.

Layard, R., y S. Glaister (1994), *Cost-Benefit analysis*, 2ª edición, Cambridge University Press, Reino Unido.

Little, I.M.D. and J.A. Mirrlees (1969), *Manual of Industrial Project Analysis*, OECD Development Centre, Paris.

Marglin y G. M. Fair1 (1962), *Design of Water Resource Systems: New Techniques for Relating Economic Objectives, Engineering Analysis, and Governmental Planning*, Macmillan, Londres.

McKean, R. (1958), *Efficiency in government through system analysis*, John Wiley & Sons, New York, EU.

MIDEPLAN (1992), *Inversión pública, eficiencia y equidad*, 2ª Edición, Ministerio de Planificación, Santiago de Chile.

Mishan, E. J. (1971), *Evaluation of life and limb: A theoretical approach*, *Journal of Political Economy*, 79, pp. 687-705.

Nas, Tevfik F. (1996), *Cost-Benefit, Theory and application*, Sage Publications, London.

Nicholson, Walter (1997), *Teoría Microeconómica, Principios básicos y aplicaciones*, McGraw Hill, España.

PRONATURA (2000), *Aplicación de modelos e incentivos económicos, financieros y de mercado para los pobladores de las áreas naturales protegidas*, México.

Rico González Margarita y Gómez Limón José (2000), *¿Funcionará los mercados de agua en España?*, España.

SAAPO (2002), *Estudio de Tarificación a Costo Marginal de Largo Plazo para el sistema Intermunicipal de agua Potable y Alcantarillado de la Zona Metropolitana de Zamorilla*, México.

Sanjay, Pradhan (1996), *Evaluating Public Spending: A Framework for Public Expenditure Reviews*, World Bank Discussion, Papers n° 323.

Squire Lyn and Herman G. van der Tak (1975), *Economic Analysis of Projects*, Baltimore, EU.

Steiner, P. O. (1959), *Choosing Among Alternative Public Investments in the Water Resource Field*, *American Economic Review*, diciembre, vol. XLIX.

Vargas Velásquez Sergio (2003), *De la Centralización a la gestión del agua por cuenca hidrológica, Conflictos por el agua en la cuenca Leiva-La Eternidad*, México.

CONAGUAS y Guzmán Arroyo (2000), *Niveles Históricos del lago La Eternidad*, México.