



**GUÍA GENERAL PARA LA PREPARACIÓN Y
PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN
SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS DE
ALCANTARILLADO SANITARIO**

Diciembre de 2006



NOTA INTRODUCTORIA

El CEPEP presenta una serie de “Guías Metodológicas”, las cuales deben considerarse como **no oficiales**, para la evaluación y presentación de proyectos sectoriales.

Esta guía deberá servir de apoyo para integrar la información que la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) presenta en los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión” que publica en la página de Internet siguiente:

http://www.apartados.hacienda.gob.mx/cartera/temas/lineamientos/documentos/lineamientos_050106.pdf

D.R.© Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C.
Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos.

Registro en Trámite
ISBN: 968-7457-30-9

DERECHOS RESERVADOS. Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra sin autorización por escrito de su editor.



GUÍA GENERAL PARA LA PREPARACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS DE ALCANTARILLADO

CONTENIDO DE LA GUÍA

El contenido general de un estudio de evaluación a nivel de perfil de proyectos de alcantarillado es el siguiente:

1. Resumen Ejecutivo
 2. Situación sin Proyecto y Posibles Soluciones
 3. Descripción del Proyecto
 4. Situación con Proyecto
 5. Evaluación del Proyecto
 6. Análisis de Sensibilidad y Riesgos
 7. Conclusiones
 8. Ejemplo
- Bibliografía

1. RESUMEN EJECUTIVO

Para redactar este apartado se recomienda revisar la “Guía Metodológica General de Preparación y Presentación de Estudios de Proyectos de Inversión Pública” publicada por el CEPEP en su página de Internet.

2. SITUACIÓN SIN PROYECTO Y POSIBLES SOLUCIONES

En este apartado se deberá describir la problemática que da origen al proyecto propuesto, independientemente del tipo de proyecto de alcantarillado sanitario que se desee evaluar (instalación, ampliación del servicio, mejoramiento o reposición del sistema, etc.), deberá presentarse una descripción de las características y condiciones actuales de evacuación del agua domiciliar que utiliza la población objetivo del proyecto, de modo que en el documento quede expresada la problemática por la cual la institución promotora propone llevar a cabo dicho proyecto.

Todo individuo en su actividad diaria genera tanto residuos sólidos como líquidos. Estos residuos son generalmente contaminantes del medio ambiente, ya que una buena parte de éstos son materia orgánica que por naturaleza entra en descomposición y su contacto puede originar enfermedades al ser humano. El volumen de aguas residuales a eliminar por cada usuario está directamente relacionado con el tipo de abastecimiento de agua potable que éste tiene, con la continuidad del servicio, el sistema tarifario que se le aplica, y por lo tanto con el volumen consumido por el usuario.

El no contar con un sistema eficiente de evacuación de aguas residuales limita el consumo de agua potable, aún contando con un buen sistema de abastecimiento. Por ello los beneficios atribuibles al sistema de abastecimiento de agua potable, estarán limitados por las molestias ocasionadas por deshacerse del agua residual.

Generalmente, la población que no cuenta con un sistema de evacuación de aguas servidas (alcantarillado), se deshace de ellas dependiendo de su uso. Las que utiliza en quehaceres domésticos (lavar, cocinar, hacer el aseo de la casa, etc.) las vierte a cuerpos receptores o a la calle directamente; y las que contienen residuos humanos, las vierten a pozos negros, letrinas, fosas sépticas e incluso al aire libre. Todo esto ocasiona, malos olores, encharcamientos en los patios, así como la presencia de fauna nociva y fuente de contagio de enfermedades diversas.

2.1 Objetivo del estudio

En este punto deberá mencionarse el alcance del estudio; es decir, si la evaluación se realizará a nivel de perfil, prefactibilidad o factibilidad. Asimismo,

deberá indicarse si es posible aplicar el principio de separabilidad de proyectos, o las “reglas de oro” de la evaluación de proyectos.

El indicador de rentabilidad que se aplicará para evaluar el proyecto propuesto dependerá de la naturaleza del mismo proyecto. Generalmente para la instalación del servicio de alcantarillado sanitario, se deberá de calcular el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rendimiento (TIR); mientras que en proyectos de mejoramiento y ampliación de redes de colectores, emisarios, etc., se deberá determinar el valor actual de los costos (VAC) de las alternativas analizadas, o bien si éstas tienen vidas útiles diferentes, se deberá calcular el costo anual equivalente (CAE).

2.2 Situación sin proyecto

Con la finalidad de no atribuirle al proyecto costos y beneficios de manera ilegítima, se deberán proponer “medidas de optimización” de la situación actual, de “bajo” costo de inversión¹, para mejorar o restituir el nivel de servicio para el cual fueron diseñados los equipos y componentes del sistema existente, así como las medidas administrativas que pudieran ser modificadas para obtener una mejora en el funcionamiento del sistema.

En la medida que el diagnóstico de la situación actual sea claro y se conozcan los verdaderos problemas que se enfrentan, se facilitará la identificación de las posibles medidas de optimización que se deberán de llevar a cabo para mejorar la situación actual. Con ello se define la situación actual optimizada (que es igual a la situación sin proyecto).

En este capítulo se deberán mencionar las características físicas de los componentes del sistema de evacuación de aguas servidas o excretas, así como el sistema de abastecimiento de agua potable que tiene la población a beneficiarse con el proyecto. Se deberá mencionar el esquema tarifario que se tiene implementado, así como los consumos promedio por tipo de usuario y las tarifas que pagan.

Dependiendo de las condiciones de los diferentes componentes del sistema de agua potable, las “medidas de optimización” sugeridas podrían ser de manera enunciativa más no limitativa, las siguientes:

- a) Reparaciones o mantenimiento menor de alguno de los componentes del sistema, los cuales mejoren sustancialmente el nivel del servicio del sistema.
- b) La tarificación del sistema de agua potable, tanto a costo marginal de corto o

¹ Este monto generalmente no debe exceder el 5% del monto de inversión del proyecto propuesto.

largo plazo, puede considerarse como una medida de optimización del sistema, tanto de agua potable como del sistema de alcantarillado sanitario, por ser éstos sistemas complementarios. Sin embargo, si no se cuenta con micromedición en el sistema de agua potable, esto por sí solo puede considerarse como un proyecto, ya que involucra una inversión significativa (muy probable, mayor al 5% del proyecto propuesto).

- c) Capacitación del personal que opera y da mantenimiento a los equipos, con la finalidad de evitar posibles problemas en su operación.

Una vez consideradas las optimizaciones a la situación actual, se deberán de tomar en cuenta los efectos de proyectos que se encuentren en marcha o con presupuesto asignado, durante el horizonte de evaluación del proyecto. Posteriormente, se deberá de proyectar esta situación durante el horizonte de evaluación, con la finalidad de definir la situación base optimizada (o situación sin proyecto), que es la que se comparará con la situación con proyecto, para fines de evaluación.

2.3 Estimación de la demanda

La estimación de la curva de demanda por agua es sustancial en la mayoría de los tipos de proyectos, ya que mediante los cambios en las cantidades demandadas de agua, se afectará directamente el volumen de agua servida a evacuar.

Para estimar la cantidad de agua residual a evacuar se requiere primeramente valorar la demanda por agua de la población atendida por el sistema (usuarios domésticos y no domésticos). Para llevar a cabo esto, se recomienda consultar el apartado de estimación de la demanda, de la “Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de agua potable urbana”. La cual se puede consultar en materiales publicados en la página del CEPEP:

<http://www.cepep.gob.mx/>

Una vez estimada la curva de demanda de agua potable y conociendo el esquema tarifario que se tenga en la población a atender por el proyecto, se podrá tener una buena aproximación de la cantidad demandada de agua potable por la población. Esta información será relevante para determinar el volumen de agua residual a evacuar. Una buena aproximación del volumen de agua a evacuar es utilizar un factor de 0.80 de la cantidad demandada de agua potable. Este factor deberá servir de referencia a menos que se tenga una mejor estimación obtenida de trabajo de campo.

Dependiendo de la zona a realizar el proyecto, se deberá de considerar efectos de infiltración, sobre todo aquellas zonas donde el nivel freático esté superficial. Estos volúmenes se deberán considerar adicionales al volumen de agua a evacuar. Asimismo, también deberán considerarse posibles aportaciones de agua de lluvia, lo cual incrementaría los volúmenes de agua servida a evacuarse.

2.4 Estimación de la oferta

En este apartado se debe describir la forma en que la población a atender evacua las aguas servidas de sus viviendas, así como los costos ya sea monetarios o de molestias en los que incurre por no contar con un sistema eficiente.

Cuando no se cuenta con un sistema eficiente de evacuación de aguas servidas y excretas, generalmente recurre a pozos negros, letrinas y en otras ocasiones a fosas sépticas. Este último dispositivo aunque técnicamente es mejor, es más caro que las otras alternativas, por lo que generalmente no es empleado por la población de bajos ingresos.

Los medios de evacuación de aguas residuales con los que cuenta la población, deben describirse desde el punto de vista físico y operativo, mencionando su antigüedad, estado de conservación y su capacidad. También debe describirse, en su caso, la disponibilidad de partes del sistema de alcantarillado sanitario, como pudieran ser colectores (secundarios y primarios), plantas de bombeo (plantas elevadoras), emisarios y disposición final. En cada caso se deberá describir cuáles son los efectos que originan este tipo de desechos al medio ambiente y a la población.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se deberá de especificar el tipo de proyecto que se propone, así como describirlo física y operativamente.

Se deberá de incluir una descripción del proyecto como se menciona en los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión” publicados en la página de Internet de la SHCP mencionada anteriormente.

3.1 Tipos de proyectos

En el caso de proyectos de alcantarillado sanitario, existen varios tipos de proyectos, como pueden ser:

1. Instalación del servicio

Este tipo de proyecto propone la construcción de un sistema colectivo de alcantarillado sanitario donde no existe, pues aunque no se cuente con este

servicio, la población tiene una forma individual de deshacerse de sus aguas servidas y excretas.

2. Ampliación de la oferta

Los proyectos de ampliación de la oferta se derivan del crecimiento de la demanda de agua potable por parte de los usuarios. Este crecimiento de la demanda en términos generales implica ampliaciones en la captación, conducción, tratamiento, distribución y conexiones domiciliarias, dependiendo de la(s) restricción(es) que el sistema presente.

3. De mejoramiento del servicio

Los proyectos de mejoramiento se refieren a ampliar la capacidad de conducción de aguas negras, por ejemplo en sitios donde el crecimiento poblacional haya hecho insuficientes las redes existentes de colectores.

4. Reposición del sistema

Este tipo de proyectos se lleva a cabo cuando los componentes del sistema han llegado al límite de su vida útil y es conveniente su reemplazo. A manera de ejemplo, las redes de drenaje del centro de las ciudades antiguas.

3.2 Descripción física

Se deberán de describir las características físicas del proyecto propuesto. Esto es, si se piensa en un proyecto de ampliación de oferta en lugares donde se ha excedido la capacidad de diseño y se contempla la construcción de nuevos colectores, se deberá mencionar la longitud de éstos, la capacidad que tendrán (en litros por segundo –lps-), así como los cárcamos de bombeo en caso de ser necesarios.

Se recomienda incluir una figura, croquis o diagrama donde se esquematicen los componentes del proyecto que se pretende construir.

Adicionalmente se deberá de mencionar la información siguiente:

- Origen de los materiales: nacional o importado (en este último caso señalar el país de procedencia y porcentaje de arancel de importación respectivo).
- Costos de importación total, internación e instalación,
- En su caso, señalar si la operación o el mantenimiento requerirá la importación de partes y refacciones o personal especializado. Para toda la mano de obra requerida para la realización del proyecto, debe de considerarse la siguiente

clasificación²:

Mano de obra calificada: aquellos trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución requiere estudios previos o vasta experiencia, por ejemplo: profesionales, técnicos, obreros especializados. Entre estos últimos se debe considerar maestros de primera en general, ya sean mecánicos, electricistas, albañiles, pintores, carpinteros u otros.

Mano de obra semi calificada: aquellos trabajadores que desempeñan actividades para las cuales no se requiere estudios previos y que, teniendo experiencia, ésta no es suficiente para ser clasificados como maestros de primera. Está conformada también por albañiles, pintores, carpinteros u otros, y análogamente, se denominan maestros de segunda.

Mano de obra no calificada: aquellos trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución no requiere de estudios ni experiencia previa, por ejemplo: jornaleros, cargadores, personas sin oficio definido.

- Número de equipos y sus capacidades (como es el caso de bombas, motores, válvulas, transformadores, etc.), longitud de tuberías, diámetros de éstas, así como accesorios, como válvulas, medidores, etc.
- Deberá describirse tanto la obra civil que se requiere para el proyecto, como las obras electromecánicas que se pretenden llevar a cabo (de ser necesarias).

3.3 Descripción operativa

En este apartado deberá mencionarse los diferentes requerimientos que se derivarán de la realización del proyecto, como pueden ser:

- Requerimientos de personal para su operación y mantenimiento, mencionando si éste podrá ser el mismo que opera los equipos existentes o tendrá que ser capacitado para ello. También se deberá considerar si habrá un aumento o disminución en el personal, derivado de las nuevas necesidades del sistema.
- Vida útil que se espera tengan las obras que se proponen llevar a cabo, así como de los equipos y accesorios que implica su adquisición de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Se deberán mencionar las reinversiones que se deberán realizar a lo largo del periodo de evaluación, describiendo que tipo de equipos y componentes se requerirán, así como las fechas aproximadas en que se llevaran a cabo éstas.

² La clasificación de la mano fue tomada del documento “Precios sociales para la evaluación social de proyectos” del Ministerio de Planificación del Gobierno de Chile.

- Requerimientos de mantenimiento (mayor y menor) del equipo e infraestructura, así como su calendarización durante el horizonte de evaluación.
- Mencionar los insumos y materiales necesarios para la producción o prestación del servicio, señalando si los equipos a adquirir son más o menos eficientes, tanto en los consumibles que requieren para su operación, como en la eficiencia en la producción que tienen, con respecto a los equipos actuales.

Es importante mencionar si el proyecto aumentará la oferta del sistema y con ello se podrá brindar el servicio a un mayor número de usuarios. Si es así deberá mencionarse en cuanto será aumentada y en su caso el número de personas que se beneficiarán así como los tiempos en que esto se presentará.

4. SITUACIÓN CON PROYECTO

Se debe mencionar el costo total de inversión del proyecto, señalando si incluye impuestos, la fecha de estimación de esta cifra y el tiempo estimado de ejecución de las obras.

Se deben de describir los costos que generarán las alternativas propuestas tanto por su adquisición e instalación, así como por la operación y mantenimiento de los mismos, para lo cual habrá que mencionar los montos de recursos y los tiempos en que éstos se presentarán. También deberán de mencionarse como cambian los niveles de consumo de agua limpia los usuarios, así como los costos en la operación del sistema.

Tal y como se describió para la situación sin proyecto, en la situación con proyecto se deberá de mencionar cuáles serán los consumos estimados de agua para cada uno de los tipos de usuario considerados, así como los precios que éstos enfrentarán. En la figura 1 se indican los consumos y valoraciones que se tendrán en las situaciones sin y con proyecto.

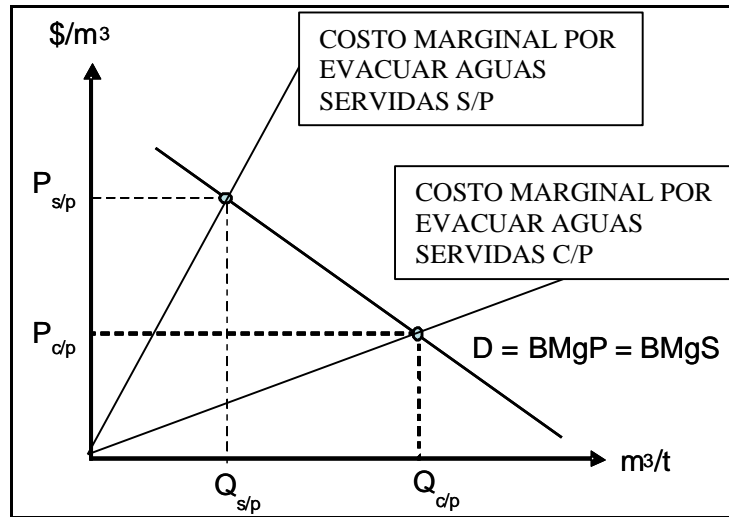


Figura 1. Precios y consumos de agua en las situaciones sin y con proyecto

Toda esta descripción deberá considerar el horizonte de evaluación que se tenga contemplado, y como referencia deberá de tomar en cuenta la vida útil proporcionada por los fabricantes de los equipos.

5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

El propósito de este apartado es identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios sociales del proyecto en términos monetarios, a lo largo de todo el periodo de evaluación. Todos los flujos del proyecto deberán estar expresados en pesos de una fecha determinada, citándolo en cada cuadro de flujos de costos y beneficios.

5.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos

a) Costos de inversión

Los costos de inversión incluyen los costos de los equipos, las adecuaciones, modificaciones e instalación de los mismos. Todos estos recursos deberán cuantificarse y después valorarse a precios de mercado quitando los impuestos que estén incluidos en éstos, deberá de proporcionarse un desglose de los componentes que integren la inversión (materiales, mano de obra calificada, semicalificada y no calificada, maquinaria, equipos, etc.). En caso de equipos y materiales de importación deberán descontarse los aranceles de importación.

b) Costos de operación y mantenimiento

Se deberán de considerar todos los costos de la operación de los equipos, como son:

- Materiales e insumos necesarios para el funcionamiento del proyecto, como son la energía eléctrica, cloro y otros químicos requeridos en el tratamiento y potabilización del agua, etc.
- Sueldos y remuneraciones al personal que se requiere para la operación de los equipos.
- Pago de servicios para la operación de los equipos, tanto fijos como variables.

5.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios

Los principales beneficios que se identifican por la realización de proyectos de alcantarillado son:

Eliminación de molestias

Al contar con un sistema eficiente de evacuación de aguas servidas, se eliminan de las viviendas los males olores, fauna nociva que había a en la situación sin proyecto, así como posibles encharcamientos en los patios de las viviendas, etc.

Liberación de recursos

En el caso de que el proyecto propuesto contemple la sustitución de medios de evacuación de aguas residuales, se presenta este beneficio, pues evita la construcción de nuevos dispositivos en el caso que se esté construyendo más viviendas en la zona, y se evitan los costos de operación y mantenimiento para las viviendas que ya cuentan con estos dispositivos (letrinas, fosas sépticas, etc.).

Mayor consumo de agua

Debido a que en la situación sin proyecto existe una restricción en el consumo de agua, ocasionada por el costo y molestias de su disposición (ejemplificado en la figura 1 anterior), en la situación con proyecto se mejoran estas condiciones, con lo cual los usuarios aumentarán su consumo, mejorando su bienestar.

Disminución de enfermedades de origen hídrico

En la situación con proyecto, los habitantes de la localidad no se verán expuestos a tener contacto con excretas (en caso de existir defecación al aire libre), ni con fauna nociva, y/o malos olores derivado del funcionamiento de los dispositivos con

los que cuentan de manera individualizada para deshacerse de sus aguas residuales. Esto sin duda se ve reflejado en una menor incidencia de enfermedades de origen hídrico y en un ahorro en los costos de tratamiento de dichas enfermedades.

En la Figura 2 se muestran gráficamente los beneficios sociales por eliminación de las molestias al evacuar las aguas residuales y por mayor consumo de agua potable.

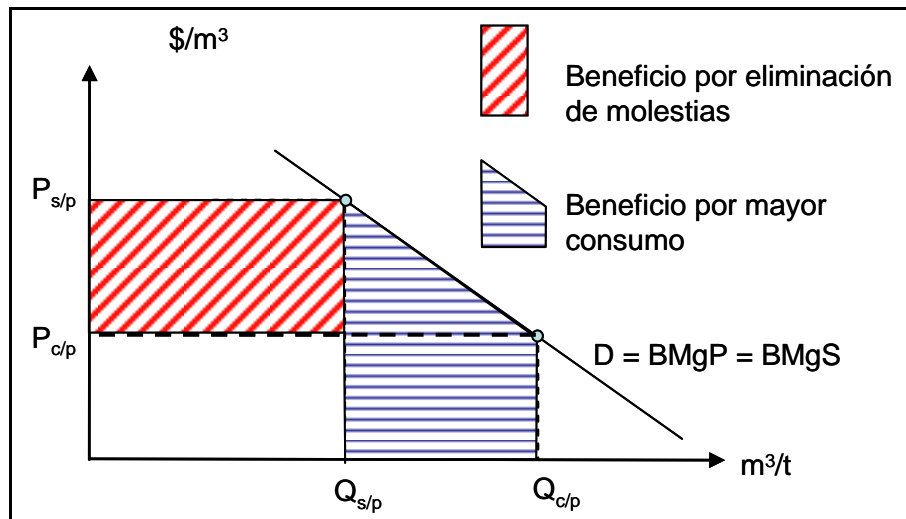


Figura 2. Beneficios por eliminar molestias y por mayor consumo de agua

5.3 Criterio de evaluación

Para la instalación y/o ampliación del servicio se deberá de calcular el VAN y la TIR, mientras que para proyectos de sustitución del servicio se deberá de calcular el valor actual de los costos (VAC) o en caso de que las alternativas analizadas tengan vidas útiles deferentes se calculará el costo anual equivalente (CAE).

6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGOS

Se deberá de realizar un análisis de sensibilidad unidimensional de las variables más significativas en el cálculo de los beneficios netos derivados del proyecto propuesto, así como sus efectos en los indicadores del VAN y la TIR. Esto pudiera ser derivado de un cambio en los valores de beneficios sociales por liberación de recursos o por mayor consumo de agua.

Para los proyectos en los que se calculó el VAC y el CAE como criterio de evaluación, se deberán de analizar cambios en la inversión, y en los costos de operación y mantenimiento, para cada una de las alternativas planteadas.

7. CONCLUSIONES

Este apartado deberá exponer las principales conclusiones del estudio de evaluación. Es decir, indicar si conviene llevar a cabo la realización del proyecto propuesto o conviene postergar su realización. También se puede concluir que conviene destinar más recursos para realizar un estudio a nivel de prefactibilidad o factibilidad y calcular con mayor certeza los indicadores de rentabilidad (VAN, TIR, VAC y/o CAE) obteniendo mayor detalle en los costos de inversión, operación y mantenimiento del proyecto, ya que un cambio de estas cifras pudiera modificar la conclusión de cuándo llevar a cabo su ejecución. Finalmente se deberán mencionar las principales limitaciones del estudio de evaluación.

8. EJEMPLO

Ejercicio de la rentabilidad de instalar un sistema de alcantarillado sanitario que no cuenta con este servicio

La localidad del Ahuacate cuya población es de 25,000 habitantes tiene la siguiente función de demanda anual por agua: $Q_d = 1'200,000 - 40,000 P$, donde Q_d está expresada en $m^3/año$ y P está expresada en $\$/m^3$. Actualmente el sistema operador ha fijado una tarifa de agua que es igual al costo marginal privado y social de producirla, y que es de $\$/m^3$. Sin embargo, como no cuentan con alcantarillado, las familias observan un costo marginal por desalojar el agua residual igual a $\$/metro cúbico$, constante para cualquier cantidad. Asimismo, las familias deben gastar en mantenimiento de letrinas aproximadamente 100 pesos anuales (en la población existen 5,000 familias), además se considera que la falta de alcantarillado hace que el 5% de la población presente diversas enfermedades hídricas al año, lo que implica un costo de atención de 250 pesos por persona (atención médica y medicinas); y se supone que las personas que se enferman no dejan de realizar sus labores. Se considera que existe capacidad en el sistema de abastecimiento de agua potable y que de no existir molestias originadas por la evacuación de aguas residuales se pudiera satisfacer la cantidad demandada, ya que el sistema de abastecimiento de agua potable cuenta con la capacidad suficiente.

Se ha propuesto realizar un proyecto de dotación de alcantarillado para esta población, el cual tiene un costo de inversión de 14 millones de pesos y se prevén costos de operación y mantenimiento de 500 mil pesos anuales. En la situación con proyecto, no se cobraría el alcantarillado, y las molestias y enfermedades que

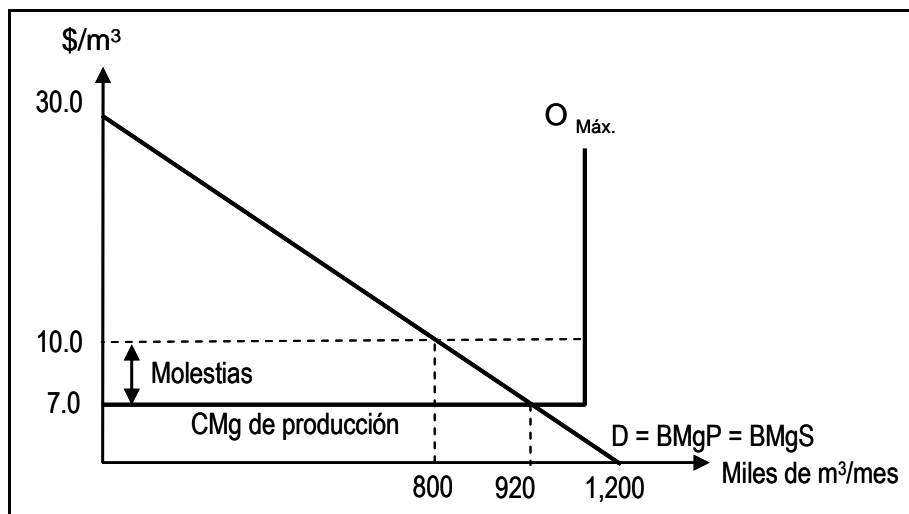
se presentan en la situación actual desaparecerían, por lo que la cantidad demandada de agua potable aumentaría.

Suponga que el proyecto dura para siempre, que la población no crece, que la obra se realizaría en un año y que la tasa social de descuento es del 10% anual. ¿Es conveniente realizar el proyecto?

Solución:

Primero se deberá establecer cual es la situación actual. Como se mencionó los usuarios pagan una tarifa a costo marginal de producción por el consumo de agua, lo que equivale a que observen un precio total de $\$10/m^3$, el cual está integrado por $\$7/m^3$ de acuerdo a la tarifa que cobra el organismo operador, adicionalmente las molestias de evacuar el agua servida equivalen a $\$3/m^3$. De acuerdo a la curva de demanda, se estima que la cantidad demandada anual de agua potable es de $800,000 m^3/año$. Lo que equivale a un consumo promedio de 87.7 litros habitante día (lhd).

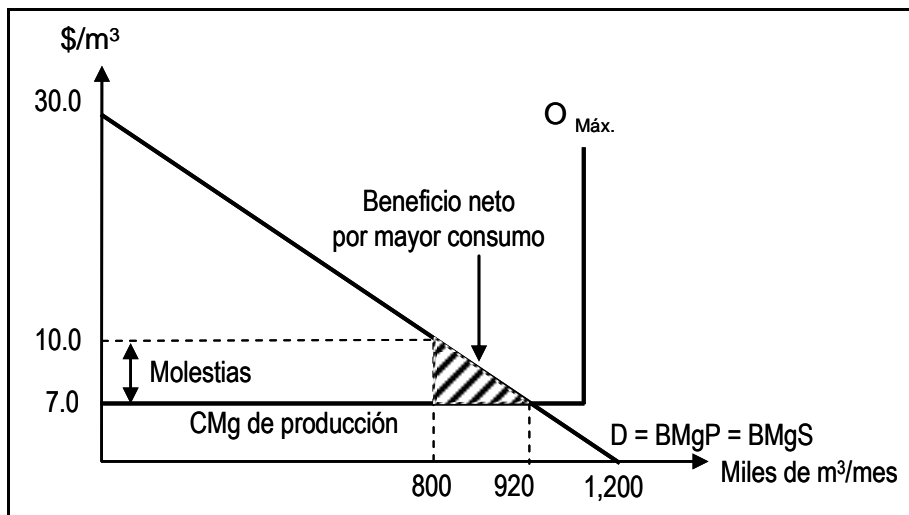
A continuación se muestra una figura con la demanda de agua potable y donde se indica el consumo de $800,000 m^3/año$, con un costo total de $\$10/m^3$ y que si no existiera el costo de molestias de evacuar las aguas servidas, el consumo pasaría a $920,000 m^3/año$ (equivalente a un consumo promedio de 100.8 lhd), ya que como costo sólo enfrentarían el precio del agua (CMg de producción).



De llevarse a cabo el proyecto de instalación de un sistema de alcantarillado sanitario, se eliminarían las molestias causadas por el agua residual. Asimismo, se eliminarían las enfermedades atribuibles a esta causa, lo que ocasionaría los siguientes beneficios:

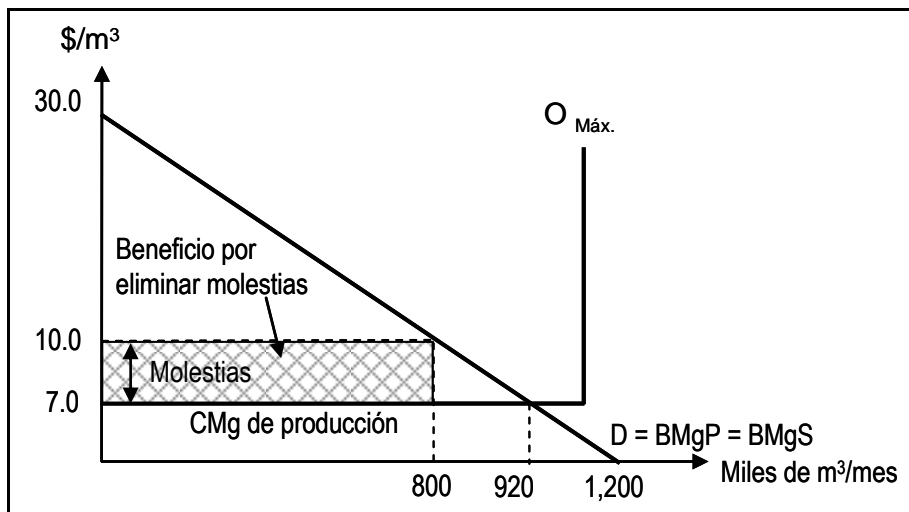
- Mayor consumo de agua. Al eliminarse las molestias de evacuar las aguas

residuales, los habitantes sólo incurrirían en el costo marginal de producción del agua potable, y su consumo pasaría de 800,000 m³/año a 920,000 m³/año. La valoración del mayor consumo menos el costo de producción de esta agua adicional sería el beneficio neto por este concepto. A continuación se muestra gráficamente este beneficio neto.



Este beneficio equivale a $[(920,000 - 800,000 \text{ m}^3/\text{año}) (10 - 7 \text{ \$/m}^3)]/2 = \$180,000/\text{año}$.

- Liberación de recursos. Derivado de que en la situación con proyecto se eliminarán las molestias ocasionadas por la evacuación de aguas residuales, en la figura siguiente se muestra gráficamente los beneficios por menores molestias.



Este beneficio equivale a $(10 - 7 \text{ \$/m}^3) (800,000 \text{ m}^3/\text{año}) = \$2'400,000/\text{año}$.

Asimismo, se tendrán ahorros por dejar de dar el mantenimiento a letrinas, el cual asciende a \$500,000/año [(\$100/letrina)(5000 letrinas/año)].

- Menores enfermedades. Dado que el sistema de alcantarillado eliminará las enfermedades hídricas derivadas del contacto de las personas con agua residual, el beneficio por este concepto será de 25,000 (5% tratamientos-persona) (\$250/tratamiento) = \$312,500/año.

Los costos del proyecto, son los de inversión y de operación y mantenimiento anual. Por lo anterior, el valor actual neto (VAN) del proyecto es:

$$\text{Beneficio total} = \$180,000/\text{año} + \$2'400,000/\text{año} + \$500,000 + \$312,500/\text{año}$$

$$\text{Beneficio total} = \$3'392,500/\text{año}$$

Al beneficio total habrá que restarle el costo de operación del sistema de alcantarillado sanitario, el cual es de \$500,000/año, por lo tanto el beneficio neto será de:

$$\text{Beneficio neto} = \$3'242,500/\text{año} - \$500,000/\text{año} = \$2'892,500$$

El cálculo del VAN se obtendría de suponer una perpetuidad de \$2'892,500/año, lo cual a valor presente con una tasa del 10% anual, se tendrían \$28'925,000. Por lo tanto, el VAN del proyecto sería:

$$\text{VAN} = \$28'925,000 - \$14'000,000 = \$14'925,000$$

$$\text{VAN} = \$14'925,000$$

La tasa interna de rendimiento (TIR) es de 20.7%

Dados los resultados del VAN y de la TIR, se puede concluir que llevar a cabo la realización del proyecto es rentable y por lo tanto se recomienda su ejecución.

Bibliografía

Inversión Pública, Eficiencia y Equidad. Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN). División de Planificación, Estudios e Inversión, de Chile. 2da. Edición, corregida y aumentada. Diciembre de 1992.

Metodología Preparación y Evaluación de Proyectos de Agua Potable. Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN). División de Planificación, Estudios e Inversión, de Chile. <http://sni.mideplan.cl>

Precios sociales para la evaluación social de proyectos. Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN). División de Planificación, Estudios e Inversión, de Chile. <http://sni.mideplan.cl>