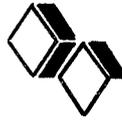




**BANCO INTERAMERICANO
DE DESARROLLO (IDB)**



**BANCO DE PROYECTOS DE
INVERSION NACIONAL**



**INSTITUTO LATINOAMERICANO Y
DEL CARIBE DE PLANIFICACION
ECONOMICA Y SOCIAL (ILPES)**

DIRECCION DE PROYECTOS Y ASESORIA

**Serie Metodologías
Volumen N° 6**

**ESTIMACION DE INDICADORES DE COSTO EFICIENCIA
EN PROYECTOS DE AGUA POTABLE**

(DOCUMENTO DE TRABAJO)

DNP

REPUBLICA DE COLOMBIA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION

UNIDAD DE INVERSIONES Y FINANZAS PUBLICAS

DIVISION DE METODOLOGIAS

DIVISION DE OPERACION Y SISTEMAS

**Distr.
LIMITADA**

**LC/IP/L.59
15 septiembre, 1992**

ORIGINAL: ESPAÑOL

DIRECCION DE PROYECTOS Y ASESORIA

**ESTIMACION DE INDICADORES DE COSTO EFICIENCIA
EN PROYECTOS DE AGUA POTABLE ***

(DOCUMENTO DE TRABAJO)

* Documento preparado por el Banco de Proyectos de Inversión Nacional de Colombia (Convenio DNP-BID-ILPES; ATN/JF-3342-CO). No ha sido sometido a revisión editorial.

92-9-1373

INDICEPágina

PROLOGO	iii
INTRODUCCION	1
I. TIPOLOGIA DE PROYECTOS	7
A. CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS	7
1. Componentes	7
2. Tecnologías y costos	8
B. CARACTERISTICAS DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE	9
C. MUESTRA Y TIPOLOGIA DE LOS PROYECTOS	10
1. Mejoras	11
2. Ampliaciones de sistemas	11
3. Ampliaciones y mejoras	11
4. Proyectos nuevos	12
5. Proyectos de tratamiento	12
6. Clasificación de los proyectos para la tipología	12
7. Proyectos de tratamiento de agua	13
II. MODELO DE SIMULACION DE OBRAS PUBLICAS (SIMOP)	14
A. MARCO TEORICO DEL MODELO	14
B. VARIABLES UTILIZADAS Y PROCESO DE CALCULO EN EL SIMOP	16
III. SUPUESTOS SIMPLIFICADORES	17
A. ELASTICIDADES Y CURVAS DE DEMANDA	17
1. Curvas de demanda	18
2. Cálculos de elasticidad en el consumo de agua en Colombia	21
B. CONSUMOS Y PRECIOS CON Y SIN PROYECTO	21
1. Consumo de la población conectada (No racionada)	21
2. Consumo de no conectados	22
3. Precios sin proyecto	22
4. Crecimiento de las tarifas	23
5. Crecimiento de la demanda	24
C. OFERTAS CON Y SIN PROYECTO	24

D.	PRECIOS DE EFICIENCIA	25
IV.	PASO DE LA EVALUACION COSTO BENEFICIO A LA UTILIZACION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA	26
A.	VENTAJAS DE LA UTILIZACION DE INDICADORES SENCILLOS	26
B.	CONSTRUCCION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA	26
C.	APLICACION DE LOS INDICADORES A LA TIPOLOGIA	29
D.	SELECCION DE INDICADORES	31
E.	CRITERIOS ADICIONALES	32
V.	RESULTADOS PRELIMINARES	32
A.	COSTOS POR COMPONENTES	33
B.	COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS	33
C.	INDICADORES COSTO EFICIENCIA EN LOS PROYECTOS DE MEJORAS	36
 ANEXOS		
ANEXO 1	LA ESTIMACION ECONOMETRICA DE LA DEMANDA DE AGUA	41
ANEXO 2	CUANTIFICACION DE PERDIDAS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE	51
ANEXO 3	COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE ACUEDUCTOS	62
ANEXO 4	RAZONES PRECIO CUENTA DE ELEMENTOS DE ACUEDUCTOS	72
ANEXO 5	INSTRUCTIVO Y FICHA DE CAPTURA DE DATOS	75
ANEXO 6	ANALISIS DE COSTOS DE CONSTRUCCION	80
ANEXO 7	APLICACION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA EN MEJORAS (RESULTADOS PRELIMINARES)	87

PROLOGO

El presente documento es un primer avance del trabajo realizado en el Banco de Proyectos de Inversión Nacional de Colombia (BPIN), por un grupo interinstitucional para la elaboración de indicadores Costo -Eficiencia en el sector de agua potable.

Participaron en el grupo de trabajo las siguientes personas:

Francisco Mejía	Coordinador del BPIN (06-90 al 06-92)
Mario Loterszpil	Consultor ILPES
Luis Carlos Corral	Jefe División de Metodologías, D.N.P.
María Cristina Obregón	División de Metodologías, D.N.P.
Javier Velásquez G.	División de Metodologías, D.N.P.
Manuel Moreno	Unidad de Planeación P.N.R.
Humberto Ferreira	Consultor Programa AT - PAS
Gonzalo Medina	Consultor FINDETER
Adela Fonseca	CORPES Costa Atlántica

La elaboración del documento principal estuvo a cargo de Mario Loterszpil, Francisco Mejía y Luis Carlos Corral. Los anexos son trabajos realizados por los siguientes participantes del grupo:

- La Estimación Econométrica de la Demanda de Agua, Francisco Mejía.
- Agua no contabilizada en sistemas de abastecimiento, Gonzalo Medina y Manuel Moreno.
- Costos de Operación y Mantenimiento de Acueductos, Javier Velásquez y Gonzalo Medina.
- Razones Precio Cuenta de los Elementos de Acueductos, Javier Velásquez.
- Ficha de Toma de Información e instructivo para la captura de datos, María Cristina Obregón.
- Análisis de Costos de Construcción, Javier Velásquez y Gonzalo Medina.
- Aplicación de Indicadores Costo-Eficiencia en Mejoras, Luis Carlos Corral.

A las personas e instituciones mencionadas, el proyecto les agradece su contribución.

Edgar Ortegón
Director
Dirección de Proyectos y Asesoría
ILPES

INTRODUCCION

La utilización institucionalizada y sistemática de las herramientas asociadas con el Análisis Costo-Beneficio (ACB) es muy esporádica en los países de América-Latina, siendo aplicable solamente en muy pocos. En la mayoría de los países de la región la evaluación financiera y económica es inexistente e inclusive en muchos de ellos, se considera que la evaluación no cumple un papel importante en el proceso decisorio para la asignación de recursos^{1/}. Esta situación de no aplicación de un conjunto de herramientas, disponibles desde hace cincuenta años, coexiste con un esfuerzo sistemático de desarrollo metodológico aplicado en los bancos multilaterales de crédito^{2/}.

En general, puede afirmarse que solamente los proyectos sujetos a financiamiento de programas sectoriales de estos Bancos son sometidos a algún tipo de evaluación previa y control posterior, sin que este esfuerzo se haya generalizado en la práctica diaria de la preparación de los proyectos y presupuestos en los diferentes niveles de la administración pública. En particular, el sesgo del nivel central de las administraciones hacia los grandes proyectos de inversión intensivos en divisas (carreteras, sector eléctrico, telecomunicaciones, gran minería), ha conducido a la existencia de una clara dicotomía en la que coexisten en el presupuesto del nivel central este tipo de proyectos, con proyectos de desarrollo local y regional, que en general, adolecen de criterios de selección.

La coexistencia de este gran número de proyectos que no reciben ningún tipo de análisis previo, (y mucho menos control ex-post) y metodologías que se encuentran desarrolladas y probadas, se debe a que, en gran parte, el nivel medio de capacitación,

^{1/} Ver "El Marco Institucional y la capacitación de los recursos humanos en el ciclo de los proyectos" Juan Martin, Seminario IDE/ILPES sobre "Descentralización Fiscal y Bancos de Proyectos", Santiago, 1990.

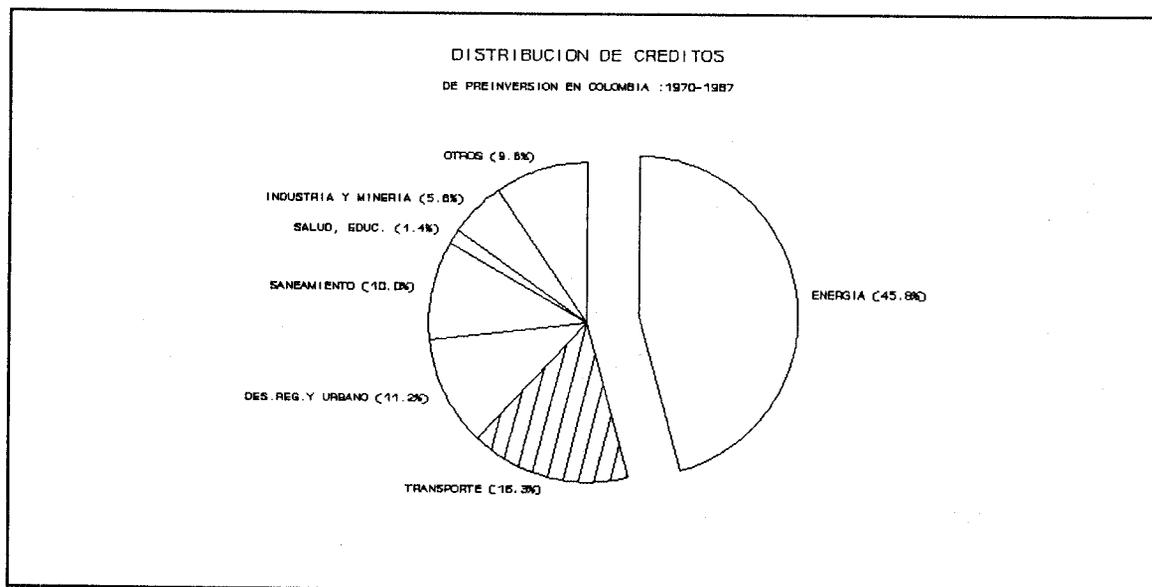
^{2/} El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial (BM) han desarrollado metodologías, computarizadas y no computarizadas, para evaluar proyectos de diversos sectores como carreteras, caminos vecinales, distritos de riego, acueductos, alcantarillados, sanidad animal, etc.

el tamaño reducido de muchos de los proyectos del nivel local implica que su evaluación detallada con los modelos existentes demandaría costos y tiempos que no se compadecen con su tamaño: (la relación costo estudio a costo total del proyecto sería extremadamente alta).

Esta disyuntiva no es reciente. Ante la carencia de metodologías de formulación y evaluación de proyectos y de personal entrenado en el sector público para realizar esta labor en América Latina, se procedió a la creación de "fondos de pre-inversión" en entidades generalmente adscritas a los entes centrales planificadores de la economía. Estos fondos de preinversión tuvieron como propósito la financiación de los estudios y trabajos de consultoría requeridos para que los proyectos públicos tuvieran algún tipo de análisis costo-beneficio previa su incorporación a los presupuestos centrales.

Los fondos de preinversión intentaron solucionar los problemas de carencia de personal capacitado, dispersión del gasto público etc., concentrando la información, la tecnología y los sistemas de información con el propósito de lograr algún grado de economías de escala en la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública. Estas economías de escala se articularon igualmente, con el tipo de inversiones públicas acometidas por el nivel central.

Gráfico 1



Fuente: Fondo Nacional de Proyectos de Desarrollo, FONADE, Informe Anual, 1988, Bogotá, Colombia.

La información disponible indica que, como se observa en el **Gráfico 1**, casi el 70% de los recursos crediticios de preinversión se ha destinado a sectores altamente intensivos en divisas (minería, energía y transporte) y típicamente asumidos por el sector central con una baja capacidad de multiplicación y réplica a nivel regional; y menos del 20% a proyectos que, por sus características son generalmente asumidos por las autoridades de los niveles locales tales como el desarrollo regional y urbano y el saneamiento urbano. Esta concentración de recursos en dos sectores y en pocos proyectos^{3/} ha sido similar a lo observado en el presupuesto del Gobierno Central, y se ha presentado paralelamente a un proceso de descentralización que ha estado huérfano de criterios para asignar eficientemente los recursos, que se han ido distribuyendo a los gobiernos locales en Colombia en la última década.

Este proceso de descentralización ha significado que una proporción creciente de la inversión pública esté siendo asumida por el sector público del nivel local. Entre 1980 y 1988 la participación del nivel central en la formación de capital público pasó del 69% al 55%, mientras que la participación de los municipios se incrementó del 22% al 33% en ese mismo período.^{4/}

La orfandad de criterios técnicos para la eficiente asignación de estos recursos locales, y los nacionales que los apalancan, refleja el hecho que los fondos de pre-inversión no estén en capacidad de asumir este reto con los mecanismos tradicionales de las últimas dos décadas. Se requiere de nuevos instrumentos que aseguren que el flujo continuo de proyectos, reflejo de las necesidades continuas de las comunidades, sea un flujo de proyectos eficientes.

El problema de la multiplicidad de proyectos por evaluar, la baja capacidad técnica de los agentes involucrados y la presencia de fondos internacionales listos para apalancar los recursos de las autoridades locales, ha conducido a soluciones específicas a cada problema. Por lo general, se selecciona una muestra de proyectos,

^{3/} En el período 1987-1988, por ejemplo, el sector de Energía absorbió más del 50% de los recursos del FONADE representando menos del 15% en el número de las solicitudes aprobadas de crédito.

^{4/} Cecilia M. Vélez: "La descentralización fiscal en Colombia, la transferencia del IVA y el sistema de crédito territorial", Ponencia al Seminario IDE-ILPES sobre **Descentralización Fiscal y Bancos de Proyectos**, Santiago de Chile, 1990.

se evalúan y se financian aquellos que pasan un conjunto de criterios previamente determinados. Sin embargo, por construcción, las conclusiones que se derivan de este tipo de muestras no pueden extenderse al universo de las tipologías cubiertas.

En síntesis, la dispersión y extensión del gasto público ha conducido a abordar el problema de su asignación eficiente con la evaluación de proyectos concretos que no asegura su aplicabilidad a proyectos similares en el futuro. Este mecanismo, si bien le asegura al prestamista un buen paquete para financiar, no le asegura al prestatario un flujo adecuado de proyectos futuros.

Adicionalmente, la evaluación exhaustiva a que son sometidos cada uno de los proyectos de este tipo de muestras, no puede ser reproducida para cada uno de los proyectos que en el futuro las autoridades o las comunidades quieran financiar.

La profundidad del proceso de descentralización en Colombia y la disponibilidad de recursos financieros para adelantar proyectos del orden local obliga, entonces, a pensar en mecanismos que aseguren que los requerimientos técnicos y económicos para la formulación de este tipo de proyectos sean rigurosos pero su aplicación para los agentes locales sea expedita y sencilla. Esta propuesta constituye un esfuerzo por dotar a las autoridades locales y nacionales con criterios rigurosos pero sencillos en su aplicación.

La estrategia propuesta en el presente documento intenta resolver el dilema anteriormente descrito: la mayoría de los proyectos locales (cofinanciados o no) son demasiado pequeños para ameritar un análisis completo y se requiere de indicadores sencillos que sintetizen su bondad.

El procedimiento descrito consiste en que una vez analizados en forma exhaustiva los proyectos de la muestra, se construyen **indicadores de costo eficiencia** a partir de los cuales, y con un grado de confiabilidad predeterminado puedan aceptarse o rechazarse proyectos en las tipologías cubiertas. Este procedimiento será común para todos aquellos sectores de inversión pública, particularmente municipal, en donde el costo de los estudios de factibilidad socio-económica es prohibitivo.

La extrapolación de indicadores de costo eficiencia a partir de muestras de proyectos es novedosa en la literatura técnica. Macdonald (1990) describe un procedimiento asimilable para el caso de los caminos vecinales en Costa Rica; y Gómez (1989), describe el procedimiento para el caso de los alcantarillados sanitarios en el Brasil. En el presente trabajo la innovación radica en el esfuerzo que se pretende adelantar en cuatro aspectos: (i) es la primera

aplicación relativamente masiva e independiente de un crédito sectorial de un Banco de Desarrollo y por lo tanto su aplicación no se limita a los fondos del crédito en cuestión sino pretende cubrir los recursos presupuestales y crediticios de la nación, (ii) la tipificación conduce a la cuantificación de criterios concretos para los proyectos, (iii) la representatividad estadística de los proyectos y de la población busca asegurar la extrapolación confiable estadística y técnicamente y (iv) la especificación econométrica y funcional de los modelos que relacionen beneficios con indicadores de costo.

En términos generales, el trabajo tiene por objeto adelantar evaluaciones completas de un conjunto representativo de proyectos del sector de agua potable y generar indicadores de costo eficiencia que permitan un análisis de rentabilidad sobre los proyectos futuros sin incurrir en el costo monetario, de tiempo y humano, que significa un análisis costo-beneficio completo para cada uno de los proyectos individuales.

Específicamente, el desarrollo metodológico propuesto, incluye los siguientes pasos:

■ Selección de un conjunto estadísticamente representativo de proyectos de agua potable, y de acuerdo a características comunes entre ellos, construir una tipología de los mismos, que permita más adelante realizar análisis por grupos de proyectos de carácter homogéneo.

■ Análisis completo costo beneficio para cada uno de los grupos de proyectos de la tipología definida en el numeral anterior, y estimación para los mismos, de indicadores de rentabilidad relevantes (VPN, TIR). Con tal objeto, se emplea el modelo SIMOP^{5/} que realiza evaluaciones costo beneficio utilizando como criterio principal en la estimación de los beneficios, el cálculo del cambio en el excedente del consumidor debido al proyecto, a partir de la construcción de curvas de demanda.

En este análisis se hace necesaria la elaboración de encuestas con el objeto de complementar los beneficios, ya que en el caso de poblaciones que no se encontraban conectadas al acueducto antes de la realización del proyecto, el impacto sobre los beneficios consiste además del cambio en el consumo de agua, de los ahorros de transporte (generalmente con medios ineficientes) y ahorros en

^{5/} Powers, Terry y Carlos Valencia: **Modelo de Simulación de Obras Públicas (SIMOP)**, Banco Interamericano de Desarrollo, Monografías de Análisis de Proyectos No.5 (Rev.1), Washington, 1978.

tiempos de los usuarios en la recolección y el tratamiento del agua consumida.

- Identificación de variables proxies de los beneficios ofrecidos por los diferentes proyectos tales como, metros cúbicos adicionales producidos, conexiones adicionales, etc.
- Estimación de indicadores costo eficiencia, como relación entre el costo total y la proxy de beneficios seleccionada.
- Correlación y modelaje de indicadores costo beneficio (TIR, VPN) contra indicadores de costo eficiencia (Costo por unidad de beneficio relevante), para determinar los puntos de corte y así establecer a un nivel de probabilidad previamente fijado, los valores de costo eficiencia por debajo de los cuales se reconocerá la bondad de los proyectos.

La aplicación de estos estimadores a cada nuevo proyecto será la exigencia básica de registro en el Banco de Proyectos de Inversión Nacional de Colombia. En resumen, todo lo que se solicitará será la información de costos de los proyectos y variables proxies de los beneficios, así se sabrá, con un grado predeterminado de certeza, qué proyectos son rentables y cuales no. En este tipo de análisis se busca aplicar rigurosamente los conceptos de evaluación económica y de análisis costo beneficio y producir una serie de procedimientos sencillos para su aplicación.

Siguiendo un ordenamiento acorde con el desarrollo metodológico, el presente documento se divide en cinco sesiones:

en la primera, se realiza la descripción de la muestra adoptada y la tipología de los proyectos de acueducto que la conforman según el propósito que persiguen.

En la segunda y tercera, se presenta el marco teórico y el funcionamiento del SIMOP para el análisis costo beneficio completo de cada uno de los proyectos, así como los supuestos simplificadores necesarios en su aplicación.

En la cuarta, se explica la forma como se pretende seleccionar y construir los indicadores costo eficiencia, así como su aplicación a cada tipo de proyecto.

En la última sesión se recomienda la necesidad de emplear criterios adicionales que complementen la aplicación de los indicadores costo eficiencia.

Adicionalmente se incorporan una serie de anexos, que permiten en algunos casos profundizar, y en otros complementar los aspectos

tratados en las diferentes secciones del documento. Los primeros cuatro, son investigaciones específicas en variables relevantes para el cálculo de la rentabilidad de los proyectos. El Anexo 5, presenta la ficha de levantamiento de información y su instructivo. Por último los anexos 6 y 7, muestran los resultados preliminares obtenidos en relación con costos mínimos de construcción e indicadores costos eficiencia en proyectos de mejoras.

I. TIPOLOGIA DE PROYECTOS

El análisis preliminar sobre demandas de financiamiento para proyectos de agua potable en Colombia condujo a diferenciar sistemas dirigidos a atender poblaciones urbanas y rurales y sistemas regionales. Sin embargo, en este trabajo se estudiarán los sistemas urbanos en cabeceras municipales con poblaciones entre 3000 y 100000 habitantes. Los proyectos en poblaciones con mas de 100.000 habitantes , rurales y regionales serán tratados en trabajos posteriores.

En el contexto mencionado, la elaboración de indicadores de costo eficiencia aceptables para una multiplicidad de proyectos diferentes ha requerido la construcción de una tipología representativa de proyectos.

La tipología propuesta tiene por objeto establecer indicadores de costo eficiencia aplicables a poblaciones con comportamientos similares en el consumo de agua, diferenciando los resultados según el objeto mismo del proyecto (mejoras, ampliaciones, ampliaciones y mejoras, etc.)

A. CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS

1. Componentes

En términos generales un sistema de agua potable se compone de:

- Fuente
- Bocatoma
- Bombeo
- Aducción
- Desarenador

- Conducción
- Tratamiento
- Almacenamiento
- Red de distribución
- Conexiones y medición

Comúnmente el diseño de los sistemas contempla atender una demanda en la red dada y cada componente se dimensiona para ese objetivo. En teoría, todos los componentes deben tener en promedio la misma capacidad de diseño; sin embargo, factores como las variaciones diarias u horarias en el consumo, exigen que unos componentes tengan mayor capacidad que otros. Igualmente, por razones tecnológicas los períodos de vida útil de los diferentes componentes son distintos.

Un diseño o dimensionamiento no óptimo de los componentes puede resultar en costos mas elevados para el conjunto del sistema y hacerlo no rentable. En este trabajo se ha incorporado el Anexo 6 en el que se consignan costos por componentes para diferentes rangos de capacidad.

2. Tecnologías y costos

En proyectos de agua potable es ya tradicional distinguir entre dos tipos de sistemas: aquellos que funcionan por gravedad y los sistemas por bombeo.

Para el primer caso la fuente de abastecimiento son aguas superficiales (ríos, quebradas etc.) y la conducción se hace aprovechando la diferencia de nivel entre la bocatoma y la distribución. En la mayor parte de estos proyectos no es necesaria la utilización de bombas y por tal motivo los costos de los proyectos se concentran en las inversiones; los costos de operación y mantenimiento son bajos.

Los sistemas por bombeo en cambio, se abastecen de aguas subterráneas y/o fuentes superficiales a un nivel mas bajo que la población a atender. En general este tipo de sistema tiene costos de explotación mayores por la utilización de energía en la operación y mantenimiento de las bombas y por la reposición de estas últimas.

En los sistemas de agua se presentan también economías de escala. Esto implica que, ceteris paribus, los costos medios de suministrar agua a poblaciones grandes sean menores que los costos medios de suministrar agua a poblaciones pequeñas. Igualmente construir sistemas con una vida útil mayor aprovecha economías de escala en la construcción de cada componente.^{6/}

**B. CARACTERISTICAS DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE
(Variables que influyen en las variaciones
de consumo)**

Las diferencias en el consumo y las variables que afectan la demanda de agua potable dependen del uso que se de al recurso: el agua potable es un bien básico de consumo final en los hogares y un bien de consumo intermedio para otros agentes económicos (industria, comercio, etc.).

Dadas las características de los municipios objetivo - municipios con cabeceras municipales entre 3000 y 100000 habitantes - se consideró mas importante estudiar el comportamiento del consumo de los hogares.

En el análisis econométrico realizado para un grupo de municipios de Cundinamarca y Valle con poblaciones urbanas entre los límites establecidos, se examinó la incidencia de las variables temperatura, población, ingreso y precio sobre el consumo de agua.

Este examen permitió inferir que las variables ingreso, precio y temperatura son significativas, es decir que influyen ciertamente en el consumo de agua potable. En cambio, en el rango considerado, la variable población no afectaría las variaciones del consumo (véase Anexo 1).

^{6/} Esta evidencia complicaría la construcción de indicadores válidos para cualquier rango de población y avala la metodología de realizar la investigación por rangos de población o tamaño de los municipios.

C. MUESTRA Y TIPOLOGIA DE LOS PROYECTOS

La información básica para la construcción de la muestra, fue obtenida de proyectos financiados por la FINDETER y cofinanciados por el PNR, las cuales son las entidades mas importantes en la financiación de acueductos en el país. Esta se capturó con base en la ficha de captura de datos, que puede observarse junto con su instructivo correspondiente en el Anexo 5.

La información fue obtenida, en las diferentes oficinas regionales de la FINDETER y en la oficina central del PNR, revisando todos los documentos disponibles sobre los proyectos, algunos de ellos contenían toda la información requerida para diligenciar la ficha de captura de datos, otros tenían serias deficiencias de información, que dificultaron el diligenciamiento de la ficha, perdiéndose de esta manera un gran número de proyectos de la muestra.

La muestra resultante está conformada por 86 proyectos distribuidos en todo el país de acuerdo a la cantidad disponible en cada una de las regionales visitadas.

Por esta razón, tal como fue la composición de la muestra resultante, las demandas de financiamiento se concentraron en proyectos que (a) reponen o amplían algunos componentes del sistema existente mejorando los niveles de calidad del servicio, en un 26%, (b) amplían la cobertura del acueducto, en un 14%, (c) una combinación de las anteriores, en un 58% y en un grado mucho menor, la construcción de sistemas nuevos en poblaciones que carecen del servicio, en tan solo 2%.

Este porcentaje tan bajo en demandas por sistemas nuevos se explica en el hecho que, actualmente Colombia cuenta con sistemas de agua en la mayoría de sus municipios. Las cifras existentes sobre cobertura del servicio indica que la población está medianamente bien atendida.^{7/}

A continuación se expone la tipología a emplear para proyectos de agua potable.

^{7/} La cobertura promedio en las cabeceras municipales con las características mencionadas es cercana al 75%.

1. Mejoras

Las mejoras propiamente dichas se presentan cuando uno o varios componentes esta representando un cuello de botella en el suministro.

Dada la existencia de economías de escala e indivisibilidades, esto ocurre frecuentemente, puesto que los diseños para cada componente tienen diferentes periodos de vida útil y es habitual que su utilización se lleve mas allá de lo técnicamente aconsejable.^{8/}

Estos proyectos producen habitualmente un incremento en las cantidades consumidas por usuarios ya conectados. Son, generalmente, incrementos moderados en el consumo de muchos usuarios.

2. Ampliaciones de sistemas

Las ampliaciones de cobertura provienen de proyectos de extensión de las redes y el número de conexiones de los sistemas. Adicionalmente, estos proyectos pueden estar asociados con un aumento en la cantidad de agua suministrada y/o con una mejor distribución de la capacidad existente.

En estos proyectos se presentan, generalmente, incrementos significativos en el consumo por usuario, en pocos usuarios no atendidos en la situación sin proyecto.

3. Ampliaciones y mejoras

Existen proyectos combinados de ampliación y mejoras. Estos proyectos generan incrementos en consumo de usuarios ya conectados e incrementos superiores en consumo de nuevos usuarios.

^{8/} Los proyectos de reposición de los componentes de los sistemas se realizan cuando se cumple la vida útil del componente, normalmente con el objeto de ampliar este período.

4. Proyectos nuevos

Los proyectos nuevos consisten en la construcción de todos los componentes del sistema, desde la bocatoma hasta la red. Estos proyectos producen incrementos importantes en consumo sobre un numeroso grupo de usuarios.

5. Proyectos de tratamiento

Los proyectos de mejora en la calidad del servicio consisten en la construcción o ampliación de los sistemas de tratamiento.

Estos proyectos generan una sustitución en el consumo de agua no potable por agua potable. En estos casos el incremento cuantitativo en el consumo puede no ser significativo, aunque también pudiera interpretarse que se pasa de una situación de "consumo cero" a una situación con proyecto de consumo potencial equivalente a la capacidad de suministro del sistema existente. (aunque la demanda efectiva dependa finalmente de la elasticidad y de la tarifa promedio).

6. Clasificación de los proyectos para la tipología

El análisis econométrico y la clasificación de acuerdo con el objeto han permitido construir una tipología de proyectos basada en dos variables : objeto o finalidad y temperatura.^{2/}

De esta manera , se podrá disponer de indicadores costo eficiencia para ocho tipos de proyectos de acuerdo con lo que se muestra en la tabla 1.1.^{10/}

^{2/} La variable ingreso , aun cuando resultó significativa en las estimaciones econométricas no se incorporó a la tipología por la escasez de estadísticas actualizadas sobre ingresos en el nivel de municipios. Adicionalmente esta información corresponde a promedios municipales (ver anexo 1).

^{10/} En cada uno de los casilleros que forma la tabla se ha escrito la sigla o símbolo que se utilizará para identificar los respectivos indicadores, por ejemplo CEPNMC significa indicador de Costo Eficiencia máximo para Proyectos Nuevos en Municipios Cálidos. La temperatura adoptada para separar los municipios fríos de los municipios cálidos es 19 grados centígrados.

TABLA 1.1

TIPOLOGIA DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE EN COLOMBIA

OBJETO DE LOS PROYECTOS	TEMPERATURAS	
	Municipios cálidos	Municipios fríos
Proyectos nuevos	CEPNMC	CEPNMF
Ampliaciones	CEPAMC	CEPAMF
Mejoras	CEPMMC	CEPMMF
Ampliaciones Mejoras	CEPXMC	CEXPWF

7. Proyectos de tratamiento de agua

Los proyectos de tratamiento para mejorar la calidad del agua consumida serán estudiados por separado con el objetivo de generar indicadores de costo eficiencia mínimo. El supuesto adoptado, en este caso, es que existiendo el sistema de producción y distribución y seleccionada la alternativa de mínimo costo, los beneficios no son, en ningún caso, inferiores a los costos. Se admite, sin embargo, que en ciertas situaciones, puede utilizarse una metodología de evaluación contingente - cuando existe suficiente información acerca de los perjuicios que importa consumir agua de mala calidad - o de ahorro de costos cuando se verifica que en los hogares se realizan gastos para potabilizar el agua.

II. MODELO DE SIMULACION DE OBRAS PUBLICAS (SIMOP)

El análisis de una muestra de proyectos tendrá por objeto establecer los índices de costo eficiencia aceptables (costos por usuario o suscriptor en el caso de proyectos nuevos, por ejemplo), con la finalidad de que en el futuro se cuente con un instrumento sencillo de evaluación de los proyectos de agua potable que se presenten para su financiación o cofinanciación con recursos del Presupuesto General de la Nación.

Para establecer estos parámetros de costo eficiencia se realizará una correlación entre indicadores de rentabilidad y de costo eficiencia en los proyectos seleccionados de la muestra.

El análisis de los beneficios se realizará con base en la disposición a pagar por el agua (DAP), de los beneficiarios de las obras, con la metodología SIMOP.

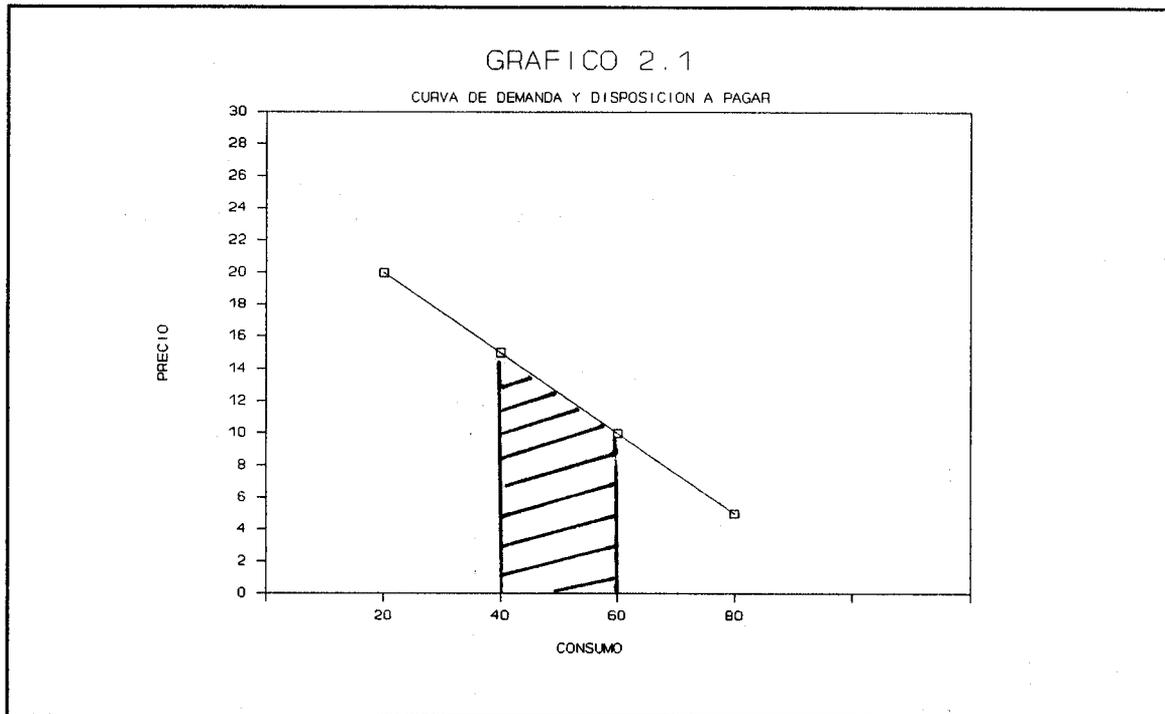
A. MARCO TEORICO DEL MODELO

SIMOP fue desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo con el propósito de evaluar proyectos de expansión de los servicios de agua potable en el sector urbano. Sin embargo es utilizable en otros proyectos de infraestructura en donde el servicio que se ofrece tiene características similares al agua potable (energía eléctrica, telefonía, etc.).

El modelo centra el análisis de beneficios en el cambio de las cantidades consumidas de agua : un cambio en la cantidad de agua ofrecida por un determinado proyecto permite que los consumidores aumenten el consumo, produciéndose un desplazamiento sobre su curva de demanda. El agua consumida tiene un valor económico que se cuantifica según las preferencias individuales de sus consumidores. Estas preferencias se revelan conociendo la curva de demanda; frente a una determinada cantidad de agua ofrecida, los consumidores están dispuestos a pagar un precio determinado.

Cada punto sobre la curva de demanda (relación cantidad-precio) indica cual es la disposición a pagar (DAP) de los consumidores, dado ese consumo total. De acuerdo con las evidencias de numerosos estudios realizados sobre el consumo de agua, la DAP por una unidad adicional de agua disminuye a medida que aumentan las cantidades consumidas (pendiente negativa de la curva).

Explorados ciertos datos básicos que influyen en el consumo de agua potable - grupos de consumidores, consumo medio, disposición a pagar, elasticidad -, el modelo construye la curva de demanda del mercado para cada tipo de consumidores y cuantifica el área bajo las curvas de demanda como aproximación a la sumatoria de las disposiciones a pagar individuales. El beneficio bruto de los sistemas es equivalente a la sumatoria de estas áreas. (véase Gráfico 2.1.)



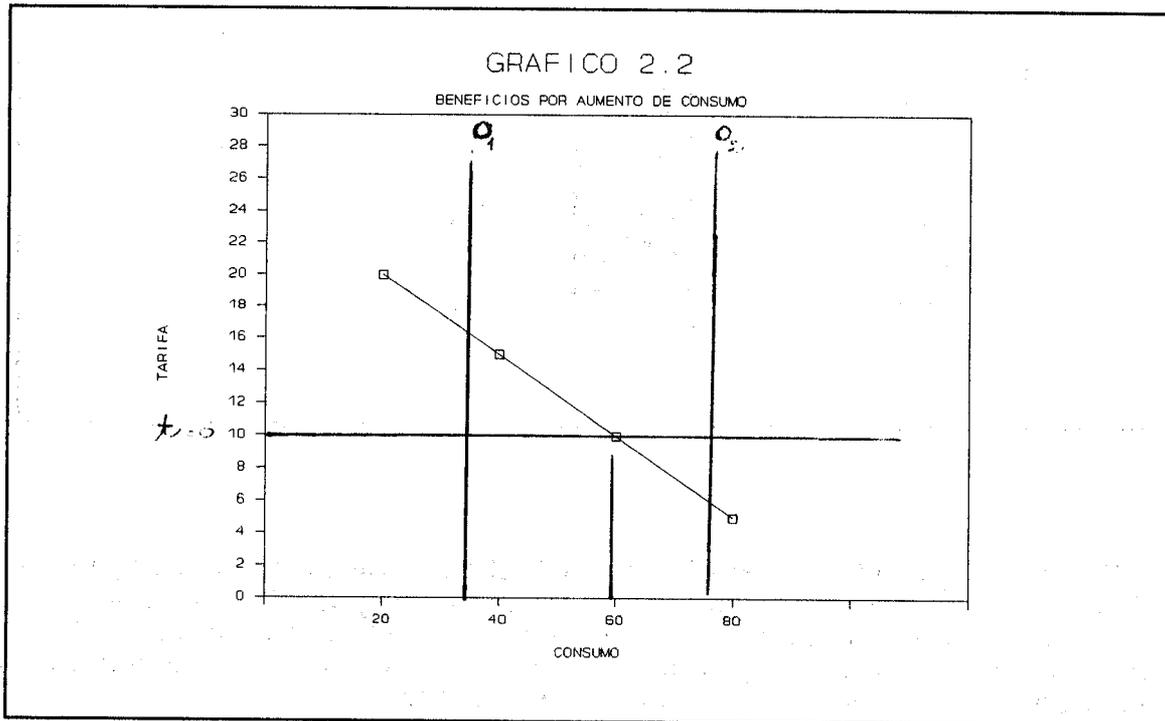
El modelo permite cuantificar el ahorro de recursos utilizados en sistemas alternativos por los mismos grupos de consumidores, generalmente determinados por ahorros en el transporte del agua con medios ineficientes y ahorros en tiempos de los usuarios en recolección y tratamiento de agua consumida.

En los casos en los cuales se incorporan nuevos consumidores al sistema, el SIMOP calcula el ahorro de recursos a partir de su valor económico. Para ello se utiliza el precio económico del recurso con fuentes alternativas a la del proyecto y la cantidad promedio consumida de estos usuarios en la situación sin proyecto.

B. VARIABLES UTILIZADAS Y PROCESO DE CALCULO EN EL SIMOP

El SIMOP permite la incorporación de hasta un máximo de cinco grupos de consumidores para los cuales se define la curva de demanda del grupo y la situación de oferta con y sin proyecto. Establecidas estas variables y teniendo en cuenta los niveles tarifarios, se calculan los consumos con y sin proyecto y se sitúan sobre la curva de demanda. Luego se estima el área bajo la curva que corresponde a la disposición a pagar por el cambio en el consumo (véase Gráfico 2.2).

Este análisis se realiza para cada año de vida útil del proyecto debido a que se presenta un desplazamiento de la curva de demanda por variables diferentes a la tarifa (crecimiento de la población ingreso, etc.).



La incorporación de los costos se realiza suponiendo costos de inversión, costos de operación fijos y costos de producción variables.^{11/}

Finalmente se comparan beneficios y costos, obteniéndose los indicadores de rentabilidad - TIR y Valor Presente Neto - para una tasa de descuento predeterminada.

III. SUPUESTOS SIMPLIFICADORES

La información básica requerida para el uso del simop en la evaluación de la rentabilidad social de los proyectos, tal y como se mencionó en la descripción de la muestra se recopiló a partir del examen de numerosos proyectos cuya documentación incluía desde los estudios de diseño de los acueductos hasta las solicitudes de crédito para su financiación. En ese sentido, la información disponible para el conjunto de proyectos analizados, era bastante heterogénea y no especialmente diseñada para el análisis con Simop. Se impuso la necesidad de acudir a simplificaciones que permitieran homogeneizar y estandarizar el proceso de incorporación y análisis de datos.

A continuación se examinarán estos supuestos así como las razones por las que se adoptaron, las cuales se encuentran relacionadas de un lado, con el mismo modelo de evaluación, como el tipo de demanda a utilizar. Y de otro, con la posibilidad de no requerir de estudios detallados de las conductas de los consumidores de agua, aplicando así parámetros deducidos de estudios realizados con anterioridad.

A. ELASTICIDADES Y CURVAS DE DEMANDA

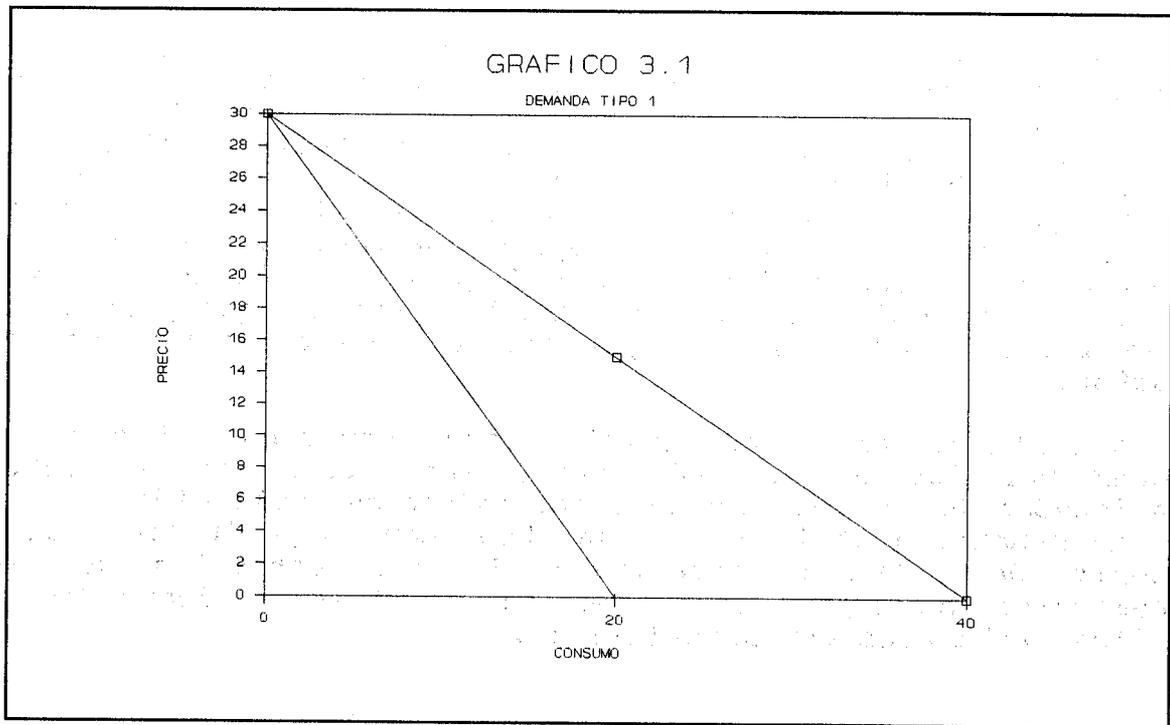
Los beneficios de los proyectos dependen de las elasticidades de demanda-precio y de su variación a lo largo de la curva. Es conveniente, por lo tanto, comenzar haciendo referencia a las restricciones sobre la naturaleza de las curvas que pueden utilizarse para el análisis y valores de elasticidad precio que se adoptan en las corridas del SIMOP.

^{11/} Los costos son también valorados a precios económicos.

1. Curvas de demanda

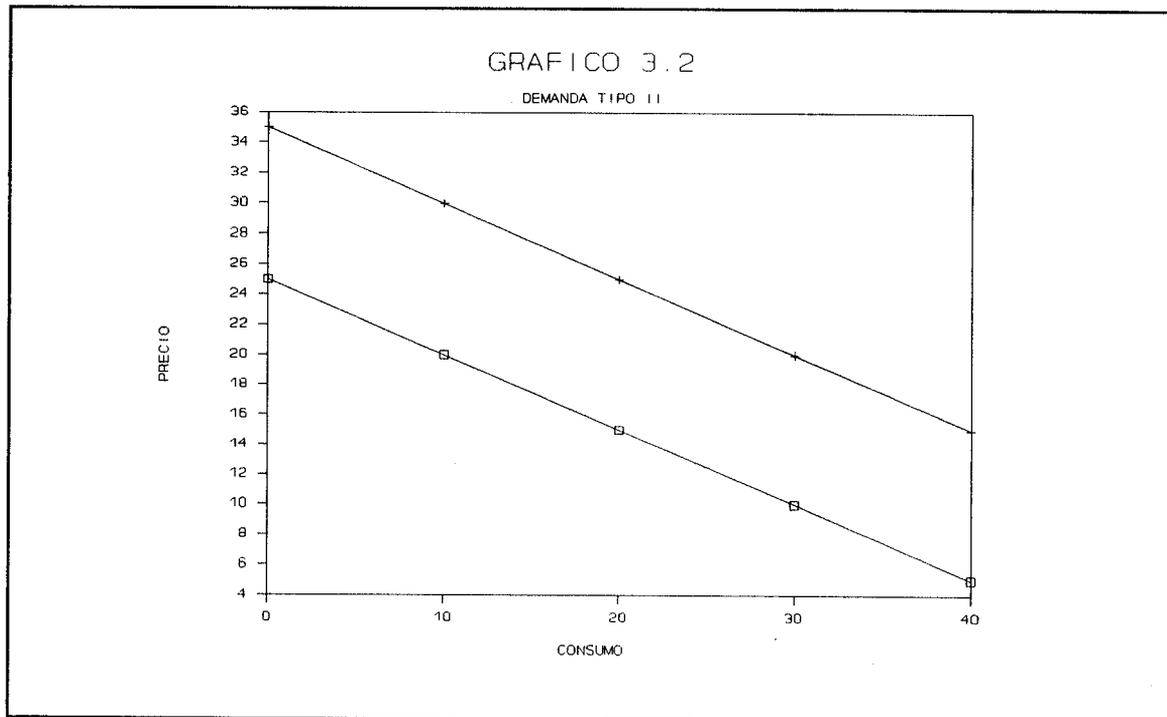
El modelo SIMOP permite evaluar beneficios bajo tres hipótesis alternativas de construcción y desplazamiento anual de las curvas de demanda :

- curva de demanda lineal, con elasticidad precio constante para un nivel determinado de precios (demanda de tipo I);



El desplazamiento en la curva de demanda se realiza manteniendo sin cambios la elasticidad precio y desplazando el consumo de acuerdo con la tasa de crecimiento de la demanda preestablecida.

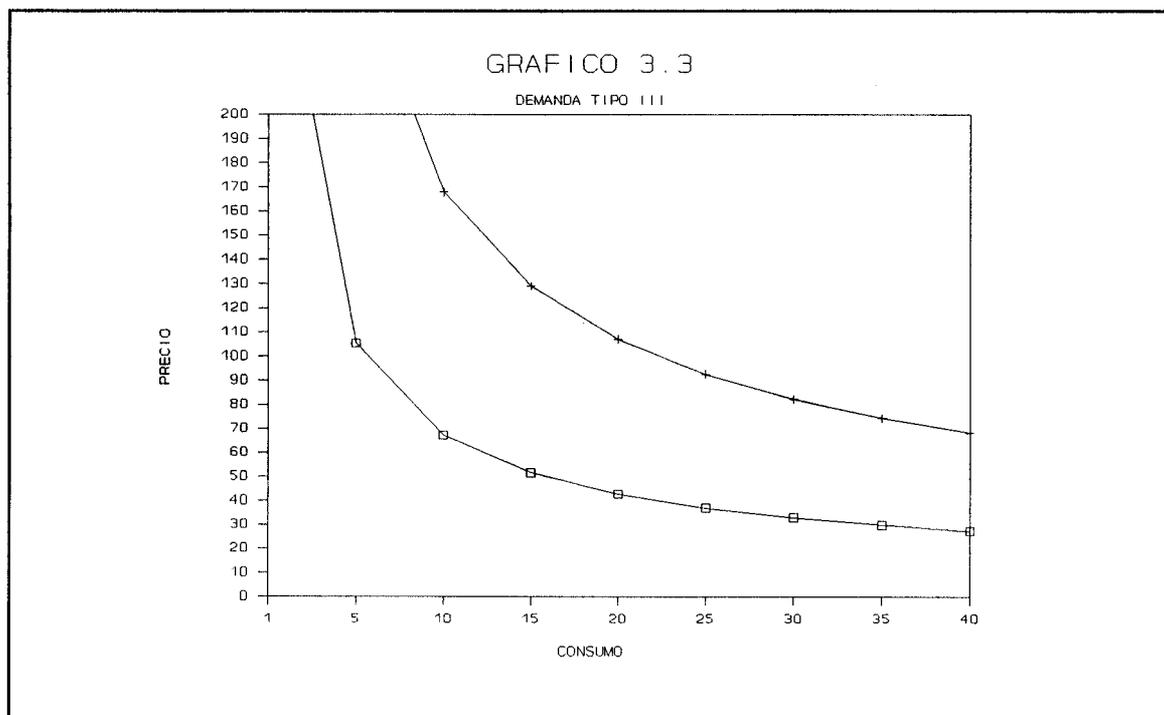
- curva de demanda lineal, con pendiente constante, para un determinado nivel de consumo (demanda de tipo II);



En este caso, el desplazamiento del nivel de consumo en el tiempo implica sucesivas reducciones de la elasticidad precio.

- curva de demanda con elasticidad precio constante a lo largo de toda la curva (demanda del tipo III).

Los análisis preliminares llevados a cabo en el desarrollo del presente documento señalan la conveniencia de utilizar curvas de tipo II para explicar los beneficios por desplazamientos de consumo en ampliaciones de sistemas - poblaciones actualmente no conectadas que pasarán a conectarse una vez concluida la ampliación de la red.



- y curvas del tipo III para las variaciones moderadas en los consumos, generalmente inducidas por los proyectos de mejoras.

Es conveniente especificar las curvas del tipo II con dos puntos consumo-precio - que permiten construir la recta - mientras que las del tipo III se pueden construir conociendo la elasticidad y un punto de la curva. Esto minimiza el error de proyección en el consumo.

Por esta razón, (a) las elasticidades deben conocerse "a priori" en proyectos para los que se utilizan curvas del tipo III; (b) en los restantes casos, la elasticidad puede calcularse en los puntos de consumo con y sin proyecto mediante técnicas matemáticas convencionales.

2. Cálculos de elasticidad en el consumo de agua en Colombia

Existen estudios sobre elasticidades ingreso y precio del consumo de agua en Colombia.^{12/} Sin embargo, durante la etapa de preparación de la metodología de análisis, se examinaron nuevas evidencias y se ajustaron especificaciones econométricas diferentes a las utilizadas en los estudios mencionados.

El análisis econométrico - que se explica con mayor detalle en el Anexo 1 - ha permitido modificar algunas conclusiones y ajustar los valores de elasticidades a utilizar en la demanda del tipo III. Asimismo, en este análisis, se descartaron diferentes especificaciones que, aunque consistentes desde el punto de vista econométrico, no encontraban una clara fundamentación empírica.

Se lograron valores aceptables - y consistentes con los que se obtuvieron en estudios anteriores basados en encuestas^{13/} - en municipios con temperaturas mayores a 19° grados C. Para estos municipios, el valor de la elasticidad precio adoptado es -0.35.

En los municipios con temperaturas inferiores a la mencionada no se obtuvieron resultados satisfactorios a partir de la información recogida en las empresas de agua y se ha estimado conveniente estimar la elasticidad precio a partir de información de nuevas encuestas.

B. CONSUMOS Y PRECIOS CON Y SIN PROYECTO

1. Consumo de la población conectada (no racionada)

La construcción de la curva de demanda se puede realizar a partir del punto en el que los consumidores conectados se sienten satisfechos con la cantidad de agua que consumen a la tarifa existente. Esta información puede obtenerse de registros actuales de las empresas de servicios y corroborarse con base en encuestas a usuarios conectados no racionados.

^{12/} Valenzuela, Botero, Escobar y Mercado. Metodología de la Evaluación Económica de Proyectos de Ampliaciones en el suministro de Agua Potable: Aplicación al caso de Bogotá.

^{13/} Valenzuela, et al., op cit., estudio sobre el Municipio de Apartadó.

Sin embargo, el nivel de consumo que se adoptará en definitiva para estas poblaciones debe relacionarse a la tarifa que prevalecerá en el largo plazo y que, no necesariamente, es la tarifa actual. Establecida esta tarifa, será necesario redefinir el consumo de los conectados en la situación con proyecto, con base en el punto de intercepción de la nueva tarifa con la curva de demanda.

2. Consumo de no conectados

El consumo de la población no conectada será estimado con base en encuestas. En este sentido, se ha considerado aceptable adoptar la hipótesis por la que el nivel medio de consumo de agua es aproximadamente el mismo en poblaciones de condiciones socio económicas homogéneas y que acuden a similares fuentes de abastecimiento. Por esta razón no se ha considerado necesario levantar encuestas en todos los sitios donde se registran proyectos que abastecen de agua a poblaciones no conectadas.

3. Precios sin proyecto

Como consecuencia de los supuestos adoptados, no se requerirá tampoco en todos los casos, una valoración del precio en la situación sin proyecto por medio de la información obtenida a través de encuestas.

a) En los proyectos de mejoras, establecida la elasticidad con la que se construye la curva de tipo III y, el punto de consumo con proyecto que se determina con la lectura de los registros de la empresa para los usuarios no racionados, se puede obtener el precio sin proyecto teniendo en cuenta la capacidad de oferta en esta situación.

En este tipo de proyectos, no se requerirán encuestas, siempre y cuando los rangos de variación de consumo justifiquen el cálculo de precio sin proyecto mediante aplicación de una curva del tipo III y se conozca "a priori" el valor de la elasticidad a aplicar.

El método es aceptable dentro de rangos no muy significativos de variación del consumo.

b) En las ampliaciones de sistemas, se puede construir la curva de demanda lineal con base en dos puntos: (i) el que vincula el consumo que se realiza de fuentes alternativas (pozos, piletas, tanqueros y otros), con los costos en que incurran los usuarios por

disponer del agua en estas condiciones; (ii) el que relaciona el consumo con el precio de la población conectada no racionada; una vez construida la curva se establece el precio de la fuente alterna en el punto de consumo real obtenido de las encuestas.

4. Crecimiento de las tarifas

El SIMOP evalúa el beneficio económico tomando en cuenta la tarifa que se aplica con el proyecto ejecutado, para una situación sin racionamiento. Esta tarifa puede variar durante la simulación - produciéndose cambios en los beneficios esperados de los proyectos - teniendo en cuenta, por ejemplo, probables modificaciones en la política tarifaria.

Actualmente, en Colombia existe enorme variabilidad de tarifas de agua potable y no sería lógico establecer una tarifa específica para cada uno de los proyectos de la muestra, toda vez que el análisis tiene por objetivo producir un grupo de indicadores que vincule rentabilidad y costos con validez general para el país.^{14/}

Con el fin de dar homogeneidad a estos resultados se establecerá un nivel de tarifas en la situación con proyecto que represente lo mejor posible los objetivos del país en esta materia. El examen de los antecedentes sobre políticas de tarifas ha permitido inferir que en el mediano plazo éstas deberían recuperar, como mínimo, costos de operación y mantenimiento de los sistemas. Por esta razón, se ha indagado en el valor que estos tienen en diferentes sistemas y se adoptó el nivel promedio de los mismos como tarifa aplicable a todos los proyectos (véase Anexo 3).

^{14/} Si se asumiera que cada municipio tendrá tarifas muy diferentes en el mediano plazo, este indicador o grupo de indicadores no sería concluyente con respecto a los costos máximos que podría soportar cada comunidad en relación a sus proyectos de agua. Una orientación sobre la metodología a emplear y los costos por componente según la tecnología y escala es lo máximo que podría hacerse para orientar la formulación de los proyectos.

5. Crecimiento de la demanda

Los beneficios de los proyectos de agua potable varían de acuerdo con las hipótesis que se adoptan para las tasas de crecimiento de la demanda.

Las diferentes situaciones que se presentan en las localidades que sirven de asiento a los proyectos de la muestra y los diferentes enfoques de cada uno de ellos han llevado a la necesidad de adoptar supuestos sobre crecimiento de la demanda.

Para ello se han distinguido dos tipos de situaciones:

a) Demanda de usuarios conectados medidos, no medidos e ilegales, los cuales no crecerán, aplicándoseles una tasa de crecimiento igual a cero.

b) Demanda de nuevos usuarios, tratados con la misma suposición anterior del crecimiento igual a cero.

Estas dos situaciones se sustentan dado que si se supone una tasa de crecimiento, ya sea la prestacional u otra, deberían de incorporarse al proyecto unos costos adicionales por las conexiones de nuevos usuarios. Así, se garantiza que los beneficios obtenidos corresponden realmente a los costos del proyecto.

C. OFERTAS CON Y SIN PROYECTO

Los proyectos que se incorporan a la muestra contienen información sobre la capacidad teórica de los sistemas - actual y futura - , sin especificar la oferta real disponible a la que tendrán acceso los usuarios. La diferencia es , naturalmente, el nivel de pérdidas. Por esta razón, la información sobre capacidad contenida en cada uno de los proyectos, se ajustará por coeficientes de pérdidas.

La insuficiencia informativa en los documentos analizados ha conducido a la necesidad de indagar con mas detalle la situación actual de los sistemas de agua potable en Colombia, contando con que la investigación produciría una mejora en el nivel de la información disponible y necesaria para determinar la oferta en cada proyecto.

Sin embargo, los datos disponibles en trabajos realizados en el país, aunque permiten conocer los porcentajes de agua producida y no facturada, no aportan información sobre la incidencia separada de las pérdidas técnicas y no técnicas (véase Anexo 2)

Adicionalmente, se ha realizado una comparación entre el número de viviendas conectadas a sistemas de agua potable que figuran en el Censo de Población y Vivienda de 1985 y las conexiones registradas por las empresas. Se ha podido constatar así la incidencia del agua no facturada por conexiones no registradas.

Por estas razones, se han definido los siguientes criterios:

a) Dado que una parte de la oferta sin y con proyecto beneficia a usuarios conectados y no registrados - y, por lo tanto, no deben considerarse pérdidas que afectan la capacidad de los sistemas - se adoptó el criterio de incluir estos usuarios dentro de un grupo adicional de consumidores con tarifas iguales a cero.

b) Las pérdidas técnicas tendrán un tratamiento separado: en el anexo mencionado se ha propuesto afectar las capacidades teóricas con y sin proyecto con coeficientes de pérdidas que dependen de los componentes que se reemplazarían en cada proyecto - si son proyectos de mejoras - o mantener un coeficiente teórico aproximado en el caso de los proyectos de ampliaciones (véanse los cuadros al final del Anexo 2).

D. PRECIOS DE EFICIENCIA

En los proyectos incorporados a la muestra es necesario transformar los valores de costos periódicos y no periódicos a precios económicos, mediante la aplicación de razones de precios de cuenta válidas para Colombia.^{15/} Con la finalidad de facilitar la mencionada transformación en una cantidad tan numerosa de proyectos se adoptó un conjunto fijo de RPC aplicables a nivel de los macro-componentes de las obras (tomas, conducciones, redes, etc). Para ello se adelantaron estudios sobre aplicación de RPC a presupuestos detallados de obra en proyectos representativos y se obtuvieron resultados de RPC consolidados a nivel de los componentes (véase el Anexo 5 para una explicación mas detallada del procedimiento).

^{15/} Se utiliza para este propósito el estudio " Estimación de Precios de Cuenta para Colombia" Héctor Cervini y otros, DNP-BID, 1990.

IV. PASO DE LA EVALUACION COSTO BENEFICIO A LA UTILIZACION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA

A. VENTAJAS DE LA UTILIZACION DE INDICADORES SENCILLOS

A continuación se resumen las características del modelo planteado para la construcción de los indicadores costo eficiencia.

Con la utilización de estos indicadores se hace un análisis sobre la eficiencia económica de los proyectos, es decir se mide el impacto que generan sobre sus beneficiarios. Este hecho permite trabajar sobre un total de costos por proyecto sin necesidad de establecer el tipo de componente afectado. Interesa desde este punto de vista, que las inversiones que se realizan, tengan un efecto sobre el cambio en el consumo de los usuarios.

Las razones para utilizar este tipo de indicadores en el caso específico de agua potable, se han presentado a lo largo del documento. Estos se sintetizan en los siguientes puntos:

- **Requerimientos de Información:** la utilización de indicadores costo eficiencia reduce la necesidad de información manteniendo los mismos objetivos de evaluación.
- **Homogeneidad en la cuantificación de los beneficios:** la utilización de indicadores costo-eficiencia calculados a partir de análisis en los cuales se utilizan criterios comunes (ver punto III) garantiza que los proyectos se evalúen con la misma unidad de medida.
- **Efectos prácticos:** La utilización de estimadores costo-eficiencia agiliza el proceso de evaluación en proyectos sencillos y de bajo costo.

B. CONSTRUCCION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA

La construcción de indicadores costo eficiencia se hace partiendo de un marco conceptual en el cual el indicador de rentabilidad de los proyectos (Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, etc.) es una variable que depende de una o varias

características de los mismos. Así se establece una función de la forma:

$$IR^{(i)} = F(\#Us(i), Pob(i), Tecn(i), Cosu(i), Ingp(i), Tar(i), etc.)$$

en la cual:

IR (i)	:	Indicador de Rentabilidad
#Us(i)	:	Numero de Usuarios del proyecto i
Pob(i)	:	Población del Municipio en el que se lleva a cabo el proyecto (i)
Tecn(i)	:	Tecnología del sistema de Agua del Proyecto
Ingp(i)	:	Ingresos de la Población afectada
Tar(i)	:	Tarifas que se van a implementar en la situación con proyecto
Cosu(i)	:	Costos unitarios de los proyectos
Temp(i)	:	Temperatura en el Municipio(i)

Esta función es aplicable puesto que en el cálculo de indicadores de rentabilidad se comparan los costos totales y los beneficios totales de los proyectos. De una forma mas desagregada es común encontrar funciones en las cuales los costos totales se explican por variables como la tecnología, la calidad de los componentes y parámetros dados de capacidad, características de diseño etc. Igualmente es posible establecer una función de beneficios explicada por el cambio en el consumo obtenido, las características de los beneficiarios, la situación antes del cambio etc.

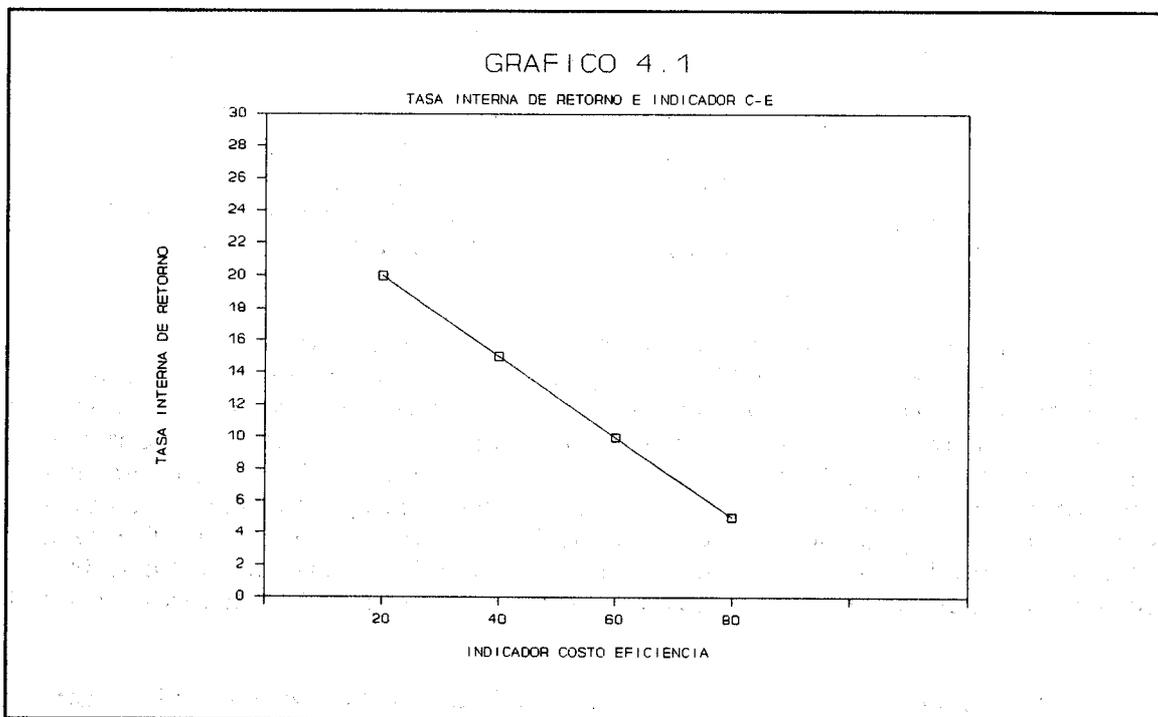
Al construir un indicador costo-eficiencia se intenta combinar los costos de los proyectos y una variable relacionada con los beneficios. Es decir se simula con una menor precisión el análisis costo-beneficio. Con el objeto de minimizar el error obtenido se debe encontrar el indicador que permita una correlación alta con el indicador de rentabilidad (VPN, TIR, etc.). Aun cuando esta correlación esta garantizada por construcción, la especificación del modelo debe incluir otras variables que asegure obtener coeficientes significativos y robustos.

La relación entre estos dos indicadores se puede expresar en una función del siguiente tipo:

$$IR(i) = a + b CE(i) + c(j) otras(i) + e$$

en la cual CE representa el indicador costo eficiencia ,otras indica variables adicionales que explican el modelo (tecnología, temperatura,población, etc.) , a, b y c(j) son parámetros estimados del modelo y e recoge los errores de estimación.

Se espera que la relación entre IR (Indicador de Rentabilidad) y CE (Indicador Costo Eficiencia) sea inversa, es decir, que b tenga signo negativo como se observa en la siguiente gráfica:



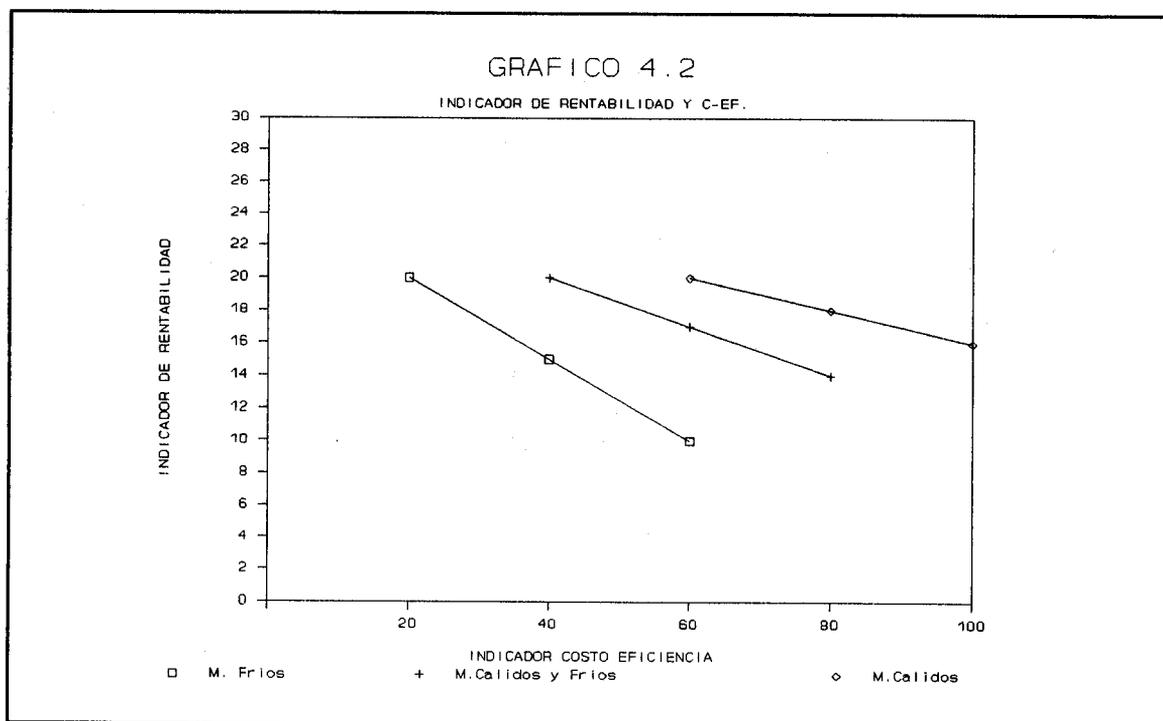
Establecida la relación y dado un punto de corte en el indicador de rentabilidad por encima del cual "la sociedad considera económicamente rentable los Proyectos" , se determina un valor en el indicador de costo - eficiencia para el cual es rentable el proyecto a un nivel de confiabilidad preestablecido (90 o 95%).(gráfico 4.1).

C. APLICACION DE LOS INDICADORES A LA TIPOLOGIA

En el punto II se explica cómo la rentabilidad de los proyectos es afectada por múltiples variables, esto hace recomendable establecer indicadores costo eficiencia por tipo de proyecto. Con esto se mejora la calidad de los resultados y el efecto que éstos tienen en las decisiones de inversión.

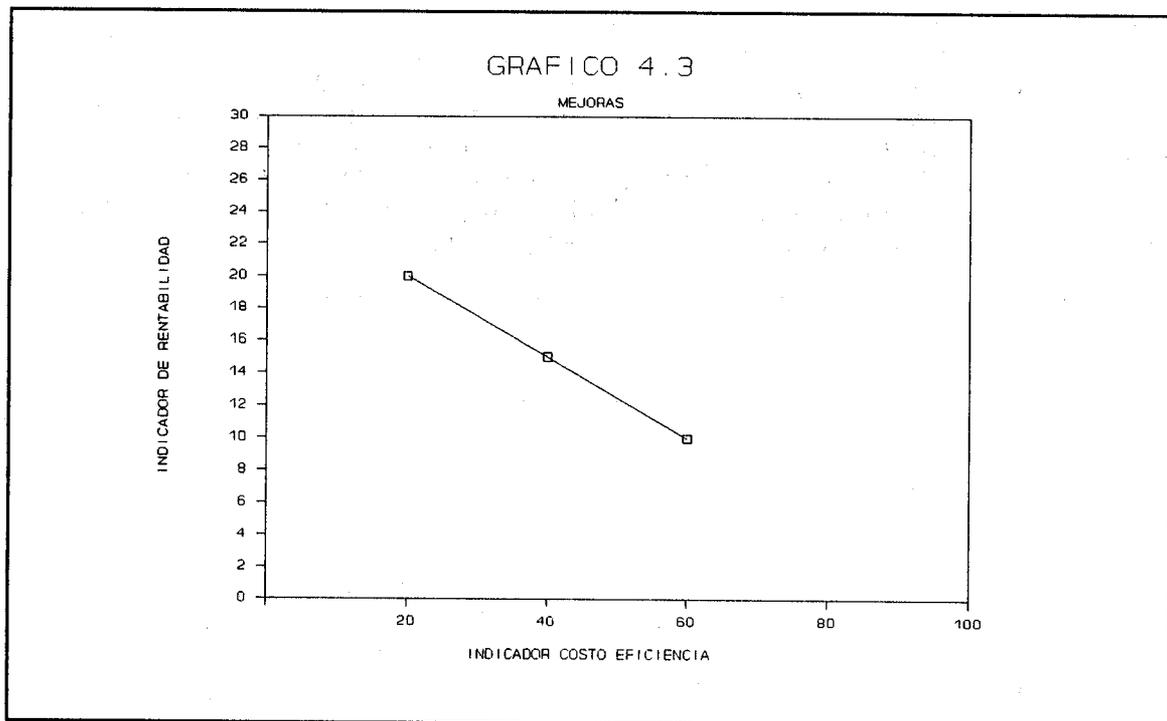
Dada la tipología propuesta, el comportamiento de los indicadores costo beneficio varían tanto en su tendencia como en los puntos de corte que se determinen.

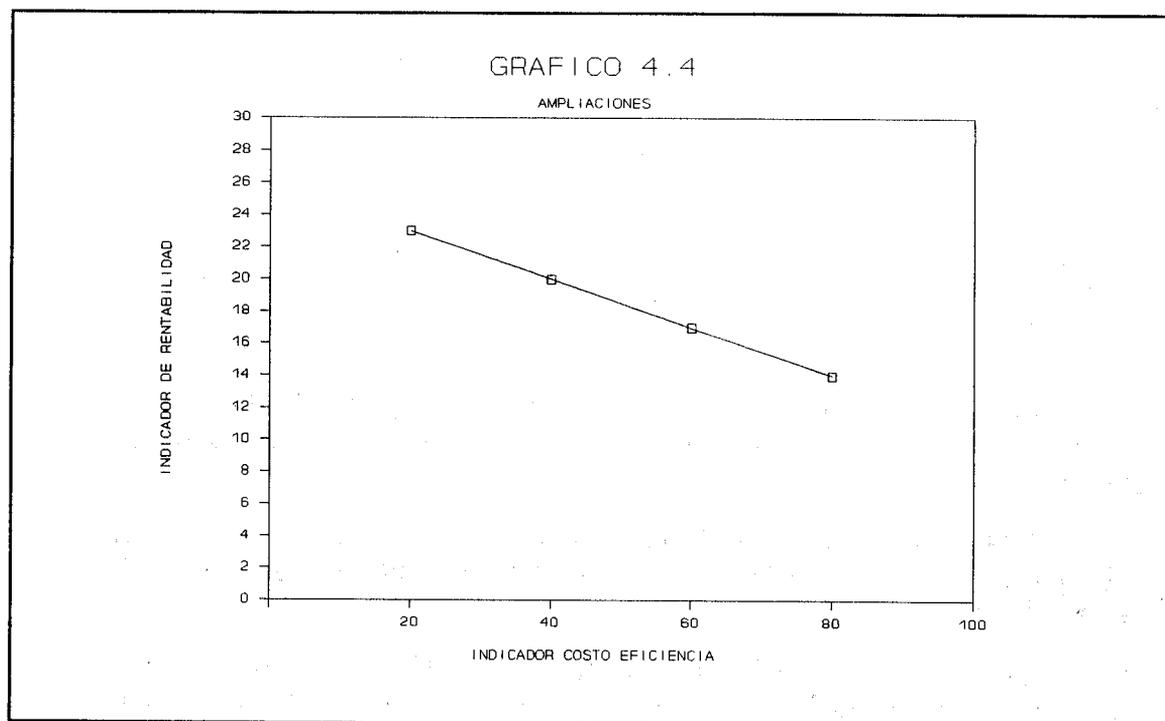
Este caso se presenta por ejemplo en la comparación de proyectos en municipios cálidos y fríos. En los primeros la disposición a pagar por unidad adicional de agua es mayor y por lo tanto los beneficios generados por un mismo cambio en la cantidad ofrecida es mayor. Manteniendo constante las otras variables, la rentabilidad de los proyectos en tierras cálidas es mayor a la rentabilidad en tierras frías. Esto genera relaciones entre indicadores de rentabilidad e indicadores costo eficiencia tales como las que se muestran en el gráfico 4.2.



La utilización de un indicador por cada tipo de municipios (cálidos y fríos), genera mejores resultados que un indicador promedio para las dos tipologías; este último castigaría erróneamente proyectos en zonas cálidas y favorecería a los proyectos en zonas frías.

Esto ocurre igualmente al considerar el tipo de proyecto que se lleva a cabo (mejoras, ampliaciones o proyectos nuevos). Las relaciones entre VPN e indicadores Costo-Eficiencia tienen comportamientos significativamente diferentes en cada uno de ellos (ver gráfico 4.3 y 4.4).





D. SELECCION DE INDICADORES

En proyectos de ampliaciones se investigará la correlación entre el Valor Presente de los Beneficios y los costos por número de nuevas conexiones.

En proyectos de mejoras las variables relevantes para la construcción del indicador Costo-Eficiencia son:

- VPN Costos Totales
- # Conexiones totales
- # M3. adicionales ofrecidos.

En este caso el proceso de construcción del indicador se realizará sobre el mejor ajuste con la Tasa Interna de Retorno. Así se pueden combinar los tres parámetros mencionados con el fin de maximizar este ajuste.

E. CRITERIOS ADICIONALES

El efecto de la utilización de los indicadores generales costo eficiencia puede crear distorsiones entre costos totales y los costos por componentes de los sistemas. Se podrían, por ejemplo, aceptar proyectos que cumplieren los criterios de costos totales con altos costos por componentes. La utilización de criterios orientadores de costo por componente del sistema sirve para superar este problema.

En sucesivas oportunidades se han realizado estudios en Colombia que permitieron relacionar costos y capacidad de los componentes.

Su actualización permitirá disponer de criterios orientadores de costos para los principales componentes de acuerdo con la escala de los sistemas.

Esto implica en cualquier caso, la necesidad de llevar a cabo un estudio de alternativas, con el cual se seleccione, la que con un mínimo costo logre el objetivo del proyecto (según la tecnología utilizada).

De esta forma la evaluación de los proyectos, se lleva a cabo a partir de criterios orientadores sobre costo mínimo de los componentes de los sistemas y criterios decisorios de costo eficiencia.

V. RESULTADOS PRELIMINARES

El enfoque metodológico adoptado ha permitido avanzar en algunos resultados preliminares, los que serán confirmados al finalizar la investigación.

Estos resultados cubren tres capítulos del estudio:

- La verificación de los costos de los sistemas o de sus principales componentes.

- La estimación de los costos de operación y mantenimiento de los sistemas según diferentes rangos de población y tecnologías de distribución.

- La estimación de indicadores de costo eficiencia para proyectos de mejoras.

Los resultados se consignan a título preliminar, toda vez que en esta etapa las bases de datos y el procesamiento de los mismos se encuentra en revisión y las informaciones sobre consumos serán validadas a través de encuestas que se recogerán en fecha próxima.

A. COSTOS POR COMPONENTES

En esta etapa de la investigación se han actualizado estudios realizados en años anteriores sobre costos máximos por componentes en sistemas de agua potable, con ciertos ajustes derivados de información obtenida en consultas de mercado. El cuadro 5.1 muestra estos resultados en los principales componentes, diferenciando los mismos por la capacidad de oferta en m³ o lps.

En el Anexo 6 se describen con mayor detalle los criterios de cálculo y actualización y las fuentes de información utilizadas.

B. COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS

Para el cálculo de costos de Operación y Mantenimiento se han examinado estructuras óptimas de administración de servicios de agua potable y costos unitarios de los insumos variables, distinguiéndose tres rangos de población y dos tecnologías:

CUADRO 5.1
COSTOS UNITARIOS POR COMPONENTE
Valores de Diciembre de 1990.

INDICES

BASE (Marzo de 1983) 2695.20
ACTUAL (Dic. de 1990) 17000.60
T. DE CAMBIO (Dic. 31 de 1990) 568.73 \$ / 1 US\$

Elemento	UNIDAD DE MEDIDA	CAPACIDADES						
		VALORES		UNITARIOS				
BOCATOMA	Q (L.P.S.)	15	45	150	300	600	900	
	\$/L.P.S.	155,210	68,811	28,218	16,890	10,110	7,488	
	US\$/L.P.S.	273	121	50	30	18	13	
DESARENADOR	Q (L.P.S.)	5	15	50	100	200	300	
	\$/L.P.S.	257,328	163,595	99,583	74,829	56,229	47,572	
	US\$/L.P.S.	452	288	175	132	99	84	
TANQUE ALMACENA ELEVADO	M ³	50	100	200	300	500	800	
	\$/M ³	195,455	178,376	162,789	154,310	144,254	135,581	
	US\$/M ³	344	314	286	271	254	238	
TANQUE ALMACENA SUPERFICIAL	M ³	100	300	800	1,500	2,500	5,000	
	\$/M ³	37,082	36,440	35,876	35,520	35,233	34,847	
	US\$/M ³	65	64	63	62	62	61	
CONDUCCION	DIAMETRO	4	6	8	10	12	14	
		CLASE 20	2,859	7,314	11,770	16,226	20,682	25,138
		CLASE 25	3,237	8,460	13,683	18,905	24,128	29,351
	\$/M. Lineal	CLASE 30	5,018	11,733	18,449	25,164	31,880	38,595
		CLASE 20	5	13	21	29	36	44
		CLASE 25	6	15	24	33	42	52
	US\$/M. Lineal	CLASE 30	9	21	32	44	56	68
		Q (L.P.S.)	15	50	100	150	200	300
			CONVENCIONAL					
PROME. NAL.				1,565,985	1,325,068	1,176,965	995,895	
\$/ L.P.S.	CENTRO Y SUR			1,689,338	1,438,572	1,283,566	1,093,033	
	NORTE			1,099,926	871,858	739,339	586,038	
	RECOMENDADO *	2,000,000	1,800,000					
US\$ / L.P.S.	PROME. NAL.			2,753	2,330	2,069	1,751	
	CENTRO Y SUR			2,970	2,529	2,257	1,922	
	NORTE			1,934	1,533	1,300	1,030	
RECOMENDADO *	3,517	3,165						
RED DISTRIBUCI.	DIAMETRO (Pulg)	3	4	6	8	10	12	
		CLASE 20	2,736	4,827	9,010	13,193	17,376	21,559
		CLASE 25	3,490	5,861	10,604	15,347	20,090	24,833
	\$/Metro Lineal	CLASE 20	5	8	16	23	31	38
		CLASE 25	6	10	19	27	35	44

* Valor recomendado con base en precios de mercado a la Fecha.

1. Rangos de población : se consideraron tres rangos

-Sistemas para municipios con poblaciones urbanas entre 3000 y 12000 habitantes.

-Sistemas para municipios con poblaciones urbanas entre 12000 y 30000 habitantes

-Sistemas para municipios con poblaciones urbanas entre 30000 y 100000 habitantes.

2. Tecnologías: Se consideraron sistemas convencionales por gravedad y bombeo.

El cuadro 5.2 reproduce costos unitarios por m3 de producción de agua potable para los tres rangos y dos tecnologías seleccionadas.

El Anexo 3 explica con mayor detalle la información utilizada para obtener los resultados consignados en el cuadro.

CUADRO 5.2			
COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS (Pesos por M3)			
	POBLACIONES (Habitantes)		
	3000-12000	12000-30000	30000-100000
GRAVEDAD	43.40	40.00	37.85
BOMBEO	60.77	55.10	50.00

C. INDICADORES COSTO EFICIENCIA EN LOS PROYECTOS DE MEJORAS

Una muestra de 12 proyectos ha permitido formular una función econométrica que vincula los costos máximos con la dotación inicial y los incrementos de producción. Se utiliza una función que explica los beneficios brutos de los sistemas, ésta se presenta a continuación:

$$\text{VPBENE} = 41.496.297 - 295.236.9 (\text{DOT}) + 128.072 (\text{M3AD})^{(1/2)}$$

(1.59) (-3.78) (5.50)

$$\begin{aligned} R^2 &= 0.82 \\ \text{Durbin-W} &= 2.41 \\ F\text{-est} &= 33.7 \end{aligned}$$

En donde:

VPBENE = Valor presente de los beneficios brutos

DOT = Dotación de los habitantes conectados en la situación sin proyecto.

M3AD = Metros cúbicos adicionales al año que proporciona la mejora.

En el cuadro 5.3 se consignan resultados de costos máximos de proyectos para dotaciones iniciales (antes de proyecto) de 100, 150, 200, y 250 litros por habitante al día y capacidades incrementales que varían entre 5 y 15 litros por segundo. Estos deben entenderse como los costos que permiten obtener valores presentes positivos para cada proyecto. Cada indicador se asocia a una situación sin proyecto consignada en la variable DOT. Los resultados indican cómo el modelo permite mayores costos por mejora cuando la dotación de los conectados es menor, lo que es consistente con la asignación eficiente de recursos y la obtención de beneficios por proyecto.

Estos resultados pueden ser ampliados modificando el valor de las dotaciones y las capacidades incrementales, dentro del rango de los proyectos estudiados, es decir con dotaciones sin proyecto entre 80 y 400 litros por habitante y capacidad de incrementar entre 1 y 30 litros por segundo. En este caso las cifras que se consignan en el cuadro serán ajustadas cuando se conozcan los resultados de las encuestas.

El Anexo 7 explica con mayor detalle la información utilizada para obtener los resultados en el cuadro.

CUADRO 5.3

APLICACION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA

COSTOS MAXIMOS ACEPTADOS POR M3 EN CADA MEJORA].

DOTACION SIN PROYECTO (L/H-DIA)	TAMANO DE LA MEJORA		COSTO MAXIMO ACEPTADO (PESOS 1990)			COSTO MAXIMO ACEPTADO (DOLARES)1/		
	(L/S)	(M3/ANO)	TOTAL	POR M3	POR (L/S)	TOTAL	POR M3	POR (L/S)
100	5	157680	25828930	163.81	5165786	43048	0.27	8610
100	10	315360	46894272	148.70	4689427	78157	0.25	7816
100	15	473040	63058277	133.30	4203885	105097	0.22	7006
150	5	157680	11067130	70.19	2213426	18445	0.12	3689
150	10	315360	32132472	101.89	3213247	53554	0.17	5355
150	15	473040	48296477	102.10	3219765	80494	0.17	5366
200	5	157680	0	0.00	0	0	0.00	0
200	10	315360	17370672	55.08	1737067	28951	0.09	2895
200	15	473040	33534677	70.89	2235645	55891	0.12	3726
250	5	157680	0	0.00	0	0	0.00	0
250	10	315360	2608872.	8.27	260887	4348	0.01	435
250	15	473040	18772877	39.69	1251525	31288	0.07	2086
300	5	157680	0	0.00	0	0	0.00	0
300	10	315360	0	0.00	0	0	0.00	0
300	15	473040	4011077.	8.48	267405	6685	0.01	446

Nota: a medida que van subiendo las dotaciones sin proyecto se van reduciendo los beneficios. En algunos casos esto implica resultados negativos como costos maximos aceptados. Para estos casos se han colocado costos maximos iguales a cero.

1/ Se ha supuesto una tasa de cambio de 600 pesos por dolar

A N E X O S

ANEXO 1

LA ESTIMACION ECONOMETRICA DE LA DEMANDA DE AGUA

INTRODUCCION

Este Anexo describe los procedimientos seguidos para realizar estimaciones de la curva de demanda de agua en el caso colombiano. En la primera sección se presenta la función y forma funcional de la demanda de agua. En la segunda sección, se presentan algunos resultados obtenidos por otros autores en Colombia, en América Latina y en Estados Unidos. La tercera sección presenta la información disponible en Colombia que permitiría realizar estimaciones de demanda de agua, sin necesidad de recurrir a encuestas detalladas dirigidas a los usuarios del servicio, para posteriormente, en la cuarta sección presentar los resultados obtenidos para Colombia. Finalmente, en la quinta sección se presentan algunas conclusiones y recomendaciones.

I. LA FUNCION DE DEMANDA DE AGUA

La función de demanda de agua, como la de cualquier bien o servicio, describe el efecto que pueden tener diversas variables sobre el consumo de agua^{1/}. De esta función se desprende el ajuste en el uso de agua por parte de una familia ante cambios en el precio, en el ingreso, en el clima, en la población etc. La Ecuación I.1 presenta esta relación:

$$Q_i = f(P_i, I_i, T_j, POB_j, DPOB_j, ALC_i, N_i) \quad I.1$$

Donde:

Q_i : Cantidad de agua consumida por la unidad i
(m^3 por mes)

P_i : Precio (Tarifa media) pagado por cada m^3 mensual

^{1/} En este ejercicio se trabaja con funciones de demanda de agua por conexión, asumiendo que ésta es asimilable a la demanda de un núcleo familiar.

- I_i : Ingreso Medio de la unidad consumidora del agua
 T_j : Temperatura Media del municipio j
 POB_j : Tamaño de la Población total del municipio j
 $DPOB_j$: Cambio en la población total del municipio j
 N_i : Número de personas por unidad i

En general, se espera que exista una relación negativa entre el consumo de agua y su precio y una relación positiva entre el consumo y las otras variables. Un mayor nivel de ingreso debe traducirse en mayor consumo si el bien es normal^{2//}. Si el bien es normal pero necesario, como parece ser el caso del agua, el aumento en su consumo será generalmente menos que proporcional al aumento en el ingreso. Por otro lado, es razonable pensar que una familia residente en climas calientes, con las mismas características socioeconómicas y las mismas tarifas que su igual de tierra fría, consume más agua^{3//}.

Igualmente, puede argüirse que una misma familia en un municipio más grande consumirá más agua por el "efecto demostración"^{4//}: al consumirse más agua, en promedio, en los municipios más grandes, el consumidor individual ubicado en éstos, tenderá a consumir más. El efecto del crecimiento de la población municipal sobre el consumo de agua familiar no es claro: un municipio con altas tasas de crecimiento poblacional recibe en neto migrantes y es posible que tenga mayores niveles de ingreso y por lo tanto mejores servicios de agua. Por el otro lado, los municipios con alto crecimiento pueden

^{2//} Un bien se considera normal si su demanda crece ante aumentos en el ingreso.

^{3//} Este planteamiento es equivalente a sostener que el mismo consumidor está dispuesto a pagar más por el agua en clima caliente dada la incomodidad que este clima le causa.

^{4//} Este efecto, conocido como el "bandwagon effect", se produce cuando un individuo (o familia) demanda más de un bien porque algunos o todos los demás consumidores consumen más. (Leibenstein, H.: "Bandwagon, Snob and Veblen Effects in the Theory of Consumers' Demand", Quarterly Journal of Economics, Mayo 1950)

estar recibiendo población no por su atractivo sino debido a factores de expulsión en otros municipios. Esta situación, *ceteris paribus*, podría conducir a un menor consumo de agua por conexión. Finalmente, si la unidad familiar se encuentra ya conectada al servicio de alcantarillado, su consumo corriente de agua deberá ser mayor que si no lo tuviera.

Normalmente en este tipo de estudios, los países desarrollados cuentan con información proveniente de las empresas de agua. En países como Colombia, este tipo de información ha presentado problemas porque las tarifas cobradas a los usuarios se encuentran fuertemente subsidiadas en los grupos de bajos ingresos, y los usuarios no cuentan con toda el agua que desean al verse racionados por el deficiente servicio de las empresas municipales. Esto ha significado que, en anteriores estudios, la información de consumos individuales proveniente de las empresas municipales de agua en América Latina, no haya sido utilizada y que se haya procedido a estimar la función de demanda a partir de encuestas diseñadas para ese fin.

Las estimaciones de la función de demanda de agua tiene normalmente como propósito poder cuantificar los beneficios en consumo asociados a un aumento en su oferta. Estos beneficios dependen fundamentalmente de la elasticidad precio dados los demás elementos de la ecuación I.1. Sin embargo, si se presentan diferencias en el consumo de agua de una familia con iguales características en distintos municipios es relevante investigar la importancia de las variables que varían entre municipios y no entre familias. La elasticidad precio podría variar dependiendo de la temperatura media o del nivel medio de ingreso municipal.

II. RESULTADOS ANTERIORES

La estimación de la demanda de agua se ha realizado tanto a nivel internacional como de América Latina y Colombia. El Cuadro 1 presenta un resumen de estas estimaciones.

Como se observa la variedad en las estimaciones es extremadamente alta: las elasticidades precio varían entre -0.02 y -1.57 y las elasticidades ingreso entre 0.20 y 1.45. Debe anotarse, sin embargo, que los valores extremos de este conjunto de estimaciones corresponden, por lo general, no al uso corriente de agua como bien normal de consumo sino como

bien "de lujo": el riego de jardín. Finalmente, es importante resaltar que las estimaciones más recientes de la tabla indican que la elasticidad precio se encuentra entre -0.3 y -0.4 y la elasticidad ingreso en un rango similar con signo positivo.

En el caso colombiano, la estimación de las elasticidades precio e ingreso de la demanda por agua a nivel urbano es bastante precaria. En la primera estimación de Valenzuela (Elasticidad precio = -0.14) no es clara su confiabilidad porque su fuente de información es dudosa (ver siguiente sección) y porque la estimación de la elasticidad ingreso resulta contraevidente (elasticidad negativa). En la segunda estimación, la elasticidad precio estimada, -0.32, fue realizada para el municipio de Apartadó con una encuesta ad-hoc de sesenta observaciones. En esta estimación la elasticidad ingreso es de 0.39. El problema en esta estimación radica en que no fue realizada con criterios estadísticos en los que su representatividad a nivel global, particularmente en los municipios fríos, está comprometida.

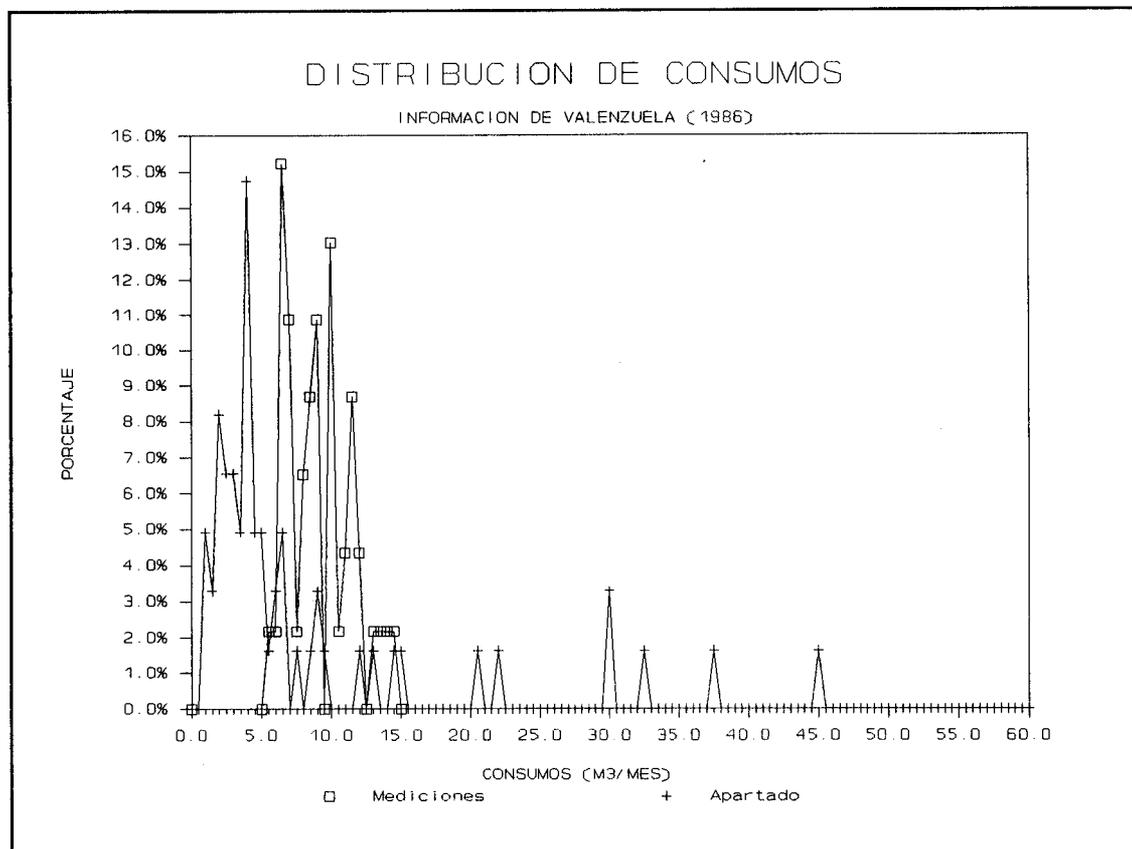
III. LA INFORMACION DISPONIBLE Y SUS LIMITACIONES

Para estimar la elasticidad precio de la demanda de agua se requiere contar con información confiable de consumos, precios e ingresos de los consumidores. La primera fuente de este tipo de información está contenida en Valenzuela (1986). En segundo lugar, se encuentra la información de los registros individuales de las empresas de municipios de Cundinamarca y en último lugar la información de consumidores individuales en 46 municipios de Valle y Cundinamarca agregados por estratos socioeconómicos.

La información contenida en Valenzuela (1986), está referida a los consumos promedios tomados de registros de empresas de municipios (entre 3,000 y 100,000 habitantes) que contarán con micromedición e información tarifaria y de consumo y cuyas coberturas superaran al 70% de medición efectiva. Si esta información es confiable, es sensato considerar la posibilidad de utilizar las estimaciones de elasticidad de Valenzuela o realizar algunas variaciones sobre esta información.

Sin embargo, la información primaria recogida por Valenzuela en los municipios con micromediciones señala un consumo mensual de casi 9 metros cúbicos por mes, cifra que claramente indica que los usuarios se encontraban racionados. Adicionalmente, las tarifas vigentes en 1975, estaban fuertemente subsidiadas. Estos dos elementos sugieren que cualquier estimación de elasticidades precio e ingreso no serán correctas ya que se estarán utilizando datos por fuera de una curva de demanda **deseada** de agua. Valga recordar solamente que la curva de demanda lo que indica es el consumo que desearía hacer la persona a un precio determinado o lo que estaría dispuesto a pagar por ese consumo. Consecuentemente, las estimaciones de elasticidad precio de Valenzuela son extremadamente bajas (alrededor de -0.15). Para resolver este dilema, Valenzuela realizó una estimación independiente vía encuesta (60 datos). La estimación (-0.32) es más razonable pero los consumidores siguen estando claramente racionados: en este municipio se observó, mediante la encuesta, un consumo promedio aproximado de 11 metros cúbicos por mes como puede ratificarse en el Gráfico No 1. Adicionalmente, la estimación se realizó solamente a partir de 60 datos de encuesta cuya representatividad en términos de ingresos y consumos es dudosa.

Gráfico 1



Dado que no fue razonable utilizar la información generada por Valenzuela, se procedió a tomar información de consumos de cinco municipios del Departamento de Cundinamarca para los cuales existen mediciones. La distribución de consumos se presenta en el Gráfico No.2 . El promedio de consumo de estas observaciones fue de 22 metros cúbicos mensuales. Esta muestra, sin embargo, presentó cuatro inconvenientes para ser considerada fuente de información en estimaciones de elasticidades precio e ingreso. Los municipios son en primer lugar de clima frío (dos de cinco) lo que no es representativo del país. En segundo lugar, estos municipios han presentado desde hace un tiempo, claros problemas en el abastecimiento de agua por lo que pueden estar racionados - Ver Gráfico 3 - . Tercero, los tres municipios de clima cálido son municipios turísticos por lo que en los registros de las empresas aparecen registrados consumos "familiares" que en realidad son consumos de pequeñas pensiones y hostales. Por último, no se contó con una proxy individual de ingreso en este conjunto de observaciones.

Gráfico 2

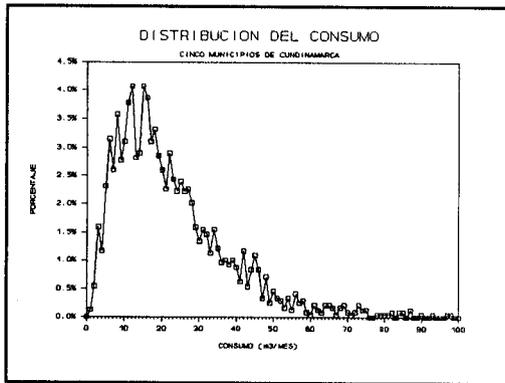


Gráfico 3

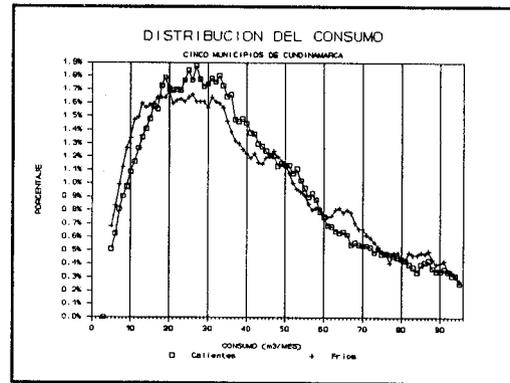
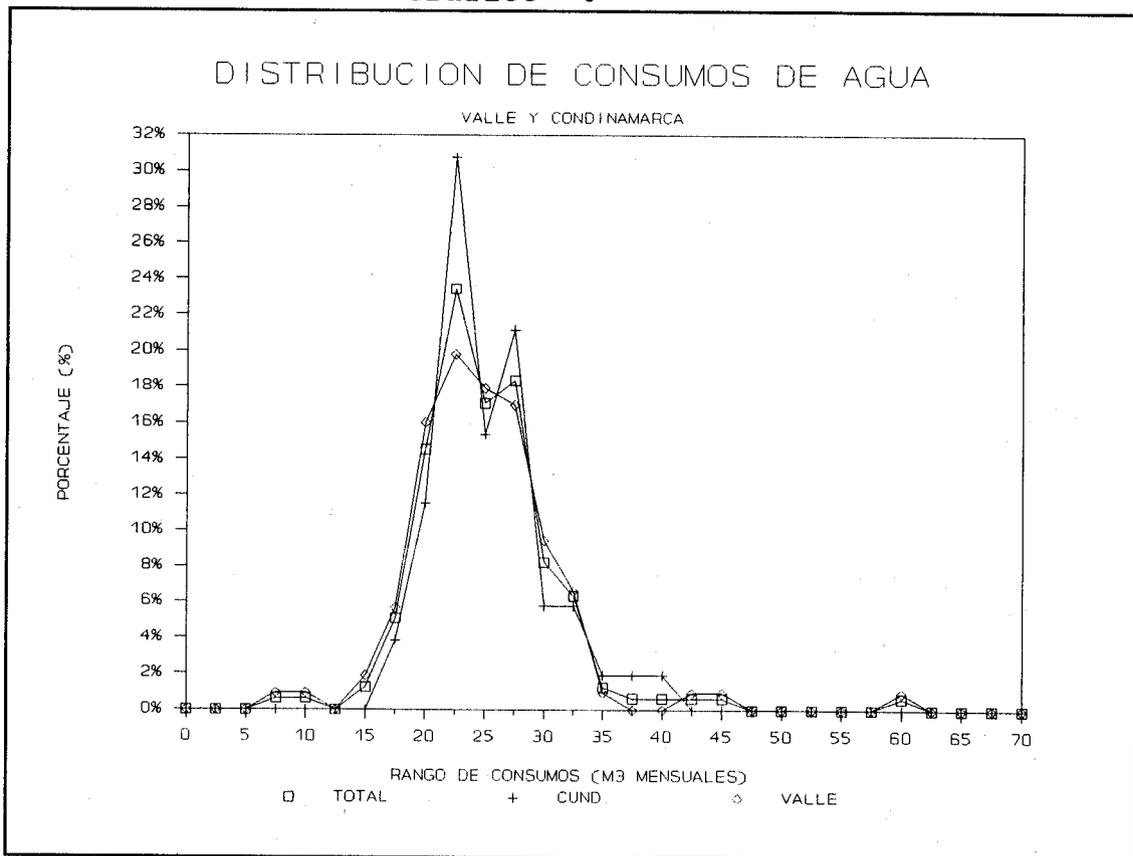


Gráfico 4



Información de la muestra (m³)

	Cundinamarca	Valle	Total
Promedio	23.7	23.9	23.9
Desv. Standard	4.8	6.6	6.0

Por estos motivos, esta muestra se amplió a los 46 municipios de los Departamentos de Cundinamarca (20) y de Valle (27) que se presentan en el Cuadro 4.

En el caso de la información de los municipios de Cundinamarca, se tomaron datos individuales y se promediaron para cada estrato (2,3,4,5,6). En el caso del Valle, la información se refiere a la de cada estrato contenida en el Documento de Acuavalle.^{5/} La información distinta a consumos y tarifas proviene del Sistema de Información Municipal (SISMUN).

V. LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Como ya fue anotado, la información utilizada en las estimaciones corresponde a datos extractados de las empresas municipales (o de las departamentales). Esta información combina los consumos, tarifas etc, de los departamentos del Valle y de Cundinamarca. El Cuadro 2 resume sus principales características.

La principal característica de la información para ser utilizada en la estimación de la elasticidad precio, es la de no contar con una variable ingreso para cada una de las observaciones ya que los datos de consumo corresponden a promedios por estrato socio-económico. Además, el ingreso puede variar entre municipios. Tampoco es posible con la información disponible, medir el efecto del número de personas por hogar expresado en la ecuación I.1. Por estos motivos la ecuación a estimar corresponde a la expresión I.2

$$Q_i = f (P_i, \text{ESTR}_i, \text{INGMUN}_j, T_j, \text{ALC}_j,) \quad \text{I.2}$$

donde la variable ingreso (I) está representada por una combinación de las proxies estrato (ESTR) e impuestos indirectos recolectados en el municipio (INGMUN). Finalmente, se estableció el uso de una variable dummy para determinar posibles diferencias entre los dos departamentos (Valle y Cundinamarca), no explicadas por las otras variables (DUM).

^{5/} Plan Trienal de Inversiones 1989-1991, Departamento del Valle-Acuavalle, Documento de presentación solicitud de crédito al BCH-FFDU-BM, Acuavalle S.A., 1989.

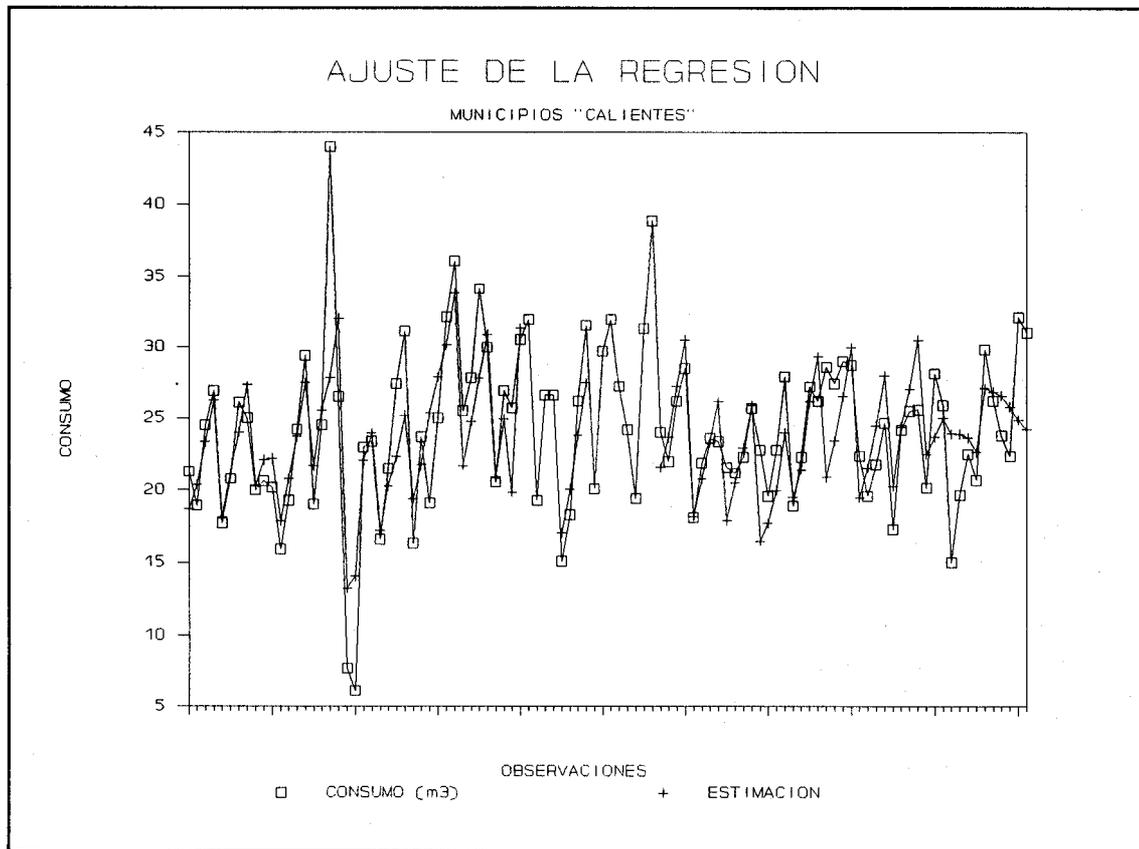
En los gráficos 3.1, 3.2 y 3.3 se muestran los principales resultados. En primer lugar, es importante anotar que las elasticidades precio en los municipios mas frios (temperaturas menores a 19 grados centigrados), no son confiables ya que su alta inelasticidad está reflejando el hecho que en estos municipios (típicamente de Cundinamarca) no se presenta prácticamente ninguna varianza. Con la excepción de la variable de estrato y de cobertura de alcantarillado, ninguna de las variables es significativamente diferente de cero. El conjunto de los coeficientes (Prueba "F") no es distinto a cero. Por este motivo, es recomendable excluir a los municipios en ese rango de temperaturas.

En los municipios con temperaturas mayores a 19 grados, incluso mayores a 14, las elasticidades precio son altamente confiables. El conjunto de las variables explicativas capturan casi el 50% de la varianza del consumo y en conjunto son significativas al 99% de confianza. Como se observa en el Gráfico 4, los datos estimados aproximan razonablemente los datos observados.

Es importante anotar, sin embargo, que las estimaciones de la elasticidad precio para los municipios mas cálidos son estadísticamente mayores que los anteriores (elasticidad precio de -0.54). Este hecho puede explicarse por la alta correlación (multicolinealidad) entre las variables de ingreso municipal y temperatura. Los municipios mas cálidos tienden a estar en el valle, y estos municipios tienden a ser mas ricos.

De hecho, se observa que el ingreso tributario de los municipios del Valle son un 25% mas altos que los de Cundinamarca. Por otro lado, los municipios mas cálidos de Cundinamarca tienden a ser municipios turísticos que implica igualmente mas ingresos. Al comparar los municipios con temperaturas mayores a 22 grados con los que tienen temperaturas menores, se observa que el consumo promedio de agua es un 7% menor, las tarifas son un 8% mayores y los ingresos tributarios son mas del doble. Esta tendencia en la información puede estar generando, entonces, un problema de multicolinealidad que dificulta la lectura de los coeficientes en los municipios mas cálidos. Por estos motivos se recomienda utilizar la estimación de elasticidad precio de -0.35 para los municipios con temperaturas mayores a 19 grados y estimar directamente, vía encuesta, la elasticidad precio de los municipios frios.

Gráfico 4



ANEXO 2

CUANTIFICACION DE PERDIDAS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE

INTRODUCCION

El agua no contabilizada, o las **"pérdidas"**, es un fenómeno permanente en todo sistema de abastecimiento de agua y un parámetro importante a tener en cuenta en cualquier estudio para diseño de nuevas obras, o para ampliaciones y/o mejoras de sistemas existentes.

En Colombia, las estadísticas carecen de precisión y las cifras que se mencionan son, en su mayor parte estimadas, dadas las limitaciones para medir el agua producida y el agua realmente consumida por la población.

Este aspecto es decisivo en la medición de los beneficios recibidos por acueducto en una comunidad. Por esta razón merece un permanente control en toda empresa que administre este servicio.

El siguiente anexo presenta el marco de referencia utilizado para establecer los niveles de perdidas en los proyectos estudiados. En algunos casos se propone la estimación de estos niveles de acuerdo a cifras medias nacionales e internacionales, en otros, se propone la utilización de los cálculos específicos de cada proyecto.

En la primera sección, se efectúa una revisión de los diferentes tipos de pérdidas, en la segunda, son revisadas cifras recomendadas por entidades nacionales e internacionales, en la tercera, son retomados los máximos pérdidas reales medidas para el caso colombiano; y para finalizar, en la cuarta sección se hacen las recomendaciones por parte de este estudio.

I. TIPOS DE PERDIDAS

Los especialistas en la materia, definen el control de las pérdidas de agua en un sistema de abastecimiento, como "El conjunto armónico de actividades realizadas por una empresa, destinado a alcanzar y mantener un nivel en que los componentes de pérdidas debidos a fugas, reboses, usos clandestinos del agua, desperdicios, consumos operacionales, consumos especiales, errores de medición y

de estimación, sean los mínimos posibles en condiciones de viabilidad técnica, económica, financiera, institucional, política y social."^{1/}

Las **pérdidas** totales se definen como la relación entre la diferencia del agua producida y la facturada, sobre el agua producida. Todas las **"Pérdidas"** enumeradas anteriormente, pueden clasificarse en tres grandes grupos:

PERDIDAS TECNICAS DE AGUA.- Representa el componente de las **"Pérdidas"** debido al escape de agua que ocurre en los dispositivos de rebose de tanques, o al escape de agua en estructuras, tuberías y demás componentes de los sistemas de conducción y de distribución (incluidas las conexiones domiciliarias), debido a la falta de estanqueidad de los mismos.

ERRORES DE MEDICION.- Representan un importante componente de las **"Pérdidas"**, causado por la imprecisión de los equipos de macro y micromedición, debido al mal uso y/o deficiente mantenimiento de los mismos. Se trata de un problema de evaluación de cantidades de agua, y no de **"Pérdidas"** propiamente dichas.

USOS NO FACTURADOS.- Representan el componente de **"Pérdidas"** relacionadas con las cantidades de agua que a pesar de ser utilizadas, no revierten en facturación para la empresa administradora. Corresponden a este grupo, los usos operacionales, consumos especiales (purgas, hidrantes) y consumos clandestinos.

Como puede observarse, el primer grupo representa las verdaderas pérdidas de agua en un sistema de abastecimiento, mientras que los dos últimos, corresponden a pérdidas aparentes, pues de alguna manera prestan un beneficio.

En Colombia, la cuantificación estimada de las **"Pérdidas"** de agua, no solamente se limita a aquellas empresas que tienen algún grado de medición en sus sistemas, con toda clase de limitaciones, sino que su valor se calcula en forma global, sin especificar valores por componentes.

A pesar de la falta de atención de este problema en nuestro país, se han dado algunos casos aislados de interés específicamente en las empresas Municipales de Bogotá, Cali, Medellín y Manizales y a nivel departamental, Acuña, en las cuales se han adelantado acciones tendientes a controlar el nivel de pérdidas del agua suministrada.

^{1/} CESPIS, Bases para la formulación de un programa nacional de control de perdidas en Colombia

Para efectos del manejo de este parámetro, se citan cifras relacionadas con resultados de investigaciones en las empresas ya mencionadas y con un documento de trabajo elaborado por el Ministerio de Salud, en un intento de formulación de un programa nacional de reducción y control de agua no contabilizada. Se revisan además datos de encuestas realizadas por el Programa de ajuste sectorial (PAS) en diferentes departamentos del país, y un documento del Banco Mundial sobre el tema que nos ocupa.

El objetivo de revisar estas cifras, es el de poder disponer de elementos de juicio para adoptar valores racionales de pérdidas existentes sin el proyecto y posibles reducciones de las mismas con su realización, según el tipo de obras propuestas.

Para tal efecto, se parte del supuesto de que los proyectos a analizar, serán de tres tipos :

- a) Aquellos que específicamente se proponen reducir pérdidas, según lo definido en el primer grupo.
- b) Aquellos que sin proponer específicamente ese objetivo, las obras propuestas producirán resultados en reducción de pérdidas.
- c) Aquellos que definitivamente no producirán ninguna reducción en las pérdidas.

El primer caso, generalmente corresponde a proyectos de Desarrollo Institucional, para los cuales se proponen como complemento obras físicas. El objeto principal de estos proyectos es la reducción de las pérdidas, por esta razón seguramente definirán cifras claras sobre el particular, estas se utilizarán durante el análisis del SIMOP.

En el segundo caso, generalmente los proyectos no disponen de información sobre las pérdidas de agua que se presentan en el sistema, en esta situación se estimarán valores que permitan conocer aproximadamente la oferta sin proyecto, así como los posibles valores de reducción de tales pérdidas, logrados con la ejecución del mismo.

En el tercer caso, no habría lugar para analizar beneficios en reducción de pérdidas.

III. CIFRAS REVISADAS

En primer lugar, se obtuvieron algunos promedios de datos sobre pérdidas por todo concepto, obtenidos en encuestas de identificación de proyectos, adelantadas por el Programa PAS en diferentes Departamentos del país durante 1987 (ver cuadro No 1).

Aunque se intentó hacer un análisis econométrico relacionando factores determinantes de las **Pérdidas técnicas** como la edad de las tuberías, la calidad de los materiales y la mano de obra utilizada en su instalación, la intensidad del mantenimiento, la presión de servicio y la vulnerabilidad, no fue posible lograrlo dada la carencia de información sobre dichos factores determinantes.

El valor promedio de dicha información resultó ser de un 54.62% de pérdidas por todo concepto (cuadro No 1), reflejando un orden de magnitud aproximado de lo que realmente sucede actualmente en Colombia.

El documento preliminar elaborado por el Ministerio de Salud^{2/}, con la cooperación técnica de la Oficina Sanitaria Panamericana (OPS/OMS), analiza el rango de poblaciones en Colombia entre 12.000 y 200.000 habitantes, registrando como resultado un promedio del 55% de pérdidas por todo concepto.

Los registros de Acuavalle, para poblaciones con 20.000 habitantes en promedio, muestran unas pérdidas totales de 40% en 1985.

Las Empresas Públicas de Cali reportan para 1989, pérdidas totales del 40%.

La empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá, maneja una cifra similar del 40%.

Las Empresas públicas de Manizales, que desde hace algunos años viene controlando este problema, reporta pérdidas entre el 25% y el 28%.

^{2/} Bases para la formulación de un Plan Nacional de reducción y control de agua no contabilizada, MINSALUD, OPS/OMS

IV. MAXIMAS PERDIDAS RECOMENDABLES

En relación con los valores máximos recomendados para tener en cuenta como pérdidas totales aceptables *(Agua en cualquier sistema de abastecimiento, el Banco Mundial propone un 25%,^{3/} por encima del cual se supone, se presentarán problemas que la administración debe enfrentar de inmediato.

Por otra parte, las normas de diseño establecida por el INSFOPAL, fijan un 20% como factor de pérdidas máximo a incluir en la estimación de los caudales de diseño.

En la generalidad de los diseños de este tipo de obras en Colombia, se adoptan para las pérdidas, valores entre el 25% y el 30% del agua producida.

A. PARAMETROS PARA CUANTIFICAR REDUCCION POR CONCEPTO DE PERDIDAS TECNICAS O FUGAS

Con el ánimo de lograr una forma adecuada de cuantificar las pérdidas por concepto de fugas, se indagaron cifras de algunas empresas. Los resultados son precarios, por cuanto solamente las Empresas Públicas de Medellín, reportan como resultado de un estudio valores entre 71 M3/día y 107 M3/día por Km. de longitud de tubería, correspondiente a un total de pérdidas de 37.13%.

Por otra parte, Acuavalle reporta un desglose del porcentaje total de pérdidas del 40%, en los siguientes componentes :

Pérdidas técnicas o Fugas.

Reboses, redes (incluidas conexiones domiciliarias), 18%,
distribuido así:

Reboses, 3%.

Redes, 12%.

Conexiones domiciliarias, 3%.

^{3/} The reduction and control of unaccounted-for water. Phillip Jeffecoate and A Saravanapavan, World Bank Technical paper 72, Water Supply Operation Management series.

Usos no facturados.

Consumos operacionales, usos especiales, conexiones clandestinas, 2%.

Errores de medicion.

Macro y micromedición, 20% (Macro 6%, micro 14%).

Además de esta clasificación, en diferentes estudios y diseños de acueductos en el país, se desglosan las pérdidas máximas por cada instalación del sistema, así:

Conducciones	:	6%
Plantas	:	3%
Tanques	:	2%
Redes	:	14%
Total	:	25%

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El manejo que en general se ha dado al problema de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento en Colombia, se puede calificar de deficiente y con escasa motivación para enfrentarlo. De ahí, la falta de información confiable y disponible.

Las cifras analizadas y la experiencia técnica, lleva a proponer los siguientes criterios y valores promedios para el uso de este parámetro, en los casos en que sea preciso adoptar algún valor :

a) Dadas las condiciones institucionales, financieras, políticas y sociales en que se desarrollan actualmente las actividades del sector de acueductos y alcantarillados, se estima que el promedio de pérdidas vigentes por todo concepto, para el rango de poblaciones entre 3.000 y 100.000 habitantes, pueden considerarse del orden del 50%.

b) Por las mismas razones anteriores, se estima que el nivel de pérdidas totales aceptables para ese tipo de proyectos en Colombia, debe considerarse mayor al propuesto por el Banco Mundial (25%), se propone utilizar en promedio un 30%.

Con el objeto de verificar el impacto sobre la rentabilidad de los proyectos, de adoptar rangos de variación del nivel de pérdidas diferentes al propuesto de 50% (sin proyecto) y 30% (con proyecto),

sin y con proyecto, y analizar si la adopción de uno u otro nivel castigaría o premiaría a priori los proyectos evaluados, se hizo el siguiente ejercicio para un proyecto de Cundinamarca.

Inicialmente:

(1) Sin proyecto	30%	TIR =	59.23%
Con proyecto	30%		
(2) Sin proyecto:	30%	TIR =	59.24%
Con proyecto:	20%		
(3) Sin proyecto:	50%	TIR =	55.83%
Con proyecto:	50%		
(4) Sin proyecto:	50%	TIR =	62.8%
Con proyecto:	40%		
(5) Sin proyecto:	50%	TIR =	62.8%
Con proyecto:	30%		
(6) Sin proyecto:	70%	TIR =	76.47%
Con proyecto:	40%		

Como puede observarse los resultados de rentabilidad en cada una de las combinaciones supuestas, no tienen una variación significativa.

c) Para efectos del cálculo de beneficios obtenidos en un proyecto por concepto de reducción de pérdidas, se tendrían en cuenta solamente aquellas que correspondan a las clasificadas como **Pérdidas técnicas**, tales como : fugas en tuberías, estructuras y reboses en tanques.

d) Con el fin de facilitar los cálculos de los diferentes porcentajes a utilizar, se proponen los siguientes desgloses de las pérdidas máximas aceptables :

Por Instalaciones	%	%
Conducción	6.0	10.00
Planta	4.0	6.67
Tanque	1.0	1.67

Por tipo de pérdida	%	%	%	%
Fugas:				
Tuberías	15.8	26.33		
Estructura	1.0	1.67		
Conex.dom.	2.0	3.33		
Prob.med:	1.4	2.33		
No factur:	9.8	16.34		
Redes	19.0	31.66		
Totales	30.0	50.00	30.0	50.0

CUADRO 1

Tipo de pérdida por instalación, según extremos propuestos

(50%-30%)

	Pérdidas técnicas o fugas.		Prob.Medicación		No facturado	
	30% - 50%		30% - 50%		30% - 50%	
Conducción	5.8%	9.66%	0.1%	0.17%	0.1%	0.17%
Planta	0.1%	0.17%	0.1%	0.17%	3.8%	6.33%
Tanque	0.9%	1.50%	-	-	0.1%	0.17%
Red (Cnx.2%)	12.0%	20.00%	1.2%	2.00%	5.8%	9.66%
Totales:	18.8%	31.33%	1.4%	2.34%	9.8%	16.33%

e) De acuerdo con lo expresado en el punto c) del estimativo de pérdidas totales adoptado (50%), se restaría solamente un 31.33% como agua que realmente no llega a los usuarios, a fin de obtener el volumen efectivo de agua ofrecida sin proyecto.

f) Para estimar el porcentaje de pérdidas técnicas (fugas) recuperado, y por consiguiente el aumento de oferta con el proyecto atribuible a cada instalación, se deberá calcular el aporte de cada una de ellas sin proyecto, restarle el aporte máximo aceptable (cuadro 1), y multiplicarlo por la relación volumen de obra por realizar, sobre obra existente antes del proyecto.

EJEMPLO 1 : Conducción de 5 Km. con 2 Km. por restituir. Del 50% adoptado como pérdidas totales, el 31.33% corresponden a pérdidas técnicas (fugas). A la oferta sin proyecto, se resta el 31.33% para obtener la oferta real o neta.

Porcentaje de pérdidas recuperado : La conducción participa con $(5.8/30)*50 = 9.7\%$ en las fugas sin proyecto. Restamos el 5.8% aceptable por este concepto y nos queda 3.9% de recuperación correspondiente a la longitud total de la conducción. La recuperación proporcional a los 2 Km. restituidos será : $3.9(2/5) = 1.56\%$. A la oferta sin proyecto, se suma el 1.56% de la misma, para obtener la oferta con proyecto.

En caso de presentarse reparaciones y/o mejoras en tanques y/o estructuras de plantas (Impermeabilizaciones, control de reboses), se harían las mismas operaciones parciales anteriores con las cifras que correspondan en cada frente de obra, (que representen recuperación de pérdidas en tanques y plantas). No habrá recuperación de pérdidas técnicas en ampliaciones con nuevas obras adicionales a las ya existentes.

EJEMPLO 2 : Reparaciones y mejoras para impermeabilizar un sedimentador y el tanque de almacenamiento y colocar un mecanismo de control de reboses en este último.

Igual que en el caso anterior, del supuesto 50% de pérdidas totales sin proyecto, el 31.33% corresponden a pérdidas técnicas (fugas). De la oferta bruta sin proyecto, se resta este último porcentaje para obtener la oferta neta sin proyecto.

Para calcular el porcentaje de pérdidas técnicas recuperado, procederemos así :

La planta y el tanque participan en $(1/30)*50 = 1.7\%$ de pérdidas técnicas (fugas) sin proyecto. Se Resta a este porcentaje el valor aceptable de 1%, y se obtiene 0.7% que representa lo recuperado por concepto de pérdidas técnicas (fugas) en las obras propuestas. A la oferta sin proyecto, se suma el 0.7% de la misma, obteniéndose la oferta con proyecto.

CUADRO 2

ANALISIS DE PERDIDAS
MUESTRA BASICA SOBRE PERDIDAS DE AGUA

SISTEMAS DE ACUEDUCTO

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	% PERDIDAS TOTALES	PROD. TOT. MILES M3/ANO	PERDIDAS MILES M3/ANO
BOLIVAR	ARJONA	46.00	1331	612.26
	CALAMAR	63.00	518	326.34
	EL CARMEN	62.00	1381	856.22
	MAHATES	70.00	633	443.10
	MOMPOS	79.00	982	775.78
	M.LA BAJA	79.00	500	395.00
	S.ESTANISLAO	54.00	484	261.36
	S.JACINTO	55.00	201	110.55
TOTALES		62.70	6030	3780.61
VALLE	ANDALUCIA	39.00	1087	423.93
	CANDELARIA	30.00	864	259.20
	DAGUA	52.00	848	440.96
	PRADERA	51.00	2381	1214.31
	SEVILLA	46.00	3609	1660.14
	ZARZAL	38.00	2188	831.44
TOTALES		44.00	10977	4829.98
CAUCA	BOLIVAR	60.00	541	324.60
	MORALES	45.00	100	45.00
	PATIA	32.00	618	197.76
	SANTANDER	45.00	2887	1299.15
	SILVIA	45.00	316	142.20
TOTALES		45.02	4462	2008.71
CESAR	AGUACHICA	77.00	6491	4998.07
	ASTREA	39.00	100	39.00
	BOSCONIA	33.00	940	310.20
	CODAZZI	63.00	3866	2435.58
	COPEI	21.00	963	202.23
	GAMARRA	39.00	486	189.54
	MANAURE	60.00	751	450.60
	PELAYA	40.00	631	252.40
TOTALES		62.40	14228	8877.62
CONSOLIDADOS				
BOLIVAR		62.70	6030	3780.1
VALLE		44.00	10977	4829.98
CAUCA		45.02	4462	2008.71
CESAR		62.40	14228	8877.62
TOTALES		54.62	35697	19496.41

ANEXO 3**COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE ACUEDUCTOS****INTRODUCCION**

Este anexo tiene como propósito establecer cifras de referencia que permitan conocer valores aproximados de los costos de administración, operación y mantenimiento de los acueductos, dentro del rango de poblaciones en el cual se adelanta el estudio.

Se propone en la primera sección los rangos de población y los supuestos necesarios para el cálculo de costos en diferentes tipos de sistemas. En la segunda sección los principales datos de dotación de los sistemas en cada rango. Las dos últimas secciones presentan los precios básicos utilizados y los resultados del análisis.

I. SUPUESTOS BASICOS

Dentro de cada uno de los tres rangos poblacionales que se utilizan en el estudio, se suponen dos tipos de sistemas: uno por gravedad y uno por bombeo, para conformar en total seis tipos, así:

Rangos	Tipo de sistema
1 - De 3.000 a 12.000 hab.	Gravedad Bombeo
2 - De 12.001 a 30.000	Gravedad Bombeo
3 - De 30.001 a 100.000	Gravedad Bombeo

Se asume además, que todos los sistemas tendrán tratamiento convencional del agua, es decir, operaciones de mezcla, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, ésta última a base de cloro.

Para el cálculo de consumo de químicos, se suponen valores promedio^{1/} de características físico-químicas y bacteriológicas del agua, que exigirían las siguientes dosificaciones :

- Sulfato de aluminio	50.0	Mg./L.
- Cal para precalización del agua	5.0	Mg./L.
- Cloro para desinfección	2.5	Mg./L.

Además, para tal efecto, se adopta un funcionamiento de 24 horas/día, con el caudal medio diario.

En los sistemas por bombeo, se asumen dos estaciones independientes: una en la captación que impulsa el agua hasta la planta de tratamiento; y otra en la planta para impulsar el agua hasta los tanques de almacenamiento.

Para los dos sistemas de bombeo previstos, se asumen características de funcionamiento promedio en cada una de las instalaciones correspondientes, así:

Bocatoma - Planta : altura dinámica total, 15 m.
 Planta - Tanque : altura dinámica total, 40 m.
 Horario de bombeo con el caudal medio diario, 24 horas.

II. PRINCIPALES DATOS PARA CÁLCULOS EN CADA RANGO

Los datos se incluyen en el siguiente cuadro, en el cual la población presentada, fue estimada como el promedio de los diferentes sistemas incluidos en cada rango.

Concepto	Rangos		
	1	2	3
Población promedio obtenida	6.175	19.330	42.320
Dotación media + 30% perd. (l/h/d)	200	210	220
Caudal medio diario (l.p s.)	15	47	108
Consumo medio (M ³ /mes)	38.880	121.824	279.936
Consumo de energía en bombes :			
Kilowatts	13	39	90
KWH/mes	9.360	28.080	64.800
Consumo de Sulf. de Al. (Kg./mes)	1.944	6.091	13.997
Consumo de cal (Kg./mes)	194	609	1.400
Consumo de cloro (Kg./mes)	97	305	700

^{1/} Se basan en datos de consumos suministrados por Acuantioquia y Empocaldas.

Planta de personal requerida para administrar, operar y mantener los sistemas.

De acuerdo con indicadores de gestión del sector^{2/}, el número de empleados recomendable por cada mil suscriptores para atender acueducto y alcantarillado es del orden de 5.5, siendo un poco mayor para poblaciones pequeñas y por bombeo (alrededor de 7) y menor para las mayores (entre 4.0 y 4.5).

A pesar que la mayoría de Empresas de agua en Colombia administran los servicios de acueducto y alcantarillado, en este estudio sólo se hace referencia a la operación y mantenimiento de acueductos.

Por otra parte, para las Empresas de los rangos 2 y 3, se previó la contratación de algunos servicios especiales, tal como se indica en los cálculos de costos correspondientes a esos rangos.

En la estimación de personal requerido en los diferentes rangos, se ha procurado mantener la proporción recomendable para personal dedicado a la administración y a la operación y mantenimiento de los sistemas. Esta relación oscila entre el 60 y 70% para mantenimiento y entre el 30 y 40% para administración.

En tales condiciones, las necesidades de personal se estiman así:

RANGO 1. Población de 6.175 habitantes con 1.235 suscriptores.

Para esta población se asume una planta de ocho empleados para sistema por gravedad (6.5 empleados/1.000 suscriptores) y de diez para sistema por bombeo (8.0 empleados/1.000 suscriptores), así:

^{2/} "Guía para la identificación de proyectos en el Fondo Financiero de Desarrollo Urbano" (FFDU), Nov. 1988. Cuadro No. 8. Indicadores de gestión de la entidad.

"Estudios de estructura administrativa y operativa mínima para acueducto y alcantarillado". Hernando Arana C. Fondo financiero de desarrollo urbano. 1989.

Gravedad

Un administrador
Un operador de planta
Dos operadores auxiliares
Una secretaria (Asistente admvo. comercial)
Un fontanero
Un obrero
Un lector repartidor

Para sistema por bombeo se adicionará :

Un mecánico operador de bombes
Un auxiliar de bombeo

RANGO 2. Población de 19.330 habitantes con 3.866 suscriptores.

Para este modelo de población se adopta una planta de 20 empleados para sistema por gravedad (5.2 empleados/1.000 suscriptores) y de 24 para bombeo (6.2 empleados/1.000 suscriptores), así :

Gravedad

Un administrador
Una secretaria
Un recaudador
Dos operadores de planta
Dos operadores auxiliares
Dos lectores repartidores
Un jefe de operación y mantenimiento
Tres fontaneros
Cinco obreros auxiliares
Un conductor
Una aseadora (Servicios generales)

Para bombeo se adicionará :

Dos mecánicos operadores de bombes
Dos auxiliar de bombeo

RANGO 3. Población de 42.320 habitantes con 8.464 suscriptores.

La planta de empleados para esta población corresponde a 37 empleados para sistema por gravedad (4.4 empleados/1.000 suscriptores) y 41 para bombeo (4.8 empleados/1.000 suscriptores), así:

Gravedad

Un administrador
Un jefe Departamento técnico - operativo
Un jefe Departamento administrativo, financiero y comercial
Un ingeniero auxiliar
Dos secretarias
Un recaudador
Un almacenista
Un auxiliar de almacén
Un topógrafo dibujante
Tres operadores de planta
Tres auxiliares de operación
Tres lectores repartidores
Cinco fontaneros
Diez obreros
Dos conductores
Una aseadora

Para el sistema por bombeo, se adicionará :

Dos mecánicos operadores de bombas
Dos auxiliares de bombeo

III. PRECIOS BASICOS

Los precios básicos de los insumos y los costos de personal asumidos, pueden resumirse a diciembre de 1990, así :

Químicos

Sulfato de aluminio \$ 120/Kg.

Cal \$ 60/Kg.

Cloro \$ 270/Kg.

Energía

\$ 35/Kwh.

Personal

Salario + 50% Prestaciones (\$/mes)

R a n g o s

	1	2	3
Administrador	255.000	360.000	450.000
Jefe de departamento			375.000
Profesional		270.000	300.000
Operador de planta	150.000	180.000	210.000
Auxiliar de operación y bombeo	90.000	105.000	120.000
Almacenista			165.000
Topógrafo dibujante			195.000
Mecánico operador de bombeo	120.000	135.000	165.000
Recaudador		105.000	120.000
Secretaria	90.000	105.000	120.000
Lector repartidor	90.000	105.000	120.000
Fontanero	90.000	105.000	120.000
Conductor		105.000	120.000
Obrero	80.000	90.000	100.000
Aseadora		90.000	100.000

IV. COSTOS DE ADMINISTRACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO POR MESRango 1 - Gravedad.

Un administrador	255.000
Un operador de planta	150.000
Dos operadores auxiliares	180.000
Una secretaria (Asistente admvo. comercial)	90.000
Un fontanero	90.000
Un Obrero	80.000
Un lector repartidor	90.000
	=====
Subtotal	935.000
Materiales y suministros, servicios, comunic. (15%)	140.250
Químicos	317.800
Mantenimiento (30%)	280.500
	=====
TOTAL	1'673.550

Costo de producción en el rango 1 (gravedad):

$$\underline{1'673.550/38.880 = \$43.40/M^3}$$

Rango 1 - Bombeo.

Un administrador	255.000
Un operador de planta	150.000
Dos operadores auxiliares	180.000
Una secretaria (Asistente admvo. comercial)	90.000
Un fontanero	90.000
Un obrero	80.000
Un lector repartidor	90.000
Un mecánico operador de bombeos	120.000
Un auxiliar de bombeo	90.000
	=====
Subtotal	1'145.000
Materiales, suministros, servicios, comunic. (15%)	171.750
Químicos	317.800
Energía	327.600
Mantenimiento (35%)	400.750
	=====
TOTAL	2'362.900

Costo de producción en el rango 1 (bombeo) :

$$\underline{2'362.900/38.880 = \$ 60.77/M^3}$$

Rango 2 - Gravedad

Un administrador	360.000
Una secretaria	105.000
Un recaudador	105.000
Dos operadores de planta	360.000
Dos operadores auxiliares	210.000
Dos lectores repartidores	210.000
Un jefe de operación y mantenimiento	270.000
Tres fontaneros	315.000
Cinco obreros auxiliares	450.000
Un conductor	105.000
Una aseadora (Servicios generales)	90.000
	=====
Subtotal	2'580.000
Materiales, suministros, servicios, comunic. (15%)	387.000
Químicos	849.810
Mantenimiento (30%)	774.000
Contrato otros servicios :	
Facturación	70.000
Contabilidad	50.000
Asesoría jurídica	100.000
Personal eventual	70.000
	=====
TOTAL	4'880.810

Costo de producción rango 2 (gravedad) :

$$\underline{4'880.810/121.824 = \$ 40.00/M^3}$$

Rango 2 - Bombeo.

Un administrador	360.000
Una secretaria	105.000
Un recaudador	105.000
Dos operadores de planta	360.000
Dos operadores auxiliares	210.000
Dos lectores repartidores	210.000
Un jefe de operación y mantenimiento	270.000
Tres fontaneros	315.000
Cinco obreros auxiliares	450.000
Un conductor	105.000
Una aseadora (Servicios generales)	90.000
Dos mecánicos operadores de bombeos	270.000
Dos auxiliares de bombeo	210.000
	=====
Subtotal	3'060.000
Materiales, suministros, servicios, comunic. (15%)	459.000
Químicos	849.810
Energía	982.800
Mantenimiento (35%)	1'071.000
Contrato otros servicios :	
Facturación	70.000
Contabilidad	50.000
Asesoría jurídica	100.000
Personal eventual	70.000
	=====
TOTAL	6'712.610
Costo de producción rango 2 (bombeo) :	
	<u>\$ 6'712.610/121.824 = \$ 55.10/M³</u>

Rango 3 - Gravedad.

Un administrador	450.000
Un jefe Departamento técnico - operativo	375.000
Un jefe Departamento administ., financ., y comercial	375.000
Un ingeniero auxiliar	300.000
Dos secretarias	240.000
Un recaudador	120.000
Un almacenista	165.000
Un auxiliar de almacén	120.000
Un topógrafo dibujante	195.000
Tres operadores de planta	630.000
Tres auxiliares de operación	360.000
Tres lectores repartidores	360.000
Cinco fontaneros	600.000
Diez obreros	1'000.000
Dos conductores	240.000
Una aseadora	100.000
	=====
Subtotal	5'630.000
Materiales, suministros, comunic. (15%)	844.500
Químicos	1'952.640
Mantenimiento (30%)	1'689.000
Contrato otros servicios :	
Facturación	120.000
Contabilidad	90.000
Asesoría jurídica	150.000
Personal eventual	120.000
	=====
TOTAL	10'596.140

Costo de producción rango 3 (gravedad) :

$$\underline{10'596.140 / 279.936 = \$ 37.85 / M^3}$$

Rango 3 - Bombeo.

Un administrador	450.000
Un jefe Departamento técnico - operativo	375.000
Un jefe Departamento administ., financ., y comercial	375.000
Un ingeniero auxiliar	300.000
Dos secretarias	240.000
Un recaudador	120.000
Un almacenista	165.000
Un auxiliar de almacén	120.000
Un topógrafo dibujante	195.000
Tres operadores de planta	630.000
Tres auxiliares de operación	360.000
Tres lectores repartidores	360.000
Cinco fontaneros	600.000
Diez obreros	1'000.000
Dos conductores	240.000
Una aseadora	100.000
Dos mecánicos operadores de bombes	330.000
Dos auxiliares de bombeo	240.000
	=====
Subtotal	6'200.000
Materiales, suministros, comunic. (15%)	930.000
Químicos	1'952.640
Energía	2'268.000
Mantenimiento (35%)	2'170.000
Contrato otros servicios :	
Facturación	120.000
Contabilidad	90.000
Asesoría jurídica	150.000
Personal eventual	120.000
	=====
TOTAL	14'000.640

Costo de producción rango 3 (bombeo):

$$\underline{14'000.640/279.936 = \$ 50.00/M^3}$$

ANEXO 4**RAZONES PRECIO CUENTA DE ELEMENTOS DE ACUEDUCTOS****INTRODUCCION**

Con el fin de obtener los costos económicos de los diferentes elementos que conforman un acueducto : Captación, Conducción, Desarenador, Planta de Tratamiento, Tanque de Almacenamiento, Estación de Bombeo y Red de Distribución se procedió a calcular las **RPC** de cada uno de ellos.

Este anexo presenta los resultados de la estimación de estas Razones Precio de Cuenta. La utilización de estas **RPC** en los proyectos simplifica el cálculo de costos económicos.

I. INFORMACION UTILIZADA Y METODO DE CALCULO

Se utiliza como fuente de información la estructura de costos del acueducto de Riohacha y Camarones. Esta información se utilizó teniendo en cuenta que en primer lugar, era un sistema completo; y en segundo lugar, debido a que la información estaba suficientemente desagregada para este propósito.

Para cada componente de esta estructura de costos se asigna una **RPC**, consultando el estudio "Estimación de Precios de Cuenta para Colombia"^{1/}.

La metodología empleada es la siguiente:

- Se desagregan las diferentes actividades requeridas en la construcción de los elementos.
- Se calcula la participación de los diferentes insumos en estas actividades y se ponderan las **RPC** de los insumos por estas participaciones

^{1/} Estimación de Precios de Cuenta para Colombia, Héctor Cervini y otros, DNP-BID, 1990

- Se obtiene finalmente las RPC promedio por actividad.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

**RAZONES PRECIO DE CUENTA
ACTIVIDADES.**

Excavación.	RPC	RPC
	Tierra Seca	Roca Seca
1. Hasta 1.5 metros	0.55	0.63
2. Entre 1.5 M y 3.0 M	0.55	0.62
3. Entre 3.0 M y 4.5 M	0.55	0.62
4. Superior a 4.5 M	0.55	0.62
5. Hasta 1.5 M	0.65	0.67
6. Entre 1.5 M y 3.0 M	0.63	0.66
7. Entre 3.0 M y 4.5 M	0.62	0.65
8. Superior a 4.5 M	0.61	0.64
		RPC
9. Concreto ciclopeo 1,3,5		0.73
10. Concreto mezcla 1,2,3 (Bocatoma)		0.75
11. Conexiones Domiciliarias Acueducto		0.66
12. Concreto 1,2,3		0.74
13. Mortero de cemento		0.77
14. Hierro estructural		0.75
15. Conexión Domiciliaria		0.76
16. Hierro estructural		0.75
17. Concreto 1,4,8		0.78
18. Pozos de inspección		0.75
19. Cilindro en concreto		0.75
20. Placa de concreto armado		0.78
21. Cono de reducción		0.78
22. Pozos de inspección		0.77

Una vez se realiza la desagregación de actividades de cada elemento y se calcula la RPC de cada actividad, se procede a estimar la participación del costo de cada una de las actividades en el monto total del elemento del sistema.

III. RESULTADOS

Como resultado final, se obtiene una RPC para cada uno de los elementos del sistema.

RAZONES PRECIO DE CUENTA ELEMENTOS

	RPC
1. CAPTACION	0.72
2. CONDUCCION CAPTACION A DESARENADOR	0.73
3. DESARENADOR	0.62
4. CONDUCCION-PLANTA TRATAMIENTO	0.76
5. PLANTA TRATAMIENTO	0.74
6. TANQUE DE ALMACENAMIENTO	0.73
7. ESTACION DE BOMBEO-RIOHACHA	0.49
8. CONDUCCION A CAMARONES	0.70
9. ESTACION DE BOMBEO-CAMARONES	0.77
10. RED DE DISTRIBUCION RIOHACHA	0.75
11. RED DE DISTRIBUCION CAMARONES	0.70
12. TANQUE ALMACENAMIENTO ELEVADO	0.75

V. CONCLUSION

La estimación muestra que dados los valores de las RPC de los insumos de cada componente, los resultados son muy homogéneos. Esto permite concluir, que es posible utilizar una RPC para el sector, con un valor cercano a 0.70.

Comparando esta estructura de costos con otras, examinando las diferentes participaciones de las actividades, se pueden corroborar las RPC calculadas para los elementos. Este trabajo está en ejecución, y posteriormente se entregarán las RPC definitivas.

ANEXO 5**INSTRUCTIVO Y FICHA DE CAPTURA DE DATOS****INTRODUCCION**

La recolección de información sobre los proyectos de la muestra, se resume en la ficha y el instructivo de toma de información que se presenta a continuación. En la primera sección, se presentan los principales aspectos de la ficha, así como la forma de diligenciarla. En la segunda sección, se describen las tarjetas del SIMOP que se verán afectadas con la información contenida en la ficha.

- Cobertura del sistema, población y tasa de crecimiento de la cabecera municipal.
- Características de la situación sin Proyecto, estado actual de la oferta de cada componente y número de conexiones del sistema.
- Características de la situación con proyecto, oferta de cada componente luego del proyecto y número de conexiones adicionales.
- Costos de inversión del proyecto por componente y costos de operación y mantenimiento de los sistemas.

I. INSTRUCTIVO PARA EL DILIGENCIAMIENTO DE LA FICHA

La ficha esta diseñada para determinar las variables mas relevantes en una evaluación completa de un proyecto de agua potable. Se incluyen específicamente variables relacionadas con los siguientes aspectos:

La ficha esta dividida en los siguientes puntos: (1) Datos Generales, (2) Oferta con y sin proyecto, (3) Nivel de perdidas, (4) Conexiones y cobertura, (5) Producción y consumo, (6) Volúmenes de Obra, (7) Costos de Inversión, (8) Costos de Operación y Mantenimiento.

Las consideraciones que se hacen a continuación se refieren a aspectos relacionados con algunos de los ocho puntos y deben tenerse en cuenta para su llenado:

a) El dato de población del DANE se llenará a partir de listados disponibles en la División y no con los documentos de los proyectos.

b) Para el cálculo de la oferta con y sin proyecto, se deben expresar las capacidades de todos los elementos del sistema en LPS a excepción del almacenamiento que deberá expresarse en M3.

Adicionalmente, debe tenerse en cuenta para todas las conversiones de LPS a M3/año solicitadas, el siguiente procedimiento, para construir el factor de conversión.

1 día -> El número de horas adoptado dependerá de las horas trabajadas por el elemento de mínima capacidad de todo el sistema.

En ese sentido el factor de conversión para pasar de Litros por Segundo (LPS), a M3/año, se construirá a partir de este cálculo:

$$\begin{array}{ccccccc}
 1 \text{ Litro} & & 60 \text{ Segundos} & & 60 \text{ Minutos} & & 24 \text{ Horas} \\
 \hline
 & * & & * & & * & \\
 \hline
 1 \text{ Segundo} & & 1 \text{ Minuto} & & 1 \text{ Hora} & & 1 \text{ Día} \\
 \\
 & * & 365 \text{ Días} & * & 1 \text{ Metro}^3 & & \\
 & & \hline
 & & 1 \text{ Año} & & 1000 \text{ Litros} & & [\text{Metros}^3 / \text{Año}]
 \end{array}$$

c) El nivel de pérdidas de todo el sistema con y sin proyecto, al que se hace referencia en el cuadro 1, incluye todos los tipos de pérdidas, (por fugas, problemas de medición y no facturación).

Sin embargo, para los objetivos de este estudio en los cálculos de oferta de agua es relevante identificar únicamente las pérdidas técnicas o fugas^{1/}. Por lo tanto en cada uno de los

^{1/} Se entenderá por fugas, el escape de agua originado en rebose de tanques, estructuras, tuberías y demás componentes de los sistemas de conducción y de distribución, (incluidas las conexiones domiciliarias).

proyectos analizados se deberán hacer las consideraciones y seguir los procedimientos siguientes:

- En los proyectos que especifiquen y discriminen por tipo los niveles de pérdidas, deberá asegurarse que en los cálculos de oferta de agua, se aplique el porcentaje de pérdidas correspondiente únicamente a fugas.
- En proyectos donde no se especifiquen los niveles de pérdidas con y sin proyecto, y/o, donde no se discrimine de que tipo son, se seguirá el siguiente procedimiento.

1. Mejoras

- Si se trata de un proyecto de mejoras, deberá identificarse sobre que componente del acueducto se hace la mejora y asumir los siguientes porcentajes de pérdidas con y sin proyecto, para el cálculo de oferta:

CUADRO 1

COMPONENTES	NIVELES DE PERDIDAS ASUMIDOS	
	SIN	CON
CONDUCCION	9.66	5.80
PLANTA TRATAMIENTO	0.17	0.10
TANQUE ALMACENAMIENTO	1.50	0.90
RED DISTRIBUCION	20.00	12.00
TOTAL	31.33	18.80

- Si la mejora se hace sobre la conducción o sobre la red, los porcentajes establecidos deberán ponderarse teniendo en cuenta la longitud de la tubería que se va a reparar con relación a la longitud total de la misma. (Con base en la información registrada en el cuadro 1 y en los volúmenes de obra, por ejemplo: si sobre una conducción cuya longitud total es de 10 Km. se va a reponer un tramo de 5 Km., los niveles de pérdidas adoptados serán:

Sin: $9.66 (5/10) = 4.83\%$

Con: $5.8 (5/10) = 2.94\%$

Y habrá una recuperación de pérdidas con el proyecto de 1.89%.

- Si la mejora se hace sobre la planta de tratamiento o sobre el tanque de almacenamiento, los porcentajes de pérdidas asumidos serán iguales a los especificados en el cuadro 1.

2. Ampliaciones

Si se trata de un proyecto de ampliaciones, al no afectarse el nivel de pérdidas del acueducto, se adoptará el porcentaje máximo admitido del 31.33% correspondiente a fugas.

d) El número de conexiones registradas en el censo 1985, se obtendrá de listados del DANE y no de los documentos de los proyectos.

e) Los datos solicitados en la ficha, de agua producida y agua facturada, se determinarán llamando a la empresa del departamento que corresponda. Se preguntará por los datos del último mes o bimestre (que en proyectos concluidos se referirán a la situación con proyecto y en los no concluidos a la situación sin proyecto).

Lo ideal sería tener estos datos en las dos situaciones, con y sin proyecto. Pero si no es posible, es indispensable averiguarlos por lo menos en alguna de las dos situaciones.

f) Debido a que todos los costos del proyecto se expresarán en pesos de diciembre de 1990, los costos de inversión y operación de proyectos que se realicen con anterioridad a 1990, se multiplicarán por los siguientes índices dependiendo del año en que se haga el proyecto. Si es:

Para \$ de enero de cada año.

1985	3.982	1986	3.208
1987	2.651	1988	2.138
1989	1.669	1990	1.330

II. INCLUSION DE LA INFORMACION EN EL SIMOP

La información proveniente de la ficha de captura de datos de los proyectos, permitirá llenar las siguientes tarjetas del Simop:

- Tarjetas G: Oferta de agua con y sin proyecto.
- Tarjetas D: El consumo total de agua calculado a partir del número de conexiones con y sin proyecto.

Las tasas de crecimiento de la demanda (a partir de la tasa de crecimiento poblacional, cuando entran menos de 300 conexiones con el proyecto, y cuando entran más de 300, la tasa de crecimiento se derivará del consumo de las conexiones que entran año a año).

- Tarjetas P: El componente periódico (fijo) de los costos de operación y mantenimiento.

- Tarjetas N: Los costos no periódicos o de inversión.

- Tarjetas V: El componente variable de los costos de operación y mantenimiento (Químicos, energía eléctrica, combustibles).
Para determinar un costo por M3, será indispensable el dato de agua producida.

NOTA. El resto de tarjetas, se llenará con base en información estandarizada para todos los proyectos y se establecerá en el instructivo del SIMOP.

ANEXO 6**ANALISIS DE COSTOS DE CONSTRUCCION****INTRODUCCION**

Dentro del desarrollo de este trabajo se ha estimado conveniente calcular a partir de actualizaciones de estudios ya realizados en el país, los costos de construcción de los componentes de los sistemas.

Estas estimaciones tienen como objeto buscar criterios orientadores que permitan suplir las deficiencias en el cálculo y revisión de las estructuras de costos en cada uno de los diseños de los proyectos.

I. INFORMACION UTILIZADA

Se ha analizado los siguientes documentos relacionados con las estructuras de costos de los diferentes elementos que componen un acueducto:

1. Encuesta plantas potabilizadoras, INSFOPAL, Revista Acodal, Mayo - Agosto de 1983, Nos 112 - 113.

La encuesta se realizó con el fin primordial de analizar los sistemas de tratamiento de agua más utilizados en el país, los problemas de funcionamiento de cada uno de ellos, el costo aproximado y año de terminación de su construcción. Con los dos últimos datos, se estudió el costo del litro/segundo de construcción de las plantas en 1982.

2. Centro de Costos, INSFOPAL, Oficina de Planeación, Septiembre de 1983.

El proyecto fue orientado a determinar los costos unitarios de construcción de cada uno de los elementos componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado y su objetivo primordial fue el de determinar rangos de precios de los componentes en las diferentes clases de obras, que permitieran la utilización de gráficas, de las cuales se pudieran obtener los costos medios de los componentes de las mismas, de acuerdo con su capacidad.

3. Método de estimación de costos para acueductos, estudio elaborado para el BCH-FFDU por Richar Deeb Paez, Febrero de 1987.

El BCH-FFDU contrató este estudio con miras a evaluar en forma rápida, confiable y sencilla las solicitudes de financiación para acueductos, que permitiera identificar presupuestos deficientes.

4. Revisión de parámetros para la evaluación de proyectos de acueducto y alcantarillado mediante la metodología Costo - Eficiencia, Subgerencia de Desarrollo Regional y Urbano, BCH, Febrero de 1989.

Este documento se orientó a comparar los estudios descritos anteriormente y a determinar bajo qué condiciones tienen mayor validez. Se pretendió igualmente, determinar estadísticamente puntos de referencia sobre costos de construcción de componentes de Acueducto.

II. RESULTADOS DEL ANALISIS

Una vez analizados los documentos anteriormente indicados, se optó por utilizar los resultados de los estudios realizados por el INSFOPAL. El fundamento de esta adopción, se explica en las siguientes premisas:

1. La metodología utilizada en estos estudios es simplificada y se basa en estadísticas de costos reales de obras construidas, específicamente para el caso de plantas de tratamiento.

2. El universo del estudio para plantas, fue de 196 obras convencionales, agrupadas en tres regiones del país: Zona Norte, Zona central y Zona sur. Sin embargo, los resultados se analizaron también para el contexto nacional. El universo para el resto de componentes fue de 87 obras.

3. El estudio de Richar Deeb tomó una muestra de proyectos más limitada, tanto en extensión territorial (20 de Cundinamarca y 20 entre Huila, Risaralda y Valle), como en la capacidad de los componentes del acueducto.

A pesar de ello, el procedimiento de análisis de este estudio (Richard Deeb) fue más detallado, en el sentido de desglosar los costos de los componentes para materiales, mano de obra y accesorios, introduciendo una serie de índices de corrección para los diferentes ítems, de tal manera que al final se hace un tanto más compleja la aplicación de las formulas respectivas.

Una vez calculados los costos de los componentes con base en este estudio se llega a valores que, en términos generales, son inferiores a los de INSFOPAL; estos últimos presentan ordenes de magnitud que se consideran más cercanos a los valores promedios del mercado.

4. Adicionalmente, el estudio de Richard Deeb, en cuanto tiene que ver con tanques de almacenamiento, sólo se refirió a un sólo tipo, no especificándose si se trata de tanques elevados, superficiales o enterrados. Ver cuadro 1.

CUADRO 1

ELEMENTO	INSFOPAL 1983 (LPS)	DEEB 1987 (LPS)
Bocatomas de Fondo	7 - 480	4 - 17
Desarenadores	7.5 - 724	4 - 48
Conducción	7 - 496	.8 - 91
Tanque de Almacenamiento (M ³)	200 - 7000	100 - 800
Plantas de Tratamiento	9 - 750	5 - 40
Redes de Distribución	7.6 - 1042	1.2 - 75

Sin embargo, con respecto a los valores obtenidos para plantas de tratamiento, tanto en el estudio de Richard Deeb como de Insfopal, se observó que para el rango de 15 a 50 L.P.S., éstos no corresponden a los valores promedio del mercado, consultados con diferentes firmas consultoras y constructoras del País.

Teniendo en cuenta que los valores obtenidos con base en el estudio de Richard Deeb son muy bajos, y por otro lado, los de INSFOPAL son extremadamente altos, para el rango en referencia, se consideró oportuno recomendar para el mismo, los valores que se indican en la "Tabla de Costos Unitarios por Componente".^{1/}

^{1/} Esto es resultado de indagaciones hechas a los ingenieros Consultores Agustín Calderón y Arturo Medina A., además de consultas al documento "Dimensionamiento óptimo de acueductos y alcantarillados" del Fondo Financiero de Desarrollo Urbano.

A pesar de que el estudio del INSFOPAL incluye, para los costos unitarios de conducciones y de redes de distribución, valores referenciados a diámetros y a caudales, se estiman más racionales los costos deducidos con base en la primera unidad de medida (para distintas clases de tuberías de asbesto cemento^{2/}), teniendo en cuenta que los precios del mercado se obtienen con base en diámetros y no en caudales, dependiendo estos últimos de la pendiente hidráulica de la tubería.

Por las razones anteriores, se ha estimado que los resultados de los estudios de Insfopal son suficientemente válidos para ser utilizados en las estimaciones requeridas por el presente estudio, con la salvedad sobre Plantas de Tratamiento explicada anteriormente.

III. TABLA DE COSTOS

Como conclusión del presente análisis, se muestra a continuación la tabla de costos a utilizar en la comparación de los presupuestos para los componentes de acueducto. Estos costos se fundamentan en las ecuaciones indicadas en la siguiente sección.

IV. ECUACIONES DE COSTOS UNITARIOS

A continuación, se enumeran las diferentes ecuaciones utilizadas para el cálculo de los precios de cada uno de los elementos de la tabla de costos unitarios por componente. Las convenciones son las siguientes:

RIP = Razón Indices de Precio

Indice diciembre 1990 / Indice marzo de 1983

Q = Caudal

^{2/} Unico material analizado por el INSFOPAL por no disponerse en la muestra de otro tipo de tubería.

V = Capacidad en M³

(Solo se emplea para tanques de almacenamiento.)

e = Exponencial

D = Diámetro en pulgadas

L.P.S. = Litros por Segundo

BOCATOMA

$$\$/ \text{ L.P.S.} = (182736.4 / Q^{0.7404}) * \text{RIP}$$

DESARENADOR

$$\$/ \text{ L.P.S.} = (79213.34 / Q^{0.4123}) * \text{RIP}$$

TANQUE ALMACENAMIENTO ELEVADO

$$\$/ \text{ M}^3 = (e^{3.94963} * v^{0.86808}) * 1000 * \text{RIP}$$

TANQUE ALMACENAMIENTO SUPERFICIAL

$$\$/ \text{ M}^3 = (e^{1.84452} * v^{0.98411}) * 1000 * \text{RIP}$$

CONDUCCION DIAMETRO

\$/ METRO LINEAL

$$\text{Clase 20} = (-959.61 + 353.20 * D) * \text{RIP}$$

$$\text{Clase 25} = (-1142.74 + 413.99 * D) * \text{RIP}$$

$$\text{Clase 30} = (-1333.76 + 532.32 * D) * \text{RIP}$$

TRATAMIENTO (CAUDAL)

\$/ L.P.S.

$$\text{Promedio Nal.} = (1655443.92 / Q^{0.4120}) * \text{RIP}$$

$$\text{Centro Sur} = (1661281.75 / Q^{0.3963}) * \text{RIP}$$

$$\text{Norte} = (2441689.19 / Q^{0.5731}) * \text{RIP}$$

RED DE DISTRIBUCION (DIAMETRO)

\$/ METRO LINEAL

Clase 20 = $(-560.97 + 331.57 * D) * RIP$ Clase 25 = $(-574.55 + 375.95 * D) * RIP$

COSTOS UNITARIOS POR COMPONENTE

Valores de Diciembre de 1990.

INDICES

BASE (Marzo de 1983)	2695.20
ACTUAL (Dic. de 1990)	17000.60
T. DE CAMBIO (Dic. 31 de 1990)	568.73 \$ / 1 US\$

Elemento	UNIDAD DE MEDIDA	CAPACIDADES						
		VALORES UNITARIOS						
BOCATOMA	Q (L.P.S.)	15	45	150	300	600	900	
	\$/L.P.S.	155,210	68,811	28,218	16,890	10,110	7,488	
	US\$/L.P.S.	273	121	50	30	18	13	
DESARENADOR	Q (L.P.S.)	5	15	50	100	200	300	
	\$/L.P.S.	257,328	163,595	99,583	74,829	56,229	47,572	
	US\$/L.P.S.	452	288	175	132	99	84	
TANQUE ALMACENA ELEVADO	M ³	50	100	200	300	500	800	
	\$/M ³	195,455	178,376	162,789	154,310	144,254	135,581	
	US\$/M ³	344	314	286	271	254	238	
TANQUE ALMACENA SUPERFICIAL	M ³	100	300	800	1,500	2,500	5,000	
	\$/M ³	37,082	36,440	35,876	35,520	35,233	34,847	
	US\$/M ³	65	64	63	62	62	61	
CONDUCCION CLASE 20	DIAMETRO	4	6	8	10	12	14	
		2,859	7,314	11,770	16,226	20,682	25,138	
	\$/M. Lineal	3,237	8,460	13,683	18,905	24,128	29,351	
		5,018	11,733	18,449	25,164	31,880	38,595	
		5	13	21	29	36	44	
	US\$/M. Lineal	6	15	24	33	42	52	
		9	21	32	44	56	68	
	TRATAMIENTO CONVENCIONAL	Q (L.P.S.)	15	50	100	150	200	300
					1,565,985	1,325,068	1,176,965	995,895
\$/L.P.S.				1,689,338	1,438,572	1,283,566	1,093,033	
				1,099,926	871,858	739,339	586,038	
RECOMENDADO *		2,000,000	1,800,000					
				2,753	2,330	2,069	1,751	
US\$/L.P.S.				2,970	2,529	2,257	1,922	
				1,934	1,533	1,300	1,030	
RECOMENDADO *		3,517	3,165					
RED DISTRIBUCI. CLASE 20	DIAMETRO (Pulg)	3	4	6	8	10	12	
		2,736	4,827	9,010	13,193	17,376	21,559	
	\$/Metro Lineal	3,490	5,861	10,604	15,347	20,090	24,833	
		5	8	16	23	31	38	
	US\$/M. Lineal	6	10	19	27	35	44	

* Valor recomendado con base en precios de mercado a la Fecha.

ANEXO 7**APLICACION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA EN MEJORAS
(RESULTADOS PRELIMINARES)****INTRODUCCION**

Siguiendo los elementos teóricos presentados en el texto principal se llevo a cabo un ejercicio preliminar en proyectos de mejoras. Se seleccionó este tipo de proyectos considerando que se conoce toda la información necesaria para la simulación a excepción de la elasticidad precio de la demanda para municipios fríos. Se supuso en este caso, una elasticidad precio igual a la estimada en municipios cálidos y se utilizó una muestra conjunta (municipios fríos y cálidos).

I. INFORMACION UTILIZADA

La muestra seleccionada corresponde a 12 proyectos en municipios situados en Cundinamarca, Valle, Huila, Cauca y Bolívar.

a) Información de Oferta

Utilizando la Ficha de Información Básica, se obtienen los parámetros técnicos de producción.

La capacidad de producción se calcula tomando el componente del sistema de mínima capacidad y reduciendo el porcentaje de pérdidas, este ejercicio se realiza en la situación sin proyecto y con proyecto. La diferencia entre la cantidad demandada sin proyecto y con proyecto, representa la mejora realizada y por lo tanto el objetivo mismo del proyecto.

Para la simulación del SIMOP se utiliza esta información en metros cúbicos al año.

b) Información de demanda

Se simula el comportamiento de la demanda de los consumidores considerando como punto de referencia de consumo el promedio que actualmente realizan los municipios del Valle, es decir 150 litros por habitante al día a una tarifa media de 20 pesos por metro cúbico. Se supone adicionalmente que cada conexión suministra el servicio a 5 habitantes.

c) Costos de los proyectos

Los costos de los proyectos corresponden a lo efectivamente invertido por los municipios en cada sistema. Para efectos del análisis se consideran únicamente los costos de inversión .

II. CORRIDAS DEL SIMOP Y RESULTADOS

La simulación del SIMOP se lleva a cabo considerando los siguientes parámetros:

- Curva de Demanda : Se define con un punto precio-cantidad correspondiente a 150 litros por habitante al día y 20 pesos por M3 y una elasticidad precio de -0.35. Se utiliza una curva de elasticidad constante.

- Capacidad de Producción: Dada por la capacidad mínima calculada. (cuadro 1)

- Tarifas : no se supone ninguna variación de la tarifa entre la situación sin proyecto y con proyecto.

- Desplazamiento de la curva de demanda: se supone que la curva de demanda se desplaza cada año en un porcentaje igual a la tasa de crecimiento de la población de los municipios.

La corrida del SIMOP arroja resultados de beneficios y costos que se presentan en el cuadro 3.

III. MODELO BENEFICIO COSTO - COSTO EFICIENCIA

Se formula un modelo que explica el comportamiento del Valor Presente de los Beneficios a partir de los parámetros utilizados para su cálculo. La función utilizada es la siguiente:

$$VPBENE = F (\text{Dotas}, \text{TCrec}, \text{M3AD}, \text{Conex})$$

en la cual :

VPBENE = Valor Presente de los Beneficios

Dotas = Dotación sin Proyecto

TCrec = Tasa de Crecimiento

M3AD = Metros Cúbicos Adicionales producidos por la mejora.

Conex = Conexiones

Los principales resultados econométricos se presentan en el cuadro 4.

Es clara la significancia de las variables dotación sin proyecto y metros cúbicos adicionales. Así mismo se establece una menor correlación entre el valor presente de los beneficios y la tasa de crecimiento de la población.

En este análisis preliminar se ha considerado la ecuación (3) como la de mejor ajuste. Esto teniendo en cuenta en primer lugar los supuestos económicos del modelo y en segundo lugar su ajuste estadístico. Específicamente se supone que la variable metros cúbicos adicionales debe tener un ajuste positivo pero decreciente. Para ello se utiliza como forma funcional su raíz cuadrada.

IV. UTILIZACION DEL MODELO

Para la utilización del modelo se ha supuesto el Valor Presente de los Beneficios como costo máximo que se debe invertir en los proyectos.

Así, utilizando la ecuación 3 y conociendo las variables dotación sin proyecto y metros cúbicos adicionales es posible estimar los beneficios del proyecto. A partir de allí se obtienen los costos máximos totales, costos máximos por metro cúbico adicional etc.

Este análisis se presenta en el siguiente ejemplo:

Proyecto XX
Dotación Actual : 100 litros/habitante-día
Capacidad de Producción antes de Perdidas: 25 (l/s)
Perdidas : 40%
Capacidad de Producción Actual luego de perdidas:
15 (L/S) - 473.040 M3/año
Conexiones : 2.592
Población : 12.960
Cobertura : 100%

Tipo de Proyecto : El proyecto se formula con el objeto de reducir en un 5% el nivel de pérdidas es decir aumentar la capacidad de producción después de pérdidas a 16.5 l/s.
Una capacidad de producción adicional de 47.304 M3. año.

Evaluación del Proyecto: Dada la ecuación 3 definida como:

$$VBENE = 41496297 - 295236.9 (\text{Dotación sin P}) + 128072 (\text{M3ad})^{1/2}$$

y conociendo una producción adicional de 47304 m3 y una dotación sin proyecto igual a 100 litros por habitante al día, se obtienen unos beneficios de 39.827.604 lo que permite un costo por m3 adicional máximo de 841.9 pesos.

Este tipo de análisis se generaliza para cada proyecto de mejoras conociendo las variables dotación en la situación sin proyecto y cantidad de agua adicional producida por la mejora, resultados que se presentan en el cuadro 5.

CUADRO 1
OFERTA DE LOS SISTEMAS

PROYECTO/ MUNICIPIO	DEPTO.	Capacidad en la Situación sin Proyecto (Luego de perdidas)		Capacidad en la Situación con Proyecto (Luego de perd.)	
		(M3/AÑO	(L/S)	(M3)	(L/S)
Agua de Dios	C/Marca	1299346	41.2	1432176	45.4
Anolaima	C/Marca	519739	16.5	546456	17.3
Choconta	C/Marca	216557	6.9	433114	13.7
El Bordo	Cauca	500476	15.9	1037382	32.9
El Cerrito	Valle	3624117	114.9	4415040	140.0
Gacheta	C/Marca	357320	11.3	679931	21.6
Guaduas	C/Marca	866230	27.5	871149	27.6
Jamundi	Valle	4162752	132.0	5248536	166.4
Mahates	Bolívar	476427	15.1	649673	20.6
Pacho	C/Marca	521763	16.5	567648	18.0
Pitalito	Huila	2086737	66.2	2263339	71.8
Simijaca	C/Marca	433115	13.7	483068	15.3

CUADRO 2

INFORMACION DE PROYECTOS DE MEJORAS

PROYECTO/ MUNICIPIO	POBLAC. URBANA	CONEX.	COBERTURA(*)	T. DE CREC.
Agua de Dios	9776	2000	100%	1.13
Anolaima	5586	1048	94%	2.21
Choconta	6196	939	76%	2.00
El Bordo	8955	1826	100%	3.10
El Cerrito	31207	4289	99%	2.43
Gacheta	3425	754	100%	1.95
Guaduas	6531	1274	98%	2.10
Jamundi	29548	5689	99%	3.50
Mahates	6800	1020	75%	2.44
Pacho	9193	1840	100%	1.04
Pitalito	38026	6561	86%	5.00
Simijaca	3378	730	100%	4.13

(*) La cobertura es un cálculo propio suponiendo una densidad de 5 habitantes por vivienda. En el caso de municipios del Valle se utiliza la información de Acuavalle.

CUADRO 3		
RESULTADOS DE LA SIMULACION (SIMOP)		
PROYECTO/ MUNICIPIO	VALOR PRESENTE	
	BENEFICIOS	COSTOS
Agua de Dios	0.00	26.563.400
Anolaima	0.00	24.439.500
Choconta	27.713.170	25.145.348
El Bordo	99.193.560	15.000.000
El Cerrito	0.00	37.184.000
Gacheta	173.664	33.178.700
Guaduas	0.00	15.849.500
Jamundi	0.00	65.716.000
Mahates	16.844.890	48.094.000
Pacho	3.160.213	6.053.000
Pitalito	224.000.000	150.000.000
Simijaca	3.276	64.566.220

CUADRO 4				
PRINCIPALES RESULTADOS ECONOMETRICOS				
VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE = VPBENE			
	ECUACIONES			
	(1)	(2)	(3)	(4)
CONSTANTE	67267084 (3.8326)	65044995 (3.26)	4496297 (1.59)	44624320 (4.72)
DOTAS	-272674 (-4.862)	-132192 (-2.91)	-295236 (-3.78)	-224755 (-4.11)
M3AD	85.04 (8.15)	104.3 (3.32)		
CONEX		-7176 (-0.69)		
(M3AD)^2				3.12-05 (4.72)
(M3AD)^(.5)			128072.5 (5.50)	
TCREC				11880333 (1.44)
R2	0.906	0.90	0.82	0.92
DURBIN-W	2.96	2.94	2.41	2.15
F-estad.	43.52	25.40	20.52	33.7

Cuadro 5

APLICACION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA

COSTOS MAXIMOS ACEPTADOS POR M3 EN CADA MEJORA]

DOTACION SIN PROYECTO (L/H-DIA)	TAMANO DE LA MEJORA		COSTO MAXIMO ACEPTADO (PESOS 1990)			COSTO MAXIMO ACEPTADO (DOLARES)1/		
	(L/S)	(M3/ANO)	TOTAL	POR M3	POR (L/S)	TOTAL	POR M3	POR (L/S)
100	5	157680	25828930	163.81	5165786	43048	0.27	8610
100	10	315360	46894272	148.70	4689427	78157	0.25	7816
100	15	473040	63058277	133.30	4203885	105097	0.22	7006
150	5	157680	11067130	70.19	2213426	18445	0.12	3689
150	10	315360	32132472	101.89	3213247	53554	0.17	5355
150	15	473040	48296477	102.10	3219765	80494	0.17	5366
200	5	157680	0	0.00	0	0	0.00	0
200	10	315360	17370672	55.08	1737067	28951	0.09	2895
200	15	473040	33534677	70.89	2235645	55891	0.12	3726
250	5	157680	0	0.00	0	0	0.00	0
250	10	315360	2608872.	8.27	260887	4348	0.01	435
250	15	473040	18772877	39.69	1251525	31288	0.07	2086
300	5	157680	0	0.00	0	0	0.00	0
300	10	315360	0	0.00	0	0	0.00	0
300	15	473040	4011077.	8.48	267405	6685	0.01	446

Nota: a medida que van subiendo las dotaciones sin proyecto se van reduciendo los beneficios. En algunos casos esto implica resultados negativos como costos maximos aceptados. Para estos casos se han colocado costos maximos iguales a cero.

1/ Se ha supuesto una tasa de cambio de 600 pesos por dolar

**ESTIMACION DE INDICADORES DE COSTO EFICIENCIA
EN PROYECTOS DE AGUA POTABLE**

INDICE

PROLOGO

INTRODUCCION

I. TIPOLOGIA DE PROYECTOS

- A. CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS
- B. CARACTERISTICAS DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE
- C. MUESTRA Y TIPOLOGIA DE LOS PROYECTOS

II. MODELO DE SIMULACION DE OBRAS PUBLICAS (SIMOP)

- A. MARCO TEORICO DEL MODELO
- B. VARIABLES UTILIZADAS Y PROCESO DE CALCULO EN EL SIMOP

III. SUPUESTOS SIMPLIFICADORES

- A. ELASTICIDADES Y CURVAS DE DEMANDA
- B. CONSUMOS Y PRECIOS CON Y SIN PROYECTO
- C. OFERTAS CON Y SIN PROYECTO
- D. PRECIOS DE EFICIENCIA

**IV. PASO DE LA EVALUACION COSTO BENEFICIO A LA
UTILIZACION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA**

- A. VENTAJAS DE LA UTILIZACION DE INDICADORES SENCILLOS
- B. CONSTRUCCION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA
- C. APLICACION DE LOS INDICADORES A LA TIPOLOGIA
- D. SELECCION DE INDICADORES
- E. CRITERIOS ADICIONALES

V. RESULTADOS PRELIMINARES

- A. COSTOS POR COMPONENTES
- B. COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS
- C. INDICADORES COSTO EFICIENCIA EN LOS PROYECTOS DE MEJORAS

ANEXOS

- ANEXO 1** LA ESTIMACION ECONOMETRICA DE LA DEMANDA DE AGUA
- ANEXO 2** CUANTIFICACION DE PERDIDAS EN SISTEMAS
DE AGUA POTABLE
- ANEXO 3** COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE ACUEDUCTOS
- ANEXO 4** RAZONES PRECIO CUENTA DE ELEMENTOS DE ACUEDUCTOS
- ANEXO 5** INSTRUCTIVO Y FICHA DE CAPTURA DE DATOS
- ANEXO 6** ANALISIS DE COSTOS DE CONSTRUCCION
- ANEXO 7** APLICACION DE INDICADORES COSTO EFICIENCIA
EN MEJORAS (RESULTADOS PRELIMINARES)