

HONDURAS**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE SANEAMIENTO Y DRENAJE DE LA CIUDAD DE TEGUCIGALPA, HONDURAS****HO-T1222****TÉRMINOS DE REFERENCIA****I. ANTECEDENTES**

- 1.1 La ciudad de Tegucigalpa, capital de la República de Honduras, presenta una población total estimada actualmente de 1.2 millones de habitantes y ocupa una superficie de 92 km², siendo igualmente la capital del Distrito Central del país.
- 1.2 La gestión de las aguas residuales generadas por los sectores domésticos, comerciales e industriales de Tegucigalpa es responsabilidad del Servicio Asistencial Nacional de Abastecimiento y Alcantarillado (SANAA). Para ello cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario de tipo separado, construido en su mayoría con tubería de concreto, funciona por gravedad y cubre aproximadamente el 70% de la ciudad (OPS, 2003; SANAA, 2006).
- 1.3 El sistema de colectores es obsoleto, insuficiente y fue dañado severamente por el huracán Mitch en octubre de 1998. Asimismo, existen conexiones clandestinas de aguas lluvias, robo y destrucción de tapas de pozos de inspección, vertido de residuos sólidos (basura doméstica), vertido de aguas residuales industriales, construcción sobre colectores existentes o en servidumbres, un sistema tarifario inapropiado, equipo para limpieza limitado y obsoleto y falta de un catastrado de redes y usuarios, entre otros (SANAA, 2006).
- 1.4 En lo que respecta a la gestión de las aguas pluviales, la inundación del centro urbano y del entorno metropolitano de la ciudad de Tegucigalpa constituye uno de los riesgos naturales que afecta de forma más significativa al futuro desarrollo sostenible de esta ciudad.
- 1.5 La causa fundamental de dichos problemas cabe buscarla en su propio crecimiento desordenado, que ha ido limitando la capacidad hidráulica de los ríos y arroyos que la atraviesan, hasta límites tales que, actualmente, hacen peligrosa la ocupación de algunas zonas urbanas próximas a ellos. Entre estos cauces cabe destacar el río Choluteca, principal eje fluvial, y un conjunto de barrancos y arroyos de menor entidad que se han ido incorporando al tejido urbano sin que se haya producido, prácticamente, ninguna actuación de adecuación hidráulica de los mismos a la nueva realidad urbanística.
- 1.6 Las inundaciones que se producen por el desbordamiento de estos ríos, cuya cuenca drenante supera la propia área metropolitana, suelen estar asociadas a lluvias extremas, es decir, de periodos de retorno relativamente elevados, y han dado lugar históricamente a situaciones catastróficas (como ocurrió, por ejemplo, durante el huracán Mitch en 1998).
- 1.7 En análisis de los riesgos por inundaciones está siendo objeto de estudio en este momento dentro de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) del BID.

Estos estudios base de riesgos naturales incluyen estudios hidrológicos e hidráulicos para la caracterización del riesgo por inundaciones, tanto en la situación actual, como considerando de manera relevante escenarios futuros afectados por procesos de desarrollo urbano y la incidencia del cambio climático. Asimismo, uno de los objetivos principales de los mismos es la propuesta y valoración de actuaciones de mitigación de los riesgos por inundación en las zonas urbanas de Tegucigalpa.

- 1.8 Durante el desarrollo de estos estudios se ha puesto de manifiesto la existencia de otros problemas asociados al drenaje de la zona urbana que dan lugar, con elevada frecuencia, a desbordamientos e inundaciones más locales, cuyas consecuencias económicas y de salubridad también afectan al desarrollo de Tegucigalpa. Estos sucesos vienen motivados por la escasa capacidad de la red de drenaje (y saneamiento) existente, incapaz de evacuar las propias aguas pluviales (y fecales) de la ciudad para lluvias de elevada frecuencia, situación que se ve agravada año tras año por la creciente densificación del suelo urbano, y que asimismo es susceptible de empeorar por los efectos del CC sobre la magnitud y/o forma de presentación de esos eventos de lluvia en el futuro.
- 1.9 Para hacer frente a este desafío, el Banco conformó un equipo multidisciplinario que viene desarrollando una concepción integral e integradora de recuperación del centro de Tegucigalpa teniendo como ejes principales el control de las inundaciones recurrentes y el saneamiento del río Choluteca. Actualmente, el equipo ya cuenta con estudios de pre-factibilidad para los proyectos de control de inundaciones y necesita desarrollar estudios similares, a nivel de pre-factibilidad, para la red de alcantarillado y drenaje urbano en las cuencas que aportan al río Choluteca y para el tratamiento de aguas servidas recolectadas.

II. OBJETIVO(S) DE LA CONSULTORÍA

- 2.1 La consultoría contempla dos objetivos:
 - Elaboración de plan director para la red de alcantarillado, red de macro y micro drenaje y Plantas de Tratamiento (PTAR) para el área urbana de Tegucigalpa, considerando horizontes temporales de planificación a 2030 y 2050.
 - Elaboración de diseños a nivel de pre factibilidad para la red de alcantarillado, red de macro y micro drenaje para la zona prioritaria (ver figura 1)
- 2.2 Estos estudios deberán evaluar la vulnerabilidad del sistema y considerar los impactos del cambio climático, la dinámica de ocupación urbana y la perspectiva de la población involucrada.

III. ALCANCE Y ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA CONSULTORÍA.

- 3.1 Para alcanzar dicho objetivo, el consultor deberá:
 - Definir de forma participativa niveles objetivo de tratamiento y depuración.
 - Definir, teniendo en cuenta criterios ambientales y socioeconómicos la ubicación de las PTARs o PTAR y respectivas capacidades.
 - Considerar el efecto del Cambio Climático (CC) en los estudios de autodepuración, dimensionamiento de estructuras de micro y macro drenaje, red de alcantarillado y ubicación y funcionamiento de las plantas de tratamiento.

- Coordinar los estudios de macro y micro drenaje con los de control de inundación que ya se han elaborado.
- Identificar acciones estratégicas para eliminar los vertidos de residuos sólidos en los cauces de los ríos y arroyos.
- Establecer estrategias para asegurar la sostenibilidad de los sistemas propuestos (red de alcantarillado, drenaje, PTAR etc.) y su resiliencia frente al CC.

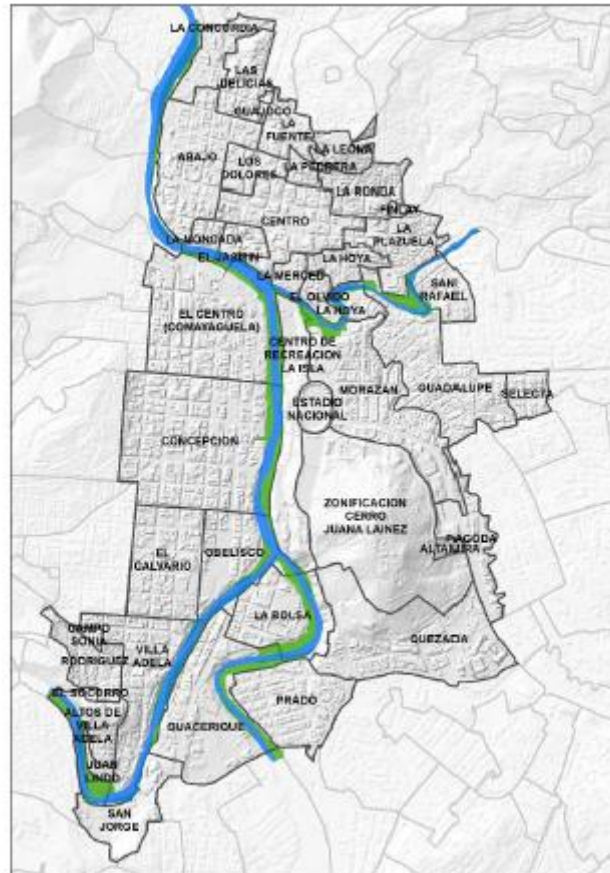


Figura 1. Barrios en la zona priorizada

ACTIVIDADES PRINCIPALES

- 3.2 Diagnóstico de la problemática. Para el todo el para el área urbana de Tegucigalpa incluyendo la zona prioritaria el consultor deberá modelar el comportamiento del sistema actual de drenaje y saneamiento, considerando escenarios futuros a 2030 y 2050, incorporando el cambio climático y las tendencias de crecimiento urbanas. El objetivo principal de esta tarea es la definición de los caudales de aguas residuales servidos por cada una de las áreas de estudio y microcuencas que determinarán la capacidad necesaria de las infraestructuras de drenaje y saneamiento, así como de las instalaciones de depuración necesarias. Esta actividad incluye las siguientes tareas y enfoque metodológico:

- 1.1.1. Estimación de las precipitaciones. Se cuenta con unas curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) incorporando la vulnerabilidad del área a del cambio climático para la ciudad de Tegucigalpa. Se deberá realizar una revisión de dichas curvas mejorar el ajuste de los eventos de menor periodo de retorno (que definirán a priori los caudales de diseño)¹. Así como también incluir los eventos históricos recientes de alta precipitación y huracanes del último siglo.
- 1.1.2. Estimación de los caudales de escorrentía. En el dimensionamiento de la red principal de drenaje urbano se propone, de forma preliminar, la utilización de periodos de retorno de cálculo de 5, 10 y 20 años que serán de aplicación según la superficie drenada y la importancia y dimensiones del drenaje previsto. El análisis de los caudales para cada subcuenca se deberá realizar en régimen no permanente empleando hidrogramas sintéticos². A la hora de estimar los caudales para los horizontes de diseño seleccionados se tendrán en cuenta tanto las modificaciones debidas a los cambios de usos de suelo asociados al desarrollo urbano (nuevos desarrollos o procesos de densificación del suelo)³ así como las variaciones en el régimen de precipitaciones debidas al cambio climático.
- 1.1.3. Caracterización de la calidad del agua. En las cuencas que drenan hacia la ciudad se debe caracterizar el origen de las aguas residuales (domésticas y no domésticas), los aportes de sedimentos y de residuos sólidos. Se deberá realizar un relevamiento de información sobre la gestión de residuos sólidos en la ciudad. Igualmente se deberá recopilar información sobre las variaciones de las descargas y características de aguas residuales, así como la densidad de población de las zonas a beneficiar, a partir de la información disponible en los diferentes organismos e instituciones competentes. Para el modelaje de la producción de sedimentos para cada subcuenca se emplearán modelos que apliquen principios similares a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y para la calidad del agua un software de modelación de redes en régimen dinámico o similar, que incorpore un módulo para análisis de calidad del agua y dispersión de contaminantes.
- 1.1.4. Caracterizar la infraestructura existente. Para el plan director se efectuará un rápido reconocimiento y evaluación de la infraestructura existente (red de drenaje pluvial colectores con sus rutas actuales y capacidades, plantas depuradoras etc.) y su funcionabilidad. Mediante inspecciones técnicas y recorridos de campo se identificará los elementos principales de la red de saneamiento y drenaje del municipio. Se elaborarán unas fichas descriptivas de cada una de estas infraestructuras que recabarán datos como materiales, diámetros, fotografías, etc. Se recopilará también la información y analizará la eficiencia de las plantas depuradoras existentes en la colonia la Vega de Comayagüela, para conocer el funcionamiento de las tecnologías allí empleadas, conocer las variaciones de las descargas y características de aguas residuales allí tratadas, que ayuden a definir los perfiles de la/s planta/s que se definan construir. La caracterización para la zona prioritaria se completará con: (i) la realización de un Levantamiento topográfico de una parte de la red de alcantarillado primario y secundario en los sectores identificados como prioritarios, con una longitud estimada de

¹ Se ha podido observar en otros estudios realizados en Centroamérica, parece que los efectos del cambio climático se manifiestan más claramente en los periodos de retorno bajos que en los altos (este incremento no parece estar ligado a un cambio en las intensidades de los eventos extremos sino a un cambio en las frecuencias de presentación de los mismos).

² Dado que no existen aforos de caudal.

³ En lo referente al desarrollo urbano se cuenta con modelos de proyecciones de crecimiento que serán suministrados por la ICES como insumo.

levantamiento equivalente a 2 km o 50 elementos (pozos, aliviaderos, etc.) y (ii) la realización de inspección con CCTV, en un estimado de equivalente a 1 km, que permita obtener un muestreo del estado en el que se encuentran la red de alcantarillado sanitario actual en esa zona.

1.1.5. Modelaje hidráulico. Para ello se utilizará el modelo hidráulico que permite la modelización conjunta del flujo en superficie (a escala bidimensional) y a través de tubería de drenaje (escala 1D). Actualmente ya se cuenta con resultados de una modelación de inundaciones de los ríos de la ciudad considerando la vulnerabilidad del sistema y los impactos del cambio climático, modelación que deberá usar como condiciones de contorno este modelaje. El objetivo fundamental de esta tarea es verificar el estado actual de las redes de saneamiento y drenaje de la ciudad y determinar la capacidad real del sistema de alcantarillado sanitario y drenaje existente, de forma que se pueda abordar, posteriormente, el redimensionamiento de aquellas secciones insuficientes, o plantear soluciones alternativas.

1.1.6. Estimación de la Disponibilidad a Pagar. Como un insumo para el análisis económico de las inversiones de saneamiento se plantea el levantamiento de un mínimo de 1400 encuestas siguiendo el modelo descrito en el anexo 1.

1.1.7. Elaboración de una nota técnica: El estudio incluirá también la elaboración de una nota técnica que detallará los pasos seguidos para el desarrollo del estudio, metodologías recomendadas, análisis de resultados, definición y selección de alternativas y recomendaciones para la ejecución. El documento tendrá una estructura y diagramación pedagógica y amistosa al lector con diagramas de flujo, árboles de decisión y ejemplos numéricos.

3.3 Caracterizar la gestión del sistema. Se debe analizar la estructura actual de gestión del sistema de alcantarillado y drenaje, el organigrama, las capacidades, estructura tarifaria, mantenimiento, sostenibilidad, etc.

3.4 Identificación y priorización de alternativas, incluyendo las siguientes actividades:

1.1. Definición de niveles de tratamiento. En función de la evaluación realizada de la capacidad de autodepuración del río Choluteca, fijar, en acuerdo con las instituciones involucradas con representantes de grupos interesados de la sociedad civil y ONGs y la normativa nacional los objetivos de calidad de sus aguas y definir los niveles de tratamiento necesarios para lograr la calidad deseada.

1.2. Analizar opciones de infraestructura de tratamiento. Se debe comparar distintas tecnologías de tratamiento y opciones como múltiples plantas de tratamiento por sectores o cuencas hidrográficas o un gran colector y una planta de tratamiento o una combinación de estas. Esta comparación debe considerar elementos como disponibilidad de suelo público, costos de tratamiento y sostenibilidad y aplicar criterios económicos, sociales y ambientales.

1.3. Analizar opciones de diseño de la red de drenaje y saneamiento. Una vez se han identificado las opciones de tratamiento se deben analizar opciones de diseños de redes de drenaje y saneamiento. En lo que respecta al drenaje, a partir de los resultados del estudio hidráulico de la fase anterior, se realizará en primer lugar una clasificación de las zonas de afección por inundación, tanto en situación actual como en las condiciones futuras, que permita priorizar las necesidades de actuación,

comparando opciones como el drenaje tradicional, la combinación de redes de colectores con sistemas de retención y actuaciones de desvío de quebradas e infiltración en el subsuelo. Se deben analizar opciones óptimas para integrar las redes de saneamiento y drenaje, en base a análisis criterios económicos, sociales y ambientales y considerando enfoques de infraestructura resiliente ante el cambio climático y enfoque innovadores como el uso de techos verdes y pavimentos porosos. Como en elemento de análisis estarán las nuevas rutas de los colectores propuestas por SANAA.

- 1.4. Selección final de alternativas. En función del análisis económico y de la viabilidad social, ambiental y legal se elaborará una selección de alternativas tanto de las redes como de las opciones de tratamiento que serán discutidas en talleres con el SANAA, la alcaldía municipal del distrito central y actores clave de la ciudad como incluir universidades, representantes de la sociedad civil y ONGs. Para toda la zona de influencia de el plan director el nivel de análisis de la red llegará hasta el nivel de red primaria y para con la zona prioritaria se realizará una propuesta del trazado de colectores secundarios y de los puntos más adecuados para la incorporación de los flujos al sistema (imbornales, puntos de retención de residuos, etc.).

3.5 Elaboración de diseños de las alternativas:

- 1.1. Para el plan director a nivel de prefactibilidad para la red primaria y las opciones de tratamiento para toda la ciudad.
- 1.2. A nivel de prefactibilidad para la zona prioritaria de intervención, incluyendo red primaria y secundaria de drenaje y saneamiento.
- 1.3. Se deberá realizar un análisis costo/beneficio de las opciones priorizadas siguiendo la metodología anexa (ver anexo 2).
- 1.4. Se incluirán todas las especificaciones técnicas, pliegos y planos requeridos para la licitación de las obras resultantes de las alternativas propuestas.

IV. INFORMES / ENTREGABLES

4.1 Los informes esperados de la consultoría son los siguientes.:

- 1) Entregable 1: Documento de recopilación y actualización de la información y trabajos de campo.
- 2) Entregable 2: Documento de síntesis del diagnóstico de la problemática actual de acuerdo a lo descrito en 3.1.
- 3) Entregable 3: Documento de Identificación de alternativas y borrador de nota técnica
- 4) Entegable 4: Informe con la elaboración de diseños de las alternativas y versión final de nota técnica

Los productos entregables serán escritos y entregados al Banco en el idioma español.

[Todo informe debe ser sometido al banco en un archivo electrónico. el informe debe incluir una carátula, documento principal, y todos los anexos. archivos en formato zip no serán aceptados como informes finales debido a los reglamentos de la sección de administración de archivos.]

La propiedad de los productos intelectuales de la(s) consultoría(s) es compartida por BID y AECID según lo descrito en la "Resolución de subvención Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), con recursos provenientes de la "Facilidad de

Inversiones en América Latina” (LAIF) de la Unión Europea (Art 20) Además el consultor deberá firmar la declaración Jurada que aparece en el Anexo B de dicha resolución

V. CRONOGRAMA DE PAGOS

20% a la firma del contrato
 20% contra aprobación de Entregable 1 y 2
 30% contra aprobación de Entregable 3
 30% contra aprobación de Entregable 4

VI. COORDINACIÓN

El trabajo será supervisado y por el Sr. Rodrigo Riquelme (INE/WSA rodrigor@iadb.org en la sede del Banco en Washington DC y el Sr. Max Velasquez (WSA/CHO maxv@iadb.org)

VII. CARACTERÍSTICAS DE LA CONSULTORÍA

- 7.1 Categoría y Modalidad de la Consultoría: Firma consultora.
- 7.2 Duración del Contrato: 180 días de trabajo a realizar en 12 meses desde la firma del contrato.
- 7.3 Lugar(es) de trabajo: Consultoría Externa

VIII. CALIFICACIONES

- 8.1 Firma con experiencia de al menos 10 años en LAC en la ejecución y planeación estratégica de inversiones en el sector de agua potable y saneamiento urbano, incluyendo la definición de estrategias de fortalecimiento municipal para la prestación de servicios públicos de agua y saneamiento urbano y la realización de estudios de cambio climático, procesos de adaptación al cambio climático y estrategias de gestión de recursos hídricos. Contará al menos con los siguientes profesionales.
 - Ingeniero Civil senior: Con más de 20 años de experiencia internacional en manejo de proyectos de ingeniería hidráulica, sanitaria, de infraestructura o similares
 - Especialista en sistemas de tratamiento: Ingeniero civil, ingeniero químico, ingeniero ambiental o similar con más de 15 años de experiencia internacional en diseño y operación de obras de tratamiento de efluentes domésticos
 - Especialista Ambiental: Ingeniero civil, geógrafo, químico, ingeniero ambiental o similar con más de 10 años experiencia en evaluación y/o estudios de impacto ambiental de obras de saneamiento y/o Obras de infraestructura
 - Economista: Profesional con grado de bachiller en economía, economista o similar con más de 15 años de experiencia internacional en evaluación de contingencia en proyectos de agua y saneamiento y drenaje.
 - Especialista en hidrología: Ingeniero hidráulico/civil con más de 15 años de experiencia en diagnóstico y evaluación de recursos hídricos de cuencas, análisis de impactos de cambio climático en cuencas y aplicación de modelos hidrológicos.

- Especialista hidráulico: Ingeniero civil/ hidráulico con más de 15 años en proyectos de drenaje y/o sistemas de alcantarillado. Experiencia en desarrollo de modelos hidráulicos y su interpretación. Proyección histórica capacidad hidráulica de colectores.

Anexo 1.

Metodología para el análisis económico de las alternativas priorizadas. **Metodología para el análisis económico de las alternativas priorizadas.**

Metodología para el análisis económico del drenaje.

Alcance Metodológico

La inundación es un fenómeno físico que ocurre en un lugar geográfico específico y con una severidad que se mide a través de parámetros como la altura del agua, la velocidad de escurrimiento de la misma, la duración, el volumen de sedimentos que arrastra y el nivel y tipo de contaminantes que contiene (aguas servidas, productos químicos, etc.). También hay que notar que el fenómeno de inundaciones tiene un carácter aleatorio, cuya probabilidad de ocurrencia corresponde a la probabilidad de la tormenta que la produce. Naturalmente que las características de las lluvias (precipitación y duración), del tipo y uso del suelo, condiciones topográficas, capacidad natural o artificial de drenaje, y numerosos factores locales inciden significativamente en la severidad de la inundación.

Como consecuencia de un evento de lluvia-inundación se produce una serie de problemas, principalmente a los que habitan o utilizan el área inundada (la "mancha" de inundación). También es usual que se produzcan problemas para agentes económicos que habitan fuera de la "mancha", pero que como consecuencia de la inundación sufren algunos efectos indirectos.

Identificación de Beneficios y Caracterización de Beneficiarios.

Como punto de partida se considera conveniente listar brevemente los principales tipos de beneficios y beneficiarios que se anticipa son usuales de este tipo de proyectos. Los principales impactos que se pueden dar en una inundación de áreas urbanas, clasificados según el tipo de agente económico afectado, es el siguiente:

(1) Familias residentes

- Pérdidas de vidas humanas.
- Daños a la estructura de la vivienda y enseres del hogar.
- Daños o pérdidas de equipamientos y vehículos.
- Acumulación de barro, basuras y escombros tanto dentro, como en el entorno de la vivienda (patio, vereda o calle).
- Necesidad de evacuar temporalmente o permanentemente la vivienda.
- Falta de acceso, o demoras, a los medios de transporte (peatonal, público o de automóvil).
- Pérdida de horas o días de trabajo.
- Pérdida de horas o días de asistencia a establecimientos de enseñanza.
- Enfermedades asociadas al contacto con el agua en sí, o a la usual combinación de aguas servidas con aguas lluvias.
- Corte de servicios públicos (agua potable, gas, electricidad, teléfonos, etc.).
- Interrupción general de la vida cotidiana
- Para propietarios, menor valor de la vivienda

(2) Propietarios de sitios baldíos

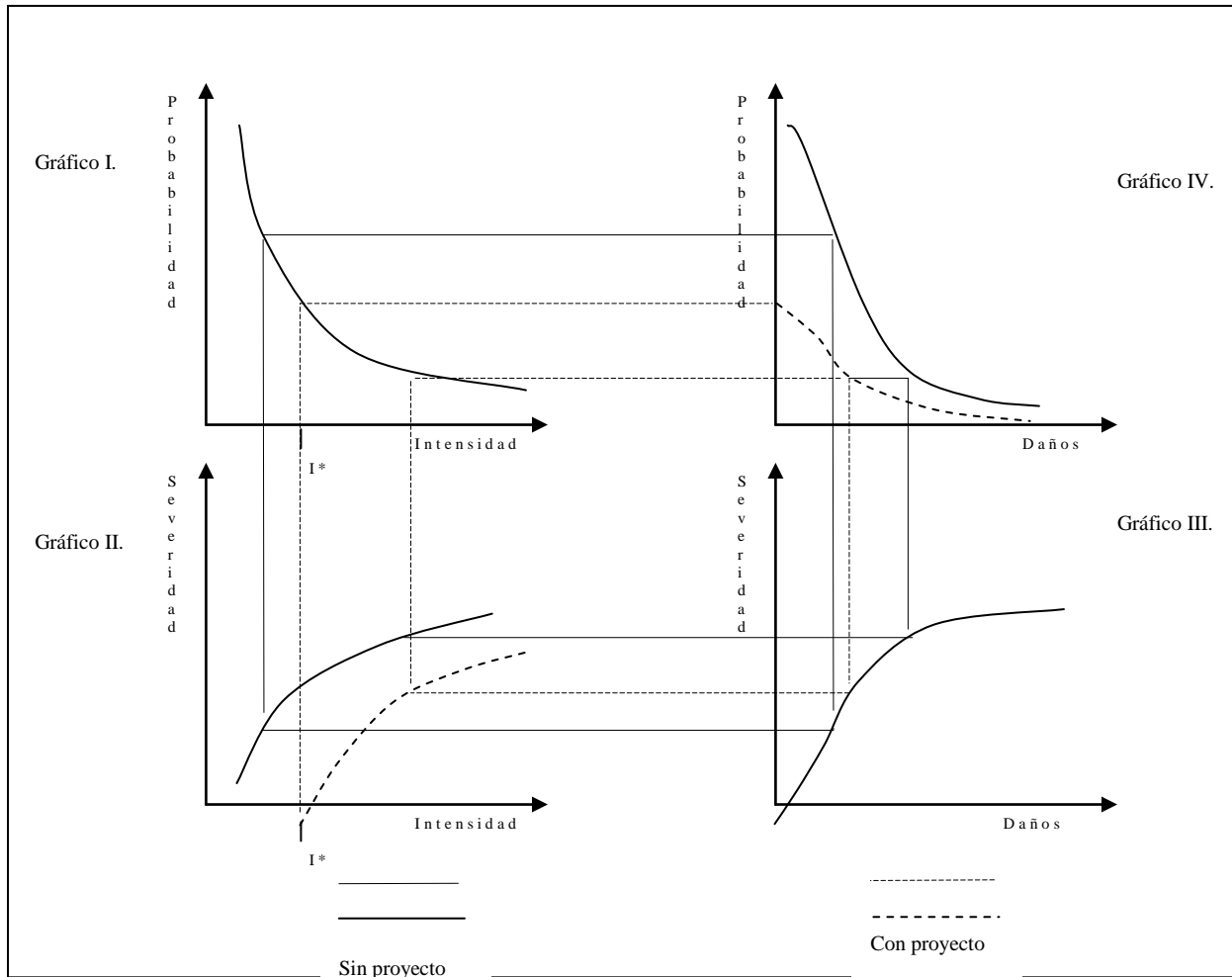
- Menor valor de los sitios

- (3) Establecimientos comerciales, industriales e institucionales
 - Daños a la estructura de las propiedades, a su equipamiento, y stocks de materias primas, productos en proceso, productos terminados y mercaderías
 - Interrupción temporal de las actividades, con las consiguientes pérdidas comerciales
- (4) Órganos públicos (municipalidades, ministerios, empresas prestadoras de servicios, etc.)
 - Utilización de recursos para atender emergencias (evacuación de familias, albergues, alimentación, etc.)
 - Destrucción, inutilización o daños a la infraestructura pública (calles y avenidas, veredas, alumbrado, alcantarillado, redes de electricidad y teléfonos, parques, paraderos de buses, etc.)
- (5) Otros no residentes en la mancha de inundación
 - Usuarios de las redes de transporte afectadas, para los cuales se incrementarán los costos generalizados de viajes
 - Trabajadores de actividades afectadas
 - Proveedores y clientes de las actividades económicas afectadas
 - Público en general

Para cada uno de los distintos tipos de beneficiarios se puede aplicar una metodología en particular que permita medir estos beneficios con algún grado de precisión. Para algunos beneficiarios (comercios, industrias, usuarios de la red de transporte, etc.), se obtendrá la medida de sus beneficios mediante la aplicación de la metodología del daño evitado. Esta metodología, se basa en considerar como beneficios de las obras de control de inundaciones, los ahorros de costos por los daños que se evitan con su construcción.

Dada las características aleatorias de los daños, y siguiendo la teoría de decisiones bajo incertidumbre, y suponiendo neutralidad al riesgo, el valor de los beneficios estará dado por el valor esperado de los daños evitados por este tipo de obras. La medida de los beneficios de proyectos de control de inundaciones, calculada por la metodología de daño evitado, viene dada por el valor esperado de los ahorros de costos que se obtienen con el proyecto. Es decir, se debe contar con una curva costos – probabilidad, que permita determinar dicho valor esperado. En virtud de lo anterior es que la construcción de esta curva se logra a través de seguir una secuencia de 4 gráficos, que ilustran las precipitaciones y sus probabilidades de ocurrencia, niveles de precipitación y severidades de inundación, severidades de inundación y costos de los daños producidos, y que por último concluye con los mismos costos y sus probabilidades de ocurrencia. La lectura de los gráficos debe hacerse a partir del gráfico I, en contra de las manecillas del reloj.

Es evidente que la condición necesaria para que se produzca un fenómeno de inundaciones es la precipitación, por lo que es fundamental una caracterización detallada de ellas. Un evento de lluvia (precipitación) corresponde a un fenómeno aleatorio el cual se rige por una función de densidad de probabilidades (conocida o desconocida). En el gráfico I de la figura 1, se muestra una forma típica de la función de probabilidad de precipitaciones. En el eje de las abscisas se incorpora una medida de la magnitud de la lluvia, su intensidad medida en mm/día, mm/hora u otra relevante. Una caracterización completa de un evento de lluvia debe considerar posiblemente también su duración total y forma, y para efectos económicos puede ser relevante la época del año en que ocurre y la hora de inicio y término. Por simplicidad, el gráfico ilustra sólo la dimensión de intensidad. En el eje de las ordenadas se indica la frecuencia de ocurrencia de cada nivel de lluvia en un año hidrológico típico. El gráfico muestra el hecho que las lluvias más corrientes son aquellas de menor intensidad.

Figura 1 Esquema General de Medición de Beneficios.

Fuente: Soluciones Integrales. Estudio de Valorización de Beneficios de Proyectos de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias. Santiago de Chile. Adaptado de Penning-Rowell and Chatterton, "The benefits of flood alleviation. A manual of assessment techniques (Blue Manual)", Gower Publishing Group, Hampshire, United Kingdom, 1977.

Al producirse las precipitaciones, éstas pueden llegar a causar inundaciones, las que ocurren dependiendo de la topografía de la zona, tipo, condiciones y uso del suelo y otras variables que caracterizan la cuenca en estudio. Por otro lado, se sabe que para un mismo lugar los problemas de inundaciones comienzan a partir de cierto nivel de lluvias, los cuales son mayores a medida que el nivel de intensidad de la lluvia crece. En el gráfico II de la figura 1 queda ilustrado este fenómeno, en el cual se indica que a mayores niveles de precipitaciones,

mayores los grados de severidad de las inundaciones que se producen. Hay que considerar también que la severidad de una inundación es un fenómeno multivariado, pero que usualmente se relaciona con la altura del agua sobre la calle, la duración de la inundación, la velocidad de las aguas, si arrastran sedimentos, y los contaminantes que puedan acarrear. Distintas configuraciones de estos últimos valores (altura, duración, etc.), producen distintos niveles de severidad.

Los elementos que se indican en los gráficos I y II de la Figura 1 son esencialmente de carácter técnico, y su conocimiento se supone previo al análisis económico.

Las inundaciones, de acuerdo con su severidad, pueden causar daños tanto en la naturaleza, como en la propiedad pública y/o privada, los que evidentemente tienen un costo económico asociado. Se observa que, para distintas severidades de inundación se tienen diferentes costos, los que crecen a medida que la inundación es más severa. Esta situación queda descrita claramente en el gráfico III de la figura 1.

Cabe notar que el punto básico del análisis económico que aplica la metodología de daños evitados es caracterizar apropiadamente esta curva de costos/severidad de inundaciones. Naturalmente que el elemento fundamental es la tipificación adecuada de las actividades que son afectadas por el fenómeno de inundaciones, y la identificación y valoración monetaria correcta de cada uno de los elementos que componen el daño a cada tipo de actividad. Siguiendo la nomenclatura usual de la literatura se distinguen aquí efectos directos (daños a propiedades y enseres, etc.), de los efectos indirectos (pérdidas de ventas de comercios e industrias, etc.) y de intangibles (perjuicios a la salud, molestias, etc.). Todos estos debieran “sumarse” verticalmente para obtener el daño total que ocasiona cada inundación.

Finalmente se deduce que estos costos económicos en un año dado son aleatorios, como consecuencia de la aleatoriedad de las lluvias.⁴ Se puede por ello construir una curva costos - probabilidad de ocurrencia, a partir de la interconexión de cada una de las etapas descritas anteriormente, según se muestra en el gráfico IV de la figura II.1. Es decir, si producto de una lluvia, que tiene una cierta probabilidad de ocurrencia (gráfico I), se produce una inundación con un nivel de severidad (gráfico II) tal que produce un cierto daño (gráfico III), se deduce que la probabilidad de ocurrencia de ese daño (gráfico IV) es la probabilidad de ocurrencia de la precipitación que provocó la inundación. Con estos elementos, se puede obtener el valor esperado producto del ahorro de costos por las inundaciones que evita el proyecto, que en el caso que aplica la metodología de daños evitados, corresponde a los beneficios del proyecto.

En la Figura 1 se muestra la construcción de la curva daños-probabilidad, para un año dado, considerando en primer lugar la situación bajo análisis sin proyecto. Con la construcción de las obras, se obtendrá que para cada nivel de precipitaciones habría una menor severidad de inundaciones. De hecho para lluvias menores al nivel de diseño (I*), no habría inundaciones. Si la lluvia sobrepasa el nivel de diseño habrá inundaciones, aunque de menor severidad que en la situación sin proyecto. Este desplazamiento hacia abajo de la curva severidad- intensidad es el resultado directo del proyecto.

A través de la lectura de la curva severidad-daños, del gráfico III, se obtiene un desplazamiento de la curva de daños-probabilidad que se indica en el gráfico IV. De esta manera para un año dado, el efecto del proyecto es reducir el daño para cada nivel de lluvia que ocurre.

⁴ Los manuales del U.S. Army Corps of Engineers enfatizan el análisis de riesgo de estos fenómenos destacando también las incertidumbres asociadas a conocer cada una de las curvas señaladas. Ello genera elementos adicionales de aleatoriedad en el problema.

Siguiendo la teoría de decisiones bajo incertidumbre, y suponiendo neutralidad al riesgo, se puede establecer que el beneficio total asociado a evitar el fenómeno de la inundación estará dado por la esperanza matemática de los menores daños que se obtienen con el proyecto.

Aspectos Hidrológicos e Hidráulicos

Lluvias y su Pronóstico.

Algunos de los beneficios se calculan por medio del valor esperado de los daños evitados o ahorro de costos que se producen con la implementación de las obras de control de inundaciones. Para realizar el cálculo de este valor esperado es necesario conocer las distribuciones de probabilidades de las lluvias; estas últimas caracterizadas a través de los milímetros totales de agua (intensidad) y su duración (eventos).

Durante el transcurso de este estudio se deberá conseguir información confiable de las lluvias (mm de agua caída y duración) medidas por evento. Sin embargo, este tipo de información es de difícil consecución. En el caso más común, los registros disponibles sólo incluyen los milímetros de agua caída durante las últimas 24 horas medidos, generalmente, a las 8 de la mañana de cada día. Esto hace que sea necesario hacer diversos supuestos para poder caracterizar la distribución de probabilidades de las lluvias; y consiste en ajustar una distribución a los milímetros de las últimas 24, suponiendo que un día de registro corresponde a un evento de lluvia. Esto conduce a que en algunos casos se están tomando varios episodios de lluvia como uno sólo, o que una lluvia que pase de las 8 de la mañana, instante en que se hace la medición, sea contabilizada como dos lluvias menores.

Modelos de Simulación

Lluvias a simular. La simulación de las inundaciones tiene por propósito identificar los beneficiarios que se encuentran directamente sobre zonas anegadizas, como también determinar la severidad de la inundación, medida en términos de duración, altura del agua y área afectada, variables que contribuyen a la predicción de beneficios. Esto hace necesario decidir cuáles lluvias simular (en el espectro de intensidad y duraciones posibles), y cuántas de ellas son necesarias para obtener medidas confiables de los valores esperados de los beneficios. Se debe simular el mayor espectro de lluvias, de forma tal que se obtengan tormentas representativas de la totalidad de las combinaciones milímetros de agua caída durante el evento y su duración. Naturalmente que hay una restricción de costos y tiempo en desarrollar estas simulaciones que obligan a tomar decisiones sobre cuántas y cuáles lluvias conviene simular. El criterio general a seguir debe ser el de maximizar la posibilidad que se abarquen las áreas de probabilidad que contengan los beneficios más importantes del proyecto.

Confiabilidad de los Resultados. En la aplicación de la metodología de daños evitados, se ha encontrado que los resultados de las simulaciones y lo observado a través de encuestas, presentan algunas diferencias significativas, no explicadas. Por un lado los modelos predicen sólo escurrimientos superficiales, incluso para las lluvias centenarias. De las encuestas, y del trabajo de recopilación de información en Planes Maestros, los rangos de alturas de inundaciones importantes consideran, en general, el ingreso de agua en las casas y el apozamiento por varias horas, inclusive días. Esto revela una evidente contradicción entre lo que predice el modelo y lo que la gente recuerda. Esta calibración de las simulaciones de las

manchas de inundación corresponde a un tema técnico importante de discutir a la hora de simular daños producto de inundaciones.

Aspectos Técnicos - Económicos

Existen aspectos en la evaluación Costo-beneficio (CBA) de proyectos de drenaje y control de inundaciones en los cuales debe existir una estrecha relación entre el análisis técnico y el económico de manera de poder asegurar la coherencia de los resultados. Usualmente es por causa de inadecuación de esta interfase del trabajo que surgen problemas relacionados en definitiva con la falta de rentabilidad de los proyectos que se presentan.

Definición de Proyectos

Las obras propuestas generalmente son presentadas como proyectos individuales, los cuales son agrupados para su evaluación económica, tratando de captar beneficios de las mismas áreas. Parte del trabajo de este estudio será construir estos proyectos de forma tal que estén asociados a cuencas o subcuencas independientes unas de otras.

En lo formal, las obras por sí solas no constituyen proyectos aislados. En el caso de las obras de evacuación y drenaje de aguas lluvias, es necesario primero definir la unidad básica de análisis, que corresponde a una cuenca o subcuenca del área a sanear. Estas unidades básicas de análisis presentan usualmente problemas propios con soluciones propias independientes una de otras. Luego, las obras asociadas a cada una de ellas forman lo que se denomina un proyecto integral de evacuación de aguas lluvias.

A partir de esta definición de proyecto, los análisis económicos asociados a éste, pueden ser variados, desde el análisis costo-beneficio del proyecto considerando el total de las obras, o analizando marginalmente el aporte de cada una de las obras dentro de una cuenca por separado. Claramente en el caso de proyectos poco rentables esta desagregación de análisis puede permitir identificar componentes rentables y otros que no lo son, pudiéndose con ello redimensionar el proyecto, y asegurar una adecuada rentabilidad.

Manchas de Inundación

Los modelos hidrológicos utilizados para el diseño de las obras propuestas contienen la modelación de diferentes niveles de especificad (que van hasta la modelación de colectores y calles). Esto produce una dificultad adicional, ya que en el análisis económico se necesitan áreas homogéneas de severidad. Si la medición de los beneficios fuera lineal en todos los casos, bastaría considerar una severidad promedio. Sin embargo esto no siempre ocurre por lo cual se hace necesario establecer dichas zonas homogéneas, lo cual contribuye a hacer más complejo el análisis de cada situación.

Determinación de Beneficios

Existen aspectos de las tareas relacionadas con el cálculo de los beneficios específicos a cada tipo de beneficiarios. Estos aspectos son complementarios a los ya señalados en la metodología general propuesta.

Proyección de Beneficios

Para la proyección de los beneficios es necesario hacer una serie de supuestos con respecto al crecimiento en el tiempo de algunas variables. Por ejemplo, densificación urbana, aumento de tránsito vehicular, etc. En este estudio se deberá documentar y discutir los supuestos que se utilicen para proyectar beneficios en el tiempo.

Cálculo de Beneficio

En este estudio se puede esperar, aunque no necesariamente será así, que los beneficios más importantes de la implantación de las obras de drenaje y control de inundaciones se generen por la reducción de problemas (y costos asociados) en el sistema de tránsito de la ciudad.

Usuarios de la red de Transporte

Para cuantificar estos beneficios se adoptaría el enfoque usual de proyectos de transporte urbano, estableciéndose el costo generalizado de viaje con y sin proyecto. Este costo generalizado incluye los gastos de operación de vehículos (combustibles, neumáticos, etc.) y el tiempo de los pasajeros. Para cuantificar este costo se modelaría la demanda en la red relevante, estableciéndose los patrones de tráfico en una situación normal y en una situación de inundaciones de diversos niveles de severidad. A través del uso de ecuaciones costo de viaje-distancia-congestión propias de los estudios de proyectos de vialidad urbana se determinarían los costos unitarios por tipo de vehículos, según intensidad de la inundación, así como el total de beneficios.

En sus aspectos específicos la metodología propuesta considera el permitir construir curvas de costos de usuarios de transporte en función del flujo vehicular para distintas áreas de la mancha de inundación y las áreas afectadas por la inundación, y será aplicada a una red y para dos casos generales de inundación, uno con corte total de tránsito y otro con solo disminución de velocidades de operación como consecuencia de la lluvia, u otras situaciones que se consideren importantes en el caso de la ciudad de Tegucigalpa.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, lo fundamental en este caso será recopilar los antecedentes de una red de modelación de transporte que pueda o no coincidir con un área de inundación, ya que la extensión de la mancha para efectos de calcular los costos de los usuarios de transporte puede ser considerada en forma teórica.

Para efectos de modelación de las reasignaciones de flujos, se utilizará una red de análisis dentro de un área que se defina y que queda determinada por un grafo conexo formado por un conjunto de nodos que pueden ser o no intersecciones físicas de calles; un conjunto de arcos de enlace entre estos nodos que representan a las vías y un conjunto de arcos que permiten enlazar los viajes desde y hacia los centroides representativos de cada zona con la red vial. A partir de dicho grafo, se codificarán las redes de modelación que permitirán representar la situación actual, la situación base y las alternativas de proyecto. Por lo cual, el grafo definido deberá considerar dentro del área de análisis todas las vías cuyos volúmenes de flujo no son despreciables y sea factible de representar sobre ella las rutas de locomoción colectiva y los circuitos típicos usados por los vehículos de transporte de carga, incluyendo además la vialidad objeto de proyecto.

Daños a propiedades (terrenos con vivienda y terrenos baldíos), establecimientos comerciales e industrias, y otros establecimientos (por ejemplo escuelas, puestos de salud). La medición de estos beneficios se deberá realizar calculando el valor esperado de los

daños evitados totales, compuesto por "daños directos" a mercaderías, muebles, equipos, y los "daños indirectos" producidos básicamente por pérdidas provenientes de menores ventas. Lo esencial es que para cada establecimiento se levante información gruesa relacionada con los metros cuadrados construidos y hacer un sondeo sobre la veracidad de que corresponda a un establecimiento afectado por inundaciones.

Determinación de Costos

Los costos de las obras varían de acuerdo con el evento para el cual fueron diseñadas. Para este estudio, los costos de las obras, asociadas a cada evento, deberán ser aquellos que correspondan a la alternativa de mínimo costo económico (corrigiendo por impuestos y/o tasas) y deberán incluir además de los costos de operación y mantenimiento y rehabilitación para la vida útil de la obra. Todos los costos deberán estar medidos a "precios de eficiencia" o "precios económicos".

Análisis Costo-Beneficio (CBA)

El CBA se hará sobre el flujo de beneficios esperados neto (beneficios incrementales esperados menos costos en la situación "con" y "sin" proyecto) para cada evento. Los flujos deberán ser corregidos por impuestos y/o subsidios para determinar los flujos económicos de costos y beneficios. El análisis se hará para un horizonte que considere la vida útil de la infraestructura. La tasa de descuento a ser utilizada será del 12%. Para cada evento se calculará el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (IRR).

Para el evento óptimo (i.e., el de mayor VPN) se preparará un análisis de sensibilidad para identificar las variables que más afectan la viabilidad del proyecto. En general estas variables son: sobrecostos de inversión, aumento de los costos de operación y mantenimiento, demoras en la ejecución de las obras, y reducción de beneficios.

Metodología para el análisis económico del Alcantarillado sanitario y Plantas de tratamiento de aguas residuales

Los proyectos de alcantarillado sanitario (recolección de aguas residuales) y de tratamiento de aguas residuales se evaluarán de manera separada, en ambos casos siguiendo la metodología detallada a continuación:

Disposición a Pagar

La metodología a seguir para la estimación de beneficios para los proyectos saneamiento (recolección y tratamiento de aguas residuales) es el cálculo de la Disposición a Pagar (DAP) de la población por medio de la metodología de Valuación Contingente. Para ello se realizarán no menos de 700 encuestas socioeconómicas a los potenciales beneficiarios del proyecto de alcantarillado y no menos de 700 encuestas socioeconómicas a los potenciales beneficiarios del proyecto tratamiento de aguas residuales. En la realización de estas encuestas se deberán observar los siguientes elementos: a) el proceso de muestreo incluyendo la definición del tamaño, estratificación, procesos de selección, etc. para obtener un nivel de confiabilidad

estadística del 95% con un error no superior al 10%; b) un formato de tipo "referéndum" (respuesta sí o no al valor preguntado); c) adecuada identificación de los "productos" y de los "instrumentos de pago"; d) definición apropiada de los rangos de precios a ser utilizados; e) pruebas exhaustivas en el terreno mediante grupos de enfoque, encuestas piloto, etc., para verificar los elementos básicos del estudio; f) procesos de control y verificación de los datos recopilados; g) identificación de los datos necesarios para el control y la prueba de las hipótesis; h) personal debidamente entrenado para llevar a cabo y supervisar el proceso de encuestas y entrevistas; i) procedimientos estadísticos y econométricos a ser utilizados.

Finalmente, se proyectará la población basado en registros históricos utilizando modelos normalmente aceptados (logístico, exponencial geométrico etc.) Las proyecciones propuestas deberán ser consistentes con aquellas usadas por la consultoría en los aspectos técnicos y financieros. Posteriormente se calculará el número de conexiones.

Análisis costo-beneficio

1. Se realizará un análisis de costo-beneficio que incluirá, por lo menos, los siguientes aspectos:
2. Costos. Los flujos de costos de inversión incluirán todos los gastos derivados de la implementación del proyecto y necesarios para que se materialicen los beneficios, no importando el origen de los recursos. Estos son los relacionados con los costos directos de las obras, costos de ingeniería, administración y supervisión de obras, costos de terrenos y servidumbres, costos de reposición periódica de equipos e imprevistos técnicos así como los costos de nuevas conexiones domiciliarias e intra-domiciliarias.
3. Adicionalmente, se considerarán los costos incrementales de administración, mantenimiento y operación derivados de la eventual ejecución del proyecto. Estos costos divididos en fijos y variables, deberán ser desglosados en las mismas categorías señaladas en el párrafo siguiente y separadamente, los costos variables de energía y productos químicos.
4. Tanto los beneficios como los costos del proyecto serán evaluados a precios de eficiencia. Para tal efecto, se utilizarán factores de conversión de precios de mercado a precios de eficiencia adecuadamente calculados para el país. Los costos de inversión y de operación y mantenimiento se desglosarán en por lo menos: mano de obra no calificada, otras categorías de mano de obra, materiales y equipos importados, materiales y equipos nacionales y energía eléctrica para calcular los costos de operación y mantenimiento.
5. Beneficios. Los flujos de beneficios serán los derivados de la disposición a pagar (DAP) de la población la cual se debe obtener del modelo mencionado.
6. Análisis costo-beneficio: En los análisis se deberán utilizar los costos económicos (de oportunidad o eficiencia) incrementales de inversión, operación, mantenimiento y reposición incluyendo costos de terrenos, y las externalidades o mitigación de impactos ambientales. Para el análisis beneficio-costos y la comparación de alternativas se utilizará una tasa de descuento del 12%. No deberán ser considerados los costos por inflación y por lo tanto se supondrán los costos unitarios constantes durante el horizonte del proyecto.
7. Se calculará el flujo de beneficios netos del escenario con proyecto y del escenario sin proyecto. Para el análisis de la viabilidad económica de los proyectos, con este flujo se calcularán los índices de rentabilidad como el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno utilizando una tasa de descuento del 12% y un período de análisis de 25 años. Asimismo, se hará un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos ante cambios en las principales variables utilizadas en el caso base (DAP y costos).